

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS

TESIS DE GRADO

SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LÚPULO
(Humulus lupulus) POR CASCARILLA DE
CACAO *(Theobroma cacao)* EN CERVEZA
DE MALANGA *(Xanthosoma sagittifolium)*

PARA OBTENER EL GRADO DE
**MAESTRA EN NUTRICIÓN Y
ALIMENTACIÓN
SUSTENTABLE**

PRESENTA

ING. VIANEY FUENTES CRUZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. GILBER VELA GUTIERREZ

CO-DIRECTORA

DRA. VIANEY MENDEZ TRUJILLO





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 07 de noviembre de 2023
Oficio No. SA/DIP/946/2023
Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Vianey Fuentes Cruz
CVU: 1190967
Candidata al Grado de Maestra en Nutrición y Alimentación Sustentable
Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos
UNICACH
Presente

Con fundamento en la opinión favorable emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado Sustitución parcial de Lúpulo (*Hummulis lupulus*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) en cerveza de Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) cuyo Director de tesis es el Dr. Gilber Vela Gutiérrez (CVU: 206065) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo autoriza la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el Grado de Maestra en Nutrición y Alimentación Sustentable.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente
“Por la Cultura de mi Raza”

Dra. Carolina Orantes García
Directora



C.c.p. Mtro. Sergio Mario Galindo Ramírez, Director de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, UNICACH. Para su conocimiento.
Mtra. Brenda Lorena Cruz López, Coordinadora del Posgrado, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

RJAG/COG/ibp/gtr

2023 AÑO DE FRANCISCO VILLA
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO



Dirección de Investigación y Posgrado
Libramiento Norte Poniente No. 1150
Colonia Lajas Maciel C.P. 29039
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Tel:(961)6170440 EXT.4360
investigacionyposgrado@unicach.mx

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por todo su apoyo incondicional durante todos estos años.

A mi asesor el Dr. Gilber Vela Gutiérrez por haberme guiado en este proyecto, con base a su experiencia ha sabido guiar mis conocimientos.

A mi Co directora la Dra. Vianey Méndez Trujillo por su apoyo y su dedicación a mi formación.

A la Dra. Veymar Guadalupe Tacias Pascacio por sus acertados comentarios y sugerencias durante todo el proceso de la realización de este trabajo y por guiarme durante mi formación académica.

A la Dra, Adriana Caballero Roque por sus sugerencias y mejoras para la realización de este trabajo.

A la Dra. Elizabeth Hernández Domínguez por su invaluable apoyo en las asesorías aportadas para este trabajo.

A la Dra. María de la Luz Sánchez Mundo por la confianza y todo el apoyo incondicional que siempre me ha brindado, por los aportes y por ser un ejemplo a seguir.

Al Ing. Johan Alfredo Marín Quiroz por el apoyo incondicional y los aportes a mi proyecto.

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ellos en lo que se incluye este. Me formaron con reglas, valores y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A la Dra. Ma de la Luz Sánchez Mundo por siempre motivarme a ser mejor cada día y por apoyarme en cumplir mis metas y objetivos propuestos.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVOS	7
GENERAL	7
ESPECÍFICOS	7
MARCO TEÓRICO.....	8
FERMENTACIÓN	8
FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA	9
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	10
CLASIFICACIÓN DE LAS BEBIDAS ALCOHÓLICAS	10
CERVEZA	11
CERVEZA ARTESANAL	12
MATERIAS PRIMAS	13
LÚPULO	13
LEVADURA	13
EL CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.)	14
Cascarilla de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	15
Malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	16
PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CERVEZA	17
Color	17
Grado Alcohólico	17
Densidad	18
pH	18
HIPÓTESIS.....	19
METODOLOGÍA.....	20
TIPO DE ESTUDIO	20

OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	20
ACONDICIONAMIENTO DE LA CASCARILLA DE CACAO	21
ACONDICIONAMIENTO DE MALANGA	22
PROCESO DE ELABORACION DE CERVEZA ARTESANAL	23
REACTIVOS	24
FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA CERVEZA ARTESANAL	24
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CERVEZA	28
Graduación alcohólica	28
Densidad	28
Acidez total	28
Determinación del pH	29
Color	29
Evaluación sensorial	29
Análisis estadístico	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
GRADOS DE ALCOHOL	30
GRADOS BRIX	31
DETERMINACION DE pH	32
ANÁLISIS COLORIMÉTRICO	33
ANÁLISIS SENSORIAL	34
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS	38
ANEXOS	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cacao (<i>Theobroma Cacao L.</i>) criollo	15
Figura 2. Malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>).....	16
Figura 3. Cascarilla cacao (<i>Theobroma cacao</i>).....	20
Figura 4. La malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	21
Figura 5. Molino de café marca Hamilton Beach 80335r	21
Figura 6. Secado de malanga en horno de secado marca “Felisa” Modelo FE-294AD, Serie 1506003	22
Figura 7. Embotellado de muestras de cerveza.....	24
Figura 8. Tratamientos de cerveza artesanal.	26
Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de la cerveza.....	27
Figura 10. Apariencia de la cerveza obtenida en los tratamientos y el control	34
Figura 11. Preferencia de los jueces sobre los atributos evaluados	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulaciones de los diferentes tratamientos para la elaboración de la cerveza artesanal.....	25
Tabla 2. Grados de alcohol de los diferentes tratamientos de cerveza.....	31
Tabla 3. Grados Brix en los diferentes tratamientos	31
Tabla 4. Determinación de pH de los tratamientos.....	32
Tabla 5. Análisis colorimétrico de los diferentes tratamientos.....	33
Tabla 6. Resultados obtenidos en la evaluación sensorial.....	35

RESUMEN

En la actualidad la cerveza se ha caracterizado por ser un producto de alta aceptación dentro del mercado nacional e internacional, en la elaboración de una cerveza artesanal son necesarios ingredientes básicos como el agua, la malta, la levadura y el lúpulo; siendo este último un ingrediente de importación incrementando de esta manera los costos de producción de cerveza artesanal. Por lo que en el presente trabajo se planteó la sustitución parcial del lúpulo por cascarilla de cacao en la elaboración de una cerveza de malanga tipo ale, con propiedades organolépticas aceptables por el consumidor, siendo una alternativa de uso para este residuo agroindustrial.

Se realizaron cuatro tratamientos durante un tiempo de fermentación de 15 días: Blanco (100% lúpulo), T1(100% lúpulo-0% cascarilla de cacao-malanga), T2 (75% lúpulo-25% cascarilla de cacao – malanga), T3 (50% lúpulo-50% cascarilla de cacao –malanga), T4 (25% lúpulo - 75% cascarilla de cacao – malanga). La caracterización fisicoquímica de los tratamientos consistió en medición de pH, ° brix, color y ° de alcohol, así como la determinación del grado de aceptabilidad del producto mediante una evaluación tipo hedónica.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la evaluación sensorial, el tratamiento T4 fue el tratamiento mejor evaluado por los catadores, la cerveza de este tratamiento presentó valores de pH 4.32, 4.03° brix, 10.10 ° de alcohol y en el análisis de colorimétrico no se detectó diferencia significativa ($p>0.05$) entre los diferentes tratamientos y el blanco. De igual forma no se evidenciaron alteraciones significativas; obteniendo una cerveza con aromas dulces, de amargor suave sin astringencia, contiene un aroma herbáceo cítrico aportado por la levadura utilizada durante el proceso de fermentación y maduración de la cerveza.

ABSTRACT

In the production of a craft beer, basic ingredients such as water, malt, yeast and hops are necessary; the latter being an imported ingredient, thus increasing the production costs of craft beer. Therefore, in this study, the partial substitution of hops for cocoa husks was proposed in the production of a malanga ale beer, with organoleptic properties acceptable to the consumer, being an alternative use for this agro-industrial waste.

Four treatments were carried out during a fermentation time of 15 days: Control (100% hops), T1 (100% hops-0% cocoa husks-malanga), T2 (75% hops-25% cocoa husks - malanga), T3 (50% hops - 50% cocoa husks - malanga), T4 (25% hops - 75% cocoa husks - malanga). The physicochemical characterization of the treatments consisted of measuring pH, °Brix, color and % of alcohol, as well as determining the degree of acceptability of the product by means of a hedonic evaluation.

According to the results obtained from the sensory evaluation, T4 was the treatment best evaluated by the tasters; the beer from this treatment presented values of pH 4.32, 4.03°Brix, 10.10°GL of alcohol and in the colorimetric analysis no significant difference was detected ($p>0.05$) between the different treatments and the control. Likewise, no significant alterations were evidenced; obtaining a beer with sweet aromas, mild bitterness without astringency, containing a citric herbaceous aroma contributed by the yeast used during the fermentation and maturation process of the beer

INTRODUCCIÓN

El panorama cervecero de las últimas dos décadas continúa aumentando en número de cervecerías micro y artesanales en casi todo el mundo, en la última década, de 2008 a 2017, el número de cervecerías artesanales aumentó significativamente a nivel mundial. Existen factores que favorecieron este aumento en el consumo general de cerveza artesanal (Asociación de Cerveceros, 2019), los cuales incluyen el crecimiento del ingreso per cápita, la disponibilidad de alternativas para la producción de cervezas exitosas y de alta calidad, mayores preocupaciones por la salud y el surgimiento de nuevas regulaciones gubernamentales que afectan directamente el tema de la sostenibilidad y la consistencia e innovación, entre muchos otros (Callejo et al., 2019). La producción de la cerveza artesanal se clasifica como un proceso a pequeña escala, con subprocesos de producción que combinan la elaboración de recetas tradicionales con una búsqueda de diferenciación, por medio de nuevos ingredientes, para crear nuevos estilos (Jaramillo, 2016).

La cerveza normalmente es elaborada mediante la mezcla de varios cereales como cebada, maíz, arroz, entre otros., pero han sido excluidas materias primas tales como la malanga, la cual es un tubérculo con un alto contenido de almidón y que puede ser transformado en azúcares fermentables indispensables para la elaboración de bebidas alcohólicas y de moderación, por lo que la malanga podría ser una alternativa para la elaboración de la cerveza. Por otra parte, la innovación en el desarrollo de nuevas formulaciones de cervezas así como la incorporación de nuevos ingredientes en el proceso de elaboración, es un reto importante en la industria cervecera, en este sentido el uso de residuos agroindustriales como ingredientes o aditivos es actualmente una alternativa sostenible en diversas áreas de la industria alimentaria. La cascarilla de cacao corresponde un 12-15% del grano fermentado y seco, lo cual indica representa un promedio de 19.200 toneladas por año de cascarilla de cacao considerado como desecho agroindustrial (Gavilanez, 2015), la cual posee propiedades terapéuticas y medicinales, debido principalmente a su contenido de compuestos fenólicos y taninos (Biotea, 2017).

Teniendo en cuenta lo expresado, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la sustitución parcial de lúpulo (*Humulus lupulus*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) en la elaboración de una bebida tipo cerveza de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*). La sustitución parcial del lúpulo por la cascarilla de cacao en una bebida tipo cerveza de malanga le proporcionará compuestos fenólicos y taninos, los cuales le pueden otorgar un sabor amargo, generar un efecto clarificante y bacteriostático. Se realizaron cuatro tratamientos: el control (positivo) con 100% lúpulo, 0% cascarilla de cacao, sin malanga; el tratamiento 1 (T1) con 100% lúpulo, 0% cascarilla de cacao y 6% de malanga; tratamiento 2 (T2) con 75% lúpulo, 25% cascarilla de cacao y 6% de malanga; el tratamiento 3 (T3) con 50% lúpulo, 50% cascarilla de cacao y 6% de malanga; y el tratamiento 4 (T4) con 25% lúpulo, 75% cascarilla de cacao y 6% de malanga. Posteriormente, a cada uno de los tratamientos se les caracterizó fisicoquímicamente en los parámetros de grado alcohólico, color, acidez, densidad y pH. Se determinó el grado de aceptabilidad final al tratamiento que evidenció las mejores características. El embotellado se realizó en botellas de vidrio color ámbar de 330 cm de capacidad, utilizando el método transfer. Tapadas las botellas se dejó a temperatura ambiente tomando en cuenta que se debe mantener una temperatura óptima para que puedan fermentar dentro de la botella y generar alcohol y gas (18 a 25 °C).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Theobroma cacao L. (Sterculiaceae) es un árbol económicamente importante en varios países tropicales. Es una planta con valor comercial importante, los granos de cacao constituyen alrededor del 10% del peso fresco del fruto. Estos son usados principalmente en la manufactura del chocolate, pero también tienen importancia farmacéutica y cosmética (Kalvatchev, y col., 1998). En la cosecha de cacao (de octubre 2008 a septiembre del 2009), la producción mundial fue mayor a 3.5 millones de ton de granos secos (ICCO, 2009).

Durante ese periodo, la Organización Internacional de Cacao (ICCO) reportó un precio promedio diario de US \$2599/ton (ICCO, 2010) y el promedio anual mundial de ganancias fue de más de \$9 trillones, indicando que el sector agroindustrial del cacao tiene gran importancia alrededor del mundo. En México, entre el 2009 y 2010 se logró incrementar el 30% la producción de cacao, para ubicarse en alrededor de 21 mil 600 toneladas, siendo los principales productores dos entidades, Tabasco, 13 mil 156 ton; Chiapas, 800 ton, y el resto en otros estados. Las exportaciones de este producto, y sus derivados, alcanzaron los 631 millones 775 mil dólares, lo que representó un incremento de 42.9% en relación con el año previo (SAGARPA, 2011).

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los productos agroalimentarios de origen neotropical de mayor penetración en el mercado internacional y sus exportaciones en grano hay representado más del 71% de volumen producido, situación derivada del alto valor agregado promocionado por la industria del chocolate y sus derivados. En la explotación cacaotera solo se aprovecha la semilla, que representa aproximadamente un 10% del peso del fruto fresco. Esta circunstancia se ha traducido en serios problemas ambientales tales como la aparición de olores fétidos y el deterioro del paisaje, así como también problemas de disposición. Los desechos generados están constituidos en su mayoría por la cáscara, que además se considera un foco de propagación de *Phytophthora* spp. causa principal de pérdidas económicas de la actividad cacaotera (López y col., 1984). Lo anterior ha motivado el desarrollo de estudios a nivel de campo con la finalidad de aumentar el valor comercial y diversificar el uso de las cáscaras de cacao, cuyo aprovechamiento tradicional es como insumo para alimentación animal y recuperación de suelos (López y col., 1984).

De 2013 a 2019, el crecimiento promedio anual de la producción de cerveza fue de 6.7%, lo que permitió ubicar a esta agroindustria por encima del crecimiento de la economía nacional. Dentro de la producción de bebidas alcohólicas en México, la cerveza es la más importante en términos económicos y de empleo, ya que aporta 49.3% del personal ocupado total y 65.0% del valor de producción. Esto último se refiere a que por cada peso producido de bebidas alcohólicas 65 centavos corresponden a la producción de cerveza (Forbes México, 2021).

El 73% de los insumos que requiere la agroindustria cervecera son nacionales, a diferencia del promedio de las industrias manufactureras en las que los insumos nacionales representan 42.1%. Para la elaboración de una cerveza artesanal son necesarios ingredientes básicos como el agua, la malta, el lúpulo y la levadura. Sin embargo, el lúpulo es uno de los ingredientes que necesita ser introducido al país mediante importación, incrementando de esta manera los costos de producción de cerveza artesanal. Por lo anterior expuesto, se considera la posibilidad de sustituir el lúpulo con una materia prima disponible en México, tal como un residuo agroindustrial, como es la cascarilla de cacao, con esto se busca una alternativa para reducir los inconvenientes que pueden generarse en la adquisición de este producto de importación y brindar una nueva alternativa en la elaboración de la cerveza artesanal.

JUSTIFICACIÓN

La industria alimenticia es un sector que genera desperdicios orgánicos caracterizados por estar disponibles de forma más o menos permanente en el trópico, o a bajo costo (Maisuthisakul & Gordon, 2009). Uno de los usos generalizados que se le da a estos desechos es el aprovechamiento para fertilizar el suelo. No obstante, la investigación de Tapia (2015) muestra que el aprovechamiento de subproductos que se obtienen de los desperdicios en la industria alimenticia es un potencial de oportunidades con múltiples usos.

El estudio de Serena (2007) muestra que las industrias tienen alto interés por potenciar el uso de los residuos orgánicos al generar productos que innoven en el mercado. Además que utilizar residuos agroindustriales en la elaboración de productos nuevos es una manera de contribuir al medio ambiente y reducir su impacto al generar alternativas de usos.

Expertos en la fabricación de productos a base de cacao, determinan que el rendimiento de 100 kg de semillas de cacao es alrededor del 85%, siendo el valor restante considerado como desechos. De estos desechos, sólo la cascarilla de cacao corresponde al 12% (Murillo, 2008) lo que lo convierte en un subproducto con potencialidad de uso en la industria alimentaria.

La cascarilla de cacao nutricionalmente aporta macronutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos), micronutrientes (vitaminas y minerales) así como compuestos bioactivos tales como fenoles y taninos responsables del sabor amargo en los productos en lo que se incorporan, razón por la cual resulta de interés su uso como ingrediente alternativo en la elaboración de cerveza.

En la elaboración de la cerveza, el lúpulo es un ingrediente que es usado como clarificante, estabilizante, confiere a la cerveza su agradable sabor amargo (α -ácidos) y favorece la conservación de la cerveza (antimicrobiana). Sin embargo, el lúpulo es un producto de importación que por su adquisición se incrementan los costos de producción de la bebida; ante esta situación, se consideró la posibilidad de elaborar una cerveza sustituyendo parcialmente el lúpulo por un residuo agroindustrial como lo es la cascarilla de cacao por su alto contenido de compuestos taninos, así como la inclusión de un tubérculo como es la malanga, la cual es rica en almidón digestible debido al pequeño tamaño de su gránulo de

almidón, tiene proteínas, vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina, calcio, fósforo, vitamina A y Vitamina B en porcentajes significativos (Ojinnaka et al., 2009). La malanga se convierte en una alternativa de fuente de carbohidratos importante para la elaboración de almidones, sumando como una alternativa de producción y comercialización a los ya existentes (Cardona & Sánchez, 2005).

Debido a los compuestos fenólicos y taninos presentes en la cascarilla de cacao, se espera que la sustitución parcial del lúpulo por la cascarilla de cacao, le otorgue un sabor amargo y actúe como clarificante y bacteriostático en la bebida. Lo anterior, brindará una alternativa de sustitución de un insumo de la industria cervecera, muchas veces de difícil adquisición, probablemente reduciendo los costos de operación, lo que permitiría obtener una bebida a un costo más reducido y con la posibilidad de que presente un alto grado de aceptabilidad ante los consumidores, así como dar un valor agregado a dicho subproductos en términos de sustentabilidad.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar la sustitución parcial del lúpulo (*Humulus lupulus*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) en una cerveza artesanal de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) tipo Ale.

ESPECÍFICOS

- Determinar la cantidad de lúpulo a sustituir por cascarilla de cacao en la elaboración de la bebida tipo cerveza de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*).
- Optimizar el proceso de elaboración de la bebida tipo cerveza.
- Caracterizar fisicoquímicamente la bebida tipo cerveza a través de la determinación de color, pH, grados de alcohol y densidad.
- Evaluar mediante una prueba hedónica el grado de aceptabilidad del producto final.

MARCO TEÓRICO

FERMENTACIÓN

“En términos generales, la fermentación implica el empleo de microorganismos para llevar a cabo transformaciones de la materia orgánica catalizadas por enzimas (Ward, 1968). Se entiende por fermentación aquel proceso en el que los microorganismos producen metabolitos o biomasa, a partir de la utilización de sustancias orgánicas, en ausencia o presencia de oxígeno. La descomposición de los sustratos es llevada a cabo por enzimas producidas por los microorganismos para tal finalidad (Hernández, 2004).

La gran cantidad de procesos y productos que involucra el término fermentación hace difícil no solo la definición del concepto, sino también su clasificación. En general, se establecen divisiones con base en:

Productos finales predominantes:

- Fermentación homoláctica. Se produce solo ácido láctico
- Fermentación heteroláctica. Se produce ácido láctico, etanol y CO₂
- Fermentación ácida mixta. Se produce etanol, ácido acético, fórmico, CO₂, H₂.
- Fermentación alcohólica. Se produce solo etanol.

Presencia o ausencia de oxígeno molecular durante el proceso. De acuerdo con esto se denominan:

- Fermentación aerobia. El aceptor final de electrones es el oxígeno; es imprescindible su presencia para el desarrollo del microorganismo y la producción del compuesto deseado. En este tipo de procesos, se produce fundamentalmente biomasa, dióxido de carbono y agua.
- Fermentación anaerobia. El proceso de producción del metabolito de interés se desarrolla en ausencia de oxígeno; los productos finales son sustancias orgánicas, como ácido láctico, ácido propiónico, ácido acético, butanol, etanol y acetona. Sin

embargo, en la mayoría de las fermentaciones anaeróbicas, se requiere un poco de oxígeno al inicio del proceso para favorecer el crecimiento y la reproducción del microorganismo (Hernández, 2004).

FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación alcohólica es el proceso anaerobio mediante el cual se hidroliza el azúcar para formar anhídrido carbónico y alcohol etílico (Herrera, 2003). La fermentación alcohólica se efectúa en ausencia de oxígeno molecular; es un proceso muy conocido, y el vino y la cerveza son productos primarios más importantes. El primer paso en el proceso de fermentación, la glucólisis, tiene lugar en igual forma que en la respiración aeróbica. En vez que el ácido pirúvico formado entre en el ciclo de Krebs y sea oxidado completamente, en la fermentación alcohólica ocurre una descarboxilación de ese ácido, formándose acetaldehído; esta sustancia sirve luego, en lugar de oxígeno gaseoso del aire como aceptor del hidrogeno y se forma alcohol etílico.

Como materia prima para la fermentación alcohólica se utilizan generalmente jugos de fruta, los cuales contienen mucha glucosa y fructosa; igualmente es fácil de fermentar el azúcar corriente (sacarosa). Sin embargo, no todos los azúcares pueden servir como substrato para las levaduras. Tampoco puede (Gutiérrez *et al.*, 2016) fermentarse almidón por cuanto las células de levadura carecen de la enzima diastasa (amilasa). Durante el proceso de fermentación uno de los productos, el CO₂, escapa constantemente, mientras que el alcohol etílico se acumula. Si la proporción de alcohol etílico en el líquido llega a cierto nivel inhibe la actividad de la levadura, aunque no todo el azúcar haya sido fermentado. El nivel de alcohol tolerado es una de las características de la raza de la levadura empleada; por regla general no excede de 15 a 18% (Müller, 1964).

Aproximadamente el 96% de la fermentación de etanol se lleva a cabo mediante cepas de *Saccharomyces cerevisiae* o especies relacionadas. El etanol se produce en la ruta de Embden Meyerhof-Parnas (EMP), en la que el piruvato producido durante la glicosilación se convierte en acetaldehído y etanol. El rendimiento teórico de 1 g de glucosa es de 0.51 g de etanol o 0.49 g de CO₂. Sin embargo, en la práctica aproximadamente el 10% de la glucosa se

transforma en biomasa y el rendimiento en etanol y CO₂ alcanza el 90% del valor teórico. El ATP formado se utiliza para las necesidades energéticas de la célula (Ward, 1968).

BEBIDAS ALCOHÓLICAS

Según el Decreto 1686 de 2012 expedido por el Ministerio De Salud y Protección Social define las bebidas alcohólicas como producto apto para consumo humano que contiene una concentración no inferior a 2.5 °GL y no tiene indicaciones médicas. Las bebidas alcohólicas se producen a partir de diversas materias primas, pero especialmente a partir de cereales, frutas, y productos azucarados entre ellas hay bebidas no destiladas, como la cerveza, el vino, la sidra, y el sake y destiladas como el whisky y el ron. Que se obtienen a partir de cereales y melazas fermentadas, respectivamente, en tanto que el brandi se obtiene por destilación del vino. Un detalle común importante en la producción de todas estas bebidas alcohólicas es el empleo de la levadura para convertir los azúcares en etanol. Algunas condiciones para la fermentación de las levaduras son la concentración de oxígeno, aunque las fermentaciones alcohólicas son en gran medida anaerobias, las levaduras necesitan algo de oxígeno para sintetizar algunos esteroides y ácidos grasos insaturados componentes de la membrana. Torres Rodríguez, D. C., & Bohórquez Castaño, D. (2017).

CLASIFICACIÓN DE LAS BEBIDAS ALCOHÓLICAS

Una forma general de clasificación de las bebidas alcohólicas puede ser en función del sustrato de que proceden, son o no destiladas, o si son simples o compuestas. Además de las bebidas destiladas y no destiladas se hace una distinción intermedia: esta es la de las bebidas fortificadas, cuyo grado alcohólico ha sido incrementado mediante la mezcla de una bebida alcohólica no destilada con una destilada o con alcohol. El último criterio de clasificación se refiere a si la bebida consta exclusivamente del producto obtenido mediante la fermentación y en su caso, la destilación (simples), o si además se le adicionaron algunos otros componentes que contribuyan al sabor (compuestas): por ejemplo, en el caso de las infusiones como el lúpulo de la cerveza, el enebro y las cáscaras de naranja en ginebra, hierbas y especial en el vermouth (vino macerado en hierbas), etc. O bien, la adición de jugos

o extractos de frutas como en los licores de frutas o en los curados de pulque. Torres Rodríguez, D. C., & Bohórquez Castaño, D. (2017).

Algunas bebidas alcohólicas tienen denominación de origen, esto significa que ninguna bebida puede ostentar ese nombre en particular si no fue producida dentro de la región específica de esa denominación, con la materia prima del lugar y bajo determinadas normas de proceso y calidad establecida por las autoridades del país correspondiente y aceptadas en acuerdo internaciones por otros países. Los contenidos de alcohol en el caso de las bebidas no destiladas fluctúan por lo general entre 3.5 y 14% (v/v), con algunas excepciones en las que se llegan a obtener contenidos de hasta 20%, como en el sake o algunos vinos de mesa, mientras que en el caso de las bebidas destiladas se encuentran entre 35-55%. Las bebidas fortificadas tienen un contenido de alrededor del 20%. El contenido alcohólico se expresa normalmente en grados Gay-Lussac que corresponden a porcentaje de alcohol volumen en volumen (Garibay, 1993).

CERVEZA

La cerveza es una bebida carbonatada tradicional de gran popularidad, elaborada a partir de un mosto preparado principalmente con la malta de cebada, junto con otros cereales. La cerveza 11 presenta una graduación alcohólica moderada, es refrescante y nutritiva, habiendo numerosos estudios publicados que incluso le atribuyen propiedades funcionales (Vanaclocha, 2014). Se define como una bebida resultante de un proceso de fermentación controlado, por medio de levadura cervecera proveniente de un cultivo puro, de un mosto con agua potable, cebada malteada sola o mezclada con adjuntos, adicionado de lúpulo o sus extractos o concentrados.

De acuerdo con Vanaclocha (2014), el proceso de elaboración de cerveza se puede estructurar en tres etapas:

- Preparación del mosto.
- Fermentación.
- Maduración y clarificación.

Hay otras clasificaciones de las cervezas atendiendo al sistema de elaboración, aunque dada la gran variedad de cerveza cada día es más difícil clasificarlas. Tradicionalmente se distingue entre cervezas de fermentación alta y cervezas de fermentación baja, basándose en la levadura utilizada en la fermentación, que en el caso de las cervezas de fermentación alta se separa por despumado de la superficie del mosto y en las de fermentación alta baja se elimina del fondo del depósito. Entre las cervezas de fermentación baja destacan las cervezas tipo Pilsen, Múnich, Dortmund, Viena y las cervezas americanas. Entre las cervezas de fermentación alta encontramos las cervezas inglesas tipo Stout, Porter y Ale.

CERVEZA ARTESANAL

Esta cerveza se encuentra en auge como respuesta a los consumidores que quieren encontrar nuevos productos, debido es un producto con una tendencia mundial y un mercado que crece a tasas de casi 40% anual en el país. La elaboración de la cerveza es la más importante dentro de las bebidas alcohólicas, ya que presenta los mayores porcentajes de Personal ocupado (49.3%) y Producción bruta (65.0%). Por cada peso producido de bebidas alcohólicas, 65 centavos corresponden a la producción de cerveza. Por cada peso producido de bebidas destiladas de agave, se generan dos pesos de cerveza (INEGI, 2019). Algunos datos que confirman el éxito alcanzado en la cadena cebada-malta-cerveza muestran que, en 2019, la industria cervecera generó una derrama económica que ascendió a 185.2 mil millones de pesos, derivados de la venta de cerveza, y 4.6 mil millones de pesos de la venta de malta. En el mismo año se produjeron 124.5 millones de hectolitros de cerveza (INEGI, 2020), lo que convirtió a México en el cuarto productor a nivel mundial (Cerveceros de México, 2019; Kirin Holdings Company, 2019).

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 (vida útil corta). Tampoco sufren un proceso de filtrado, por lo que no se eliminan partículas en suspensión y se obtienen cervezas más turbias. Al no realizarse estos dos procesos, sufren una segunda fermentación en la botella, ya que la levadura sigue teniendo sustrato que fermentar. Con esto se consigue saturar a la cerveza de gas carbónico y etanol, originando

cervezas fuertes con una graduación alcohólica normalmente superior a las cervezas industriales (Martínez, 2015).

MATERIAS PRIMAS

Las materias primas para la elaboración de la cerveza tradicional son el agua, la malta, y los adjuntos, que proporcionan enzimas necesarias para el proceso y el sustrato para la fermentación y el lúpulo que aromatiza la cerveza y le confiere el amargor característico. Con estas cuatro 13 materias primas se prepara en primer lugar un mosto que después de ser sembrado será sometido a un proceso de fermentación alcohólica.

LÚPULO

El *Humulus lupulus*, es una planta trepadora de la familia de las cannabáceas y del orden de las Urticales. 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. La calidad del lúpulo se determina de forma química y sensorial. Los parámetros químicos más utilizados son la humedad y el contenido en ácidos amargos, basado en el análisis del espectro de absorción de un extracto metanólico del lúpulo (Vanaclocha, 2014).

LEVADURA

Tradicionalmente varias especies del género *Saccharomyces* ha estado relacionada con la producción de bebidas alcohólicas, dentro de las que destacan: *S. cerevisiae*, *S. carlsbergensis* etc. La taxonomía clásica de las levaduras se basa en características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas como son la forma de las células, la apariencia de los cultivos o medios sólidos o líquidos, la tolerancia a diferentes condiciones de cultivo y la posibilidad de asimilar o fermentar diferentes sustratos. Las diferencias funcionales entre estas cepas son de gran importancia tecnológica para los procesos de producción de bebidas

alcohólicas; estas diferencias, aunque aparentemente son muy significativas, no son sino el resultado de pequeñas mutaciones en el material genético (García, 1993). Para la elaboración de cerveza en los últimos años se está buscando innovar en sus características organolépticas como fisicoquímicas por esta razón se han realizado cambios en la constitución de la cerveza ya sea adicionando, sustituyendo entre otras.

CEREALES Y ADJUNTOS

Son ingredientes malteados o no malteados, que aportan extracto al proceso en reemplazo parcial de la malta sin afectar la calidad de la cerveza, estos pueden ser adjuntos crudos y modificados como jarabes (soluciones de azúcares) o azúcares obtenidos industrialmente por procesos enzimáticos a partir de una fuente de almidón.”Los adjuntos son materiales ricos en almidón, que generalmente contienen pocas proteínas, contribuyen después de su hidrólisis, azúcares fermentables que a su vez aumentan el contenido alcohólico de la bebida. (Okafor, N. 2007, p. 238)

Así estos productos ayudan a reducir el costo de la elaboración de la cerveza, ya que son mucho más baratos que la malta. No tienen un papel relevante para proporcionar aroma, color o sabor. Se han utilizado como fuentes de almidón: sorgo, maíz, arroz, cebada no malteada, yuca, papa. (Okafor, N. 2007, p. 239)

EL CACAO (*Theobroma cacao* L.)

El cacao es una fruta de origen tropical que proviene del árbol del cacao, cuyo nombre científico es *Theobroma cacao* que en griego significa “alimento de los dioses”. El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie tropical de la familia *Sterculiaceae* que se distribuye en forma natural en los estratos medios de las selvas cálidas húmedas del hemisferio occidental, entre 18°C (en los Estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, México) Es un árbol frutal originario de América. Crece en las zonas tropicales que tienen una temperatura entre 24 y 28°C, requiere también de humedad relativamente alta y constante durante todo el año

causado por las lluvias. El fruto del cacao (*Theobroma cacao* L.), también llamado mazorca, tiene forma ovalada de color rojo o verde y, dependiendo de la variedad, supera los 25 centímetros de largo. Así como se muestra en la figura 1. Su semilla es el grano de cacao y supera los 1.8 gramos de peso, pudiendo encontrarse hasta 40 granos por mazorca. Estos están cubiertos por una pulpa de color blanco y presentan distintos sabores, aromas y grado de acidez. Estos granos constituyen el insumo básico para las industrias chocolatera, farmacéutica y cosmética (García, 2007).



Figura 1. Cacao (*Theobroma Cacao* L.) criollo (AGRARIA, 2017).

Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Según EFSA (2008), luego del descascarillado de la semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) se obtiene la cascarilla, la cual representa un 12% en peso de la semilla. Esta cascarilla tiene características de un material fibroso, seco, crujiente, de color marrón y un olor similar al del chocolate. La cascarilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) contiene también polifenoles en cantidades similares al café colombiano y a otras semillas venezolanas catalogadas ricas en antioxidante. Los polifenoles le atribuyen propiedades antioxidantes que previenen las enfermedades degenerativas como las cardiovasculares o algunos tipos de cáncer al inactivar los radicales libres del proceso de oxidación del cuerpo (Sangronis et. al, 2014). En la

cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) podemos encontrar también teobromina; la teobromina es un alcaloide similar a la cafeína que le proporciona sabor amargo al cacao.

Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*).

La malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), también llamado taro en algunos lugares de Polinesia es una planta poco conocida en México, a pesar de haberse Introducido desde la época colonial. Fue traída por la población negra de origen africano, aunque no se incorporó a la cultura alimentaría local (Olguín, 2001). En la Figura 2 se muestra a malanga. El almidón es el componente más importante de la malanga (Figura 6). Este polímero se encuentra distribuido a lo largo del cormo, encontrándose una mayor proporción en la base de este (Onwalata *et al.*, 2002).

En lo referente a las propiedades nutricionales de la malanga, el tallo central es elipsoidal, conocido como cormo (tallo subterráneo), este es alto en carbohidratos (18%-30% en base fresca) y en proteínas (1.7%-2.5% en base fresca) con respecto a otros vegetales (Sefa *et. al*, 2004). Una de sus características más destacables es su alto valor nutricional, principalmente por su alto contenido de almidón (>80 %), proteínas (1.4-7 %), además es una excelente fuente de fibra (0.6-0.8 %), retinol (vitamina A), ácido ascórbico (vitamina C), calcio y fósforo (Calleja *et. al*, 2021).



Figura 2. Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) (TRAXCO, 2011).

PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CERVEZA

La cerveza para considerarse de alta calidad debe cumplir con diferentes características fisicoquímicas a continuación se mencionan algunas de estas características.

Color

Según Kunze (1996), la aplicación de calor puede ser la causa de muchas reacciones complejas que comprometen a los carbohidratos. La actividad del agua y los protones regulan el grado de liberación de azúcares reductores por hidrólisis a partir de sus conjugados glicosídicos en los alimentos. Los grupos amino básicos de las proteínas, péptidos y aminoácidos se añaden rápidamente a los grupos carbonilo de los azúcares y se condensan. Entonces ocurre la reacción entre el grupo amino y el grupo del azúcar, conocida como reacción de Maillard, con la aparición de color pardo que es el punto inicial de la enolización de la glicosilamina. Rodríguez (2003) menciona que cuando no participan compuestos amino en las reacciones de descomposición inducidas por el calor (sobre 100°C), reciben el nombre de reacciones de caramelización. La reacción de Maillard como la de caramelización son un grupo de reacciones complejas que siguen a la apertura del anillo y a la enolización de los azúcares reductores.

Grado Alcohólico

El grado alcohólico o graduación alcohólica es el porcentaje en volumen de alcohol etílico contenido en una bebida alcohólica a una temperatura determinada, la cual suele ser ajustada y referida a 20°C durante su medición experimental. El grado alcohólico determina el contenido de alcohol etílico formado durante la etapa de fermentación del mosto, la cual se lleva a cabo de forma anaeróbica (Rodríguez, 2003). El grado alcohólico varía, depende del tipo de cerveza, su lugar de elaboración, los ingredientes que aportan los azúcares fermentables y el tipo de microorganismo. El grado alcohólico de una cerveza tipo Ale oscila en el rango de 4-5% (Dantur, 2006).

Densidad

Rodríguez (2003) menciona que el rango de densidades finales en cervecería oscila entre 0.997-1.040 g/mL dependiendo del tipo de material amiláceo utilizado. Además, la densidad está estrictamente vinculada con la cantidad de alcohol producida en la cerveza (mientras se va transformando los azúcares en alcohol se hace más ligera) e indica si la fermentación ha tenido lugar de forma satisfactoria.

pH

El pH es un factor de importancia para las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso; en todos los pasos de la fabricación hay disminución del pH y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en parte este cambio. La influencia del contenido mineral del agua sobre el pH es importante durante la fabricación y algunos componentes minerales, ya que ejercen una influencia específica y estabilizadora de los iones de calcio sobre las amilasas. Los iones de calcio reaccionan con los fosfatos orgánicos e inorgánicos de la malta precipitando fosfatos de calcio, el resultado es la acidificación del mosto si el calcio está en forma de sulfato (Rodríguez, 2003).

Amargor

Es el impacto sensorial en el consumidor que ocurre a través de las distintas modalidades de percepción del sabor como el gusto y la sensación en la boca, de la vista como el color, transparencia, formación y retención de espuma, y del olor como distintas variedades de aromas. Cada una de estas propiedades sensoriales y físicas es importante, y un defecto en cualquiera de ellas puede provocar el total rechazo del producto. El lúpulo imparte el sabor típico a la cerveza debido a su contenido de aceites esenciales y resinas amargas. Además, contiene taninos y compuestos fenólicos los cuales coadyudan en el proceso de clarificación (Rojas y Serna, 2000).

HIPÓTESIS

El uso de la cascarilla de cacao como sustituto parcial del lúpulo permitirá obtener una cerveza artesanal con un nivel de aceptabilidad satisfactorio.

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Funcionales (LIDPF) y el Laboratorio de Dietética de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación es de tipo experimental y con enfoque cuantitativo; experimental porque se manipularon algunas variables como el porcentaje de cascarilla de cacao en sustitución de la cantidad de lúpulo, así como la cantidad de malanga en el proceso de elaboración la cerveza, como sucedáneo, tal y como se establece en el diseño experimental.

OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) se obtuvo de una tienda en línea del estado de Tabasco, ésta ya se encontraba deshidratada y limpia (Fig. 3).



Figura 3. Cascarilla cacao (*Theobroma cacao*).

Los cormos de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), se obtuvieron en el mercado local de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (Fig. 4).



Figura 4. La malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), (Cornershop, 2022)

ACONDICIONAMIENTO DE LA CASCARILLA DE CACAO

La cascarilla deshidratada y limpia, se pulverizó, usando un molino de café marca Hamilton Beach 80335r (Figura 5).



Figura 5. Molino de café marca Hamilton Beach 80335r, (RagaNet, 2022)

ACONDICIONAMIENTO DE MALANGA

Los cormos de malanga se lavaron con agua corriente y se aplicó aplicó ácido peracético ($C_2H_4O_3$) como biocida, se retiró la cáscara, la pulpa se cortó en trozos pequeños, y se introdujeron a una solución de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) al 1%, por 10 min, pasando ese tiempo se deshidrató en un horno de secado marca “Felisa” Modelo FE-294AD, Serie 1506003, WATTS: 125, VOLTS: 120, AMP: 2, HERTZ: 50/60 (Figura 6) por un periodo de 24 h a una temperatura de 65 °C. Seguidamente se procedió a la pulverización, usando un molino de café marca Hamilton Beach 80335r.



Figura 6. Secado de malanga en en el horno de secado marca “Felisa” Modelo FE-294AD, Serie 1506003.

PROCESO DE ELABORACION DE CERVEZA ARTESANAL

Pesado de materia prima

Se pesó la malta y el lúpulo empleado durante el proceso de elaboración de la cerveza. Los polvos de cascarilla de cacao y de malanga se pesaron previamente para cada tratamiento realizado.

Cocción

Se colocaron 5 L de agua caliente en una olla de acero inoxidable hasta llegar a una temperatura de 75°C, posteriormente se agregaron la malta en polvo y la malta líquida, se mezcló constantemente durante 10 min, enseguida se adicionó la malanga y se dejó sedimentar por 20 min.

Enfriamiento

Posterior al proceso de sedimentación se dejó enfriar hasta alcanzar una temperatura de 40°C.

Filtración

Se filtró para retirar todo los sedimentos y las partículas que pudieran haber quedado.

Inoculación de la levadura

Se inoculó con la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) a una temperatura de 40°C, se agitó suavemente, para dispersar la levadura en el mosto.

Fermentación

Se dejó reposar durante 7 días en el fermentador, en un lugar fresco y oscuro.

Filtración

Trascurridos los 7 días del proceso de fermentación, se filtró por segunda ocasión, para retirar todas las partículas sedimentadas.

Segunda fermentación

Se fermentó adicionalmente por 7 días, acumulando 14 días de la fermentación.

Embotellado

Se realizó el embotellado de la cerveza en envases de vidrio de 355 ml color ámbar, para evitar el deterioro de la cerveza. Figura 7.



Figura 7. Embotellado de muestras de cerveza.

REACTIVOS

Los reactivos utilizados para realizar los análisis en este proyecto fueron de la marca J. T. Baker (Phillipsburg, NJ, USA). Se utilizó extracto de malta Briess (Chilton, Wisconsin, USA) y Levadura marca Fermentis (Marquette-lez-Lille, Francia).

FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA CERVEZA ARTESANAL

La formulación de los diferentes tratamientos se realizó de acuerdo con lo reportado por Bazante (2015) con algunas modificaciones. Se escaló a 5 L de cerveza por cada tratamiento que constituye la unidad de experimentación (Tabla 1).

Tabla 1. Formulaciones de los diferentes tratamientos para la elaboración de la cerveza artesanal.

Ingredientes	Control	T1	T2	T3	T4
	0% L/0% CC	100% L/0% CC	75% L/25% CC	50% L/50% CC	25% L/75% CC
Malanga (g)	0	6	6	6	6
Cascarilla de cacao (g)	0	0	6.25	12.5	18.75
Lúpulo (g)	25	25	18.75	12.5	6.25
Malta (g)	45	45	45	45	45
Extracto de malta (L)	375	375	375	375	375
Levadura (g)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Agua (L)	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6

L: Lúpulo

CC: Cascarilla de cacao

Nota: El % referido en los tratamientos, únicamente se refiere a la suma de dos componentes lúpulo y cascarilla de cacao.

Para la elaboración de la cerveza artesanal se adicionaron los ingredientes de acuerdo con el diseño experimental, mostrado en la tabla 1 y la sustitución del lúpulo por la cascarilla de cacao de acuerdo a lo siguiente, Control: 100% lúpulo (L)/0% cascarilla de cacao (CC) sin malanga; tratamiento 1 (T1): 100% lúpulo (L)/0% cascarilla de cacao (CC) con malanga; tratamiento 2 (T2): 75% L/25% CC con malanga; tratamiento 3 (T3): 50% L/50% CC con malanga; y tratamiento 4 (T4): 25% L/75% CC con malanga. Se agregaron 5.6 L de agua en una olla de acero inoxidable hasta alcanzar los 75°C. Se adicionó la malta en polvo junto al extracto de malta líquido, agitando durante 15 min. El lúpulo y la cascarilla de cacao se agregaron en tres partes con agitación constante hasta tener una mezcla homogénea para proporcionar el amargor, sabor y olor. Posteriormente, se dejó enfriar por 15 min para alcanzar una temperatura cercana a 40 °C. Se añadió 2.8 g de levadura y se mezcló suavemente, luego se colocó en el fermentador de plástico. Se dejó reposar durante 7 días a temperatura ambiente con poca luz. Al transcurrir el tiempo de reposo se cambió de fermentador, retirando todos los residuos

sedimentados. El mosto se dejó fermentar por 7 días más, con la finalidad de seguir con el proceso de fermentación.

Durante los procesos de fermentación (figura 8), se retiraron los residuos con una malla tipo cielo. Las botellas utilizadas para el envasado fueron previamente esterilizadas.

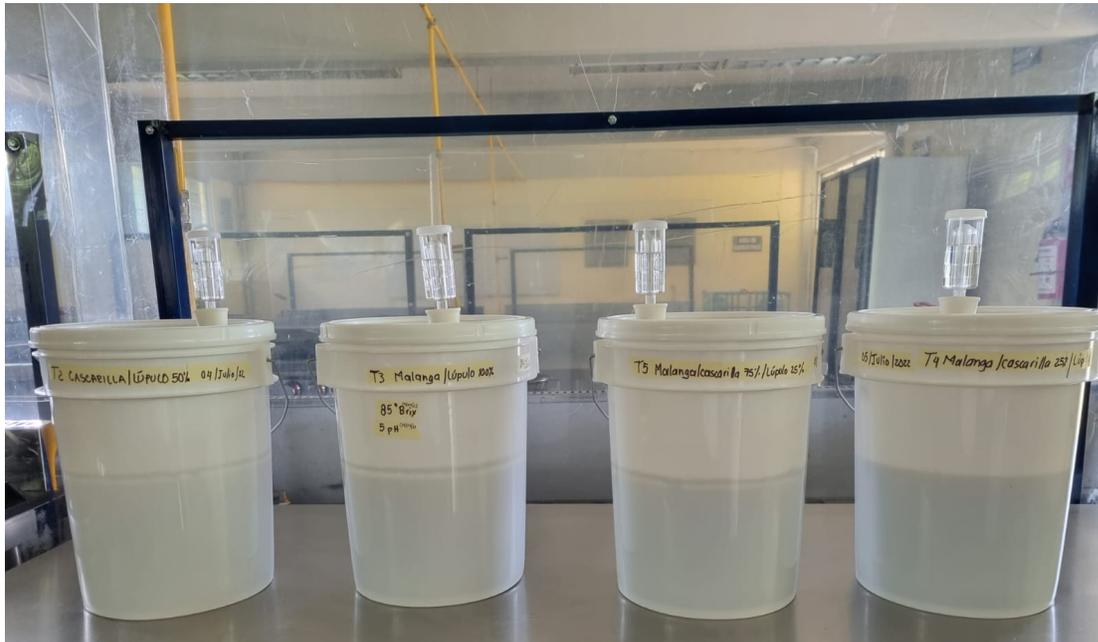


Figura 8. Tratamientos de cerveza artesanal.

En la figura 9 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de la cerveza.

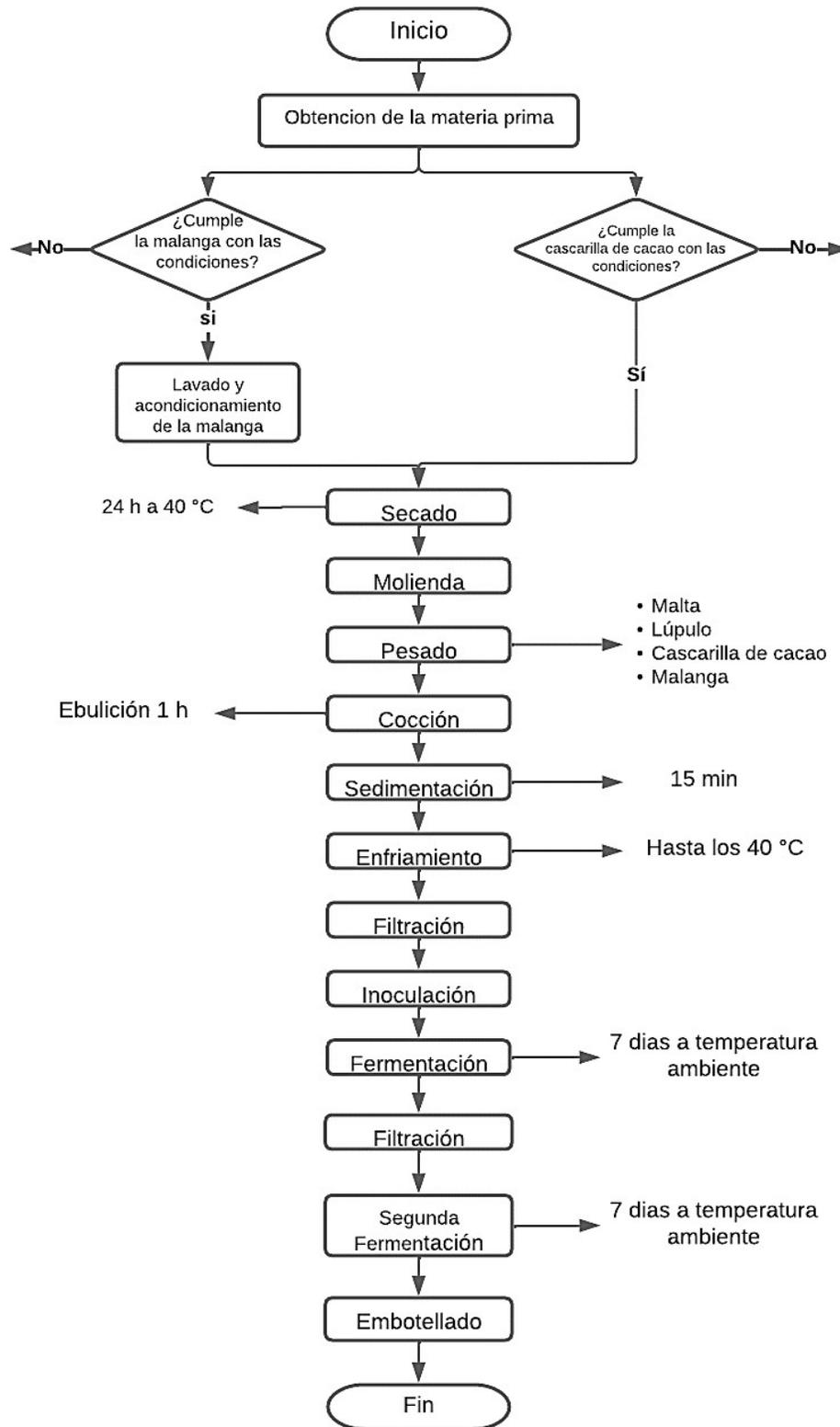


Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de la cerveza.

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CERVEZA

Graduación alcohólica

Se determinó la graduación alcohólica bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017, Bebidas alcohólicas-denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de pruebas. El destilado de la bebida se enfrió hasta una temperatura de 15°C y se vertió suavemente en una probeta ancha evitando la formación de espuma e incorporación de aire. Posteriormente se empleó un refractómetro de alcohol (Yieryi RHW040, China) para medir la cantidad de etanol presente en la muestra.

Densidad

Se determinó la densidad de la muestra de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017. Se pesó el picnómetro limpio y seco, para posteriormente ser llenado con agua destilada. Se colocó por 20 min en baño de agua a 20°C. Posteriormente, se completó el llenado y se tapó cuidando de que no quedaran burbujas. Finalmente se secó el exterior y se pesó. Se repitió el mismo procedimiento al introducir la muestra de bebida alcohólica.

Acidez total

La determinación del porcentaje de acidez de la cerveza se realizó con una solución de hidróxido de sodio en presencia del indicador fenolftaleína. Se colocaron 2.5 ml de la muestra en un matraz Erlenmeyer y se añadieron 2 gotas de fenolftaleína. La muestra se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0.01 N; con el volumen gastado de NaOH, se calculó el porcentaje de acidez con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{n \times 0.009}{V} \times 100 \dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

n: ml gastados de NaOH.

V: volumen de muestra utilizada.

Determinación del pH

Se determinó la concentración de iones hidrógeno en la cerveza por el método potenciométrico empleando un equipo (Sper Scientific 860033, Arizona, USA). Las mediciones de pH fueron realizadas por medición directa por triplicado en las muestras de cerveza (Mondaca, 2017).

Color

El color de las muestras se determinó mediante un Colorímetro (Konica Minolta CR-400, Japón), se midieron los parámetros L^* , a^* y b^* empleando la escala CIE, donde L^* es la luminosidad o brillo de la superficie. Los otros dos ejes de coordenadas son a^* y b^* , y representan variación entre rojo-verde, y amarillo-azul, respectivamente. Las mediciones (3 repeticiones) se tomaron directamente sobre 3 puntos diferentes de cada muestra. Con base a los valores de L^* , a^* y b^* se calcularon croma (C^*) que representará el índice de saturación, y el ángulo de tono (h°) de acuerdo con la ecuación 2 y 3 ecuaciones:

$$c = (a^2 + b^2)^{1/2} \dots \text{Ecuación 2}$$

$$h = \arctan \frac{b}{a} \dots \text{Ecuación 3}$$

Evaluación sensorial

Se realizó una prueba hedónica de cinco puntos con 50 personas (jueces no entrenados), quienes fueron seleccionados con una edad entre los 18- 45 años (Anexo 1).

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor y comparación múltiple de medias por Tukey ($p < 0.05$); utilizando el software estadístico MINITAB 16 (Minitab, Inc. 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada uno de los análisis que se realizaron a la cerveza.

GRADOS DE ALCOHOL

Los resultados obtenidos de la medición de los grados de alcohol en las muestras de cerveza se presentan en la Tabla 2. Se observó que el Blanco (sin cascarilla de cacao y sin malanga) obtuvo el mayor porcentaje de grados de alcohol, mostrando una diferencia estadísticamente significativa con los demás tratamientos. El tratamiento T4 obtuvo el menor porcentaje, con 10.10 ± 0.10 grados de alcohol mostrando una diferencia estadísticamente significativa en comparación de los demás tratamientos. Estos resultados son debido a que en el blanco hubo una mayor fermentación de los azúcares como sacarosa, fructosa y glucosa convertidos en etanol y ácido carbónico; a diferencia de los demás tratamientos los cuales además de los azúcares antes mencionados contienen almidón proveniente de la malanga cuya hidrólisis para convertirlo en azúcares fermentables fue más lenta, aunado a la disminución de lúpulo en el mosto. García (2015) menciona que al utilizar almidón como adjunto es recomendable hidrolizarlo enzimáticamente para la obtención de mayores niveles de alcohol.

Sin embargo el valor obtenido en el T4 6.73 reportado por Guzmán et al. (2020) en cerveza con malta Pilsen Viena. Parraga et al. (2022) reportó 6,66% de grado alcohólico en cerveza artesanal estilo blonde ale con infusión de flor deshidratada de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) Los valores de todos los tratamientos se encuentran dentro de los límites permisibles estipulados en la NOM-142-SSA1/SCFI-2014, la misma que acepta valores de 2 a 20% Alc. La graduación alcohólica para una cerveza tipo Ale puede estar en el rango de 4.3 hasta 6.2, esto permite un rango alto de posibilidades de control que incluyen procesos como la cocción hasta la fermentación (BCJP, 2015). Para evaluar la calidad de la cerveza varios de los parámetros que el consumidor reconoce como importantes son el sabor, permanencia de espuma, color, así como el grado alcohólico (Rodríguez, 2003).

Tabla 2. Grados de alcohol de los diferentes tratamientos de cervezas que se realizaron.

Tratamiento	Grado alcohólico (%)
Blanco	13.00 ± 0.43 ^a
T1	12.06 ± 0.05 ^b
T2	11.03 ± 0.05 ^c
T3	11.03 ± 0.05 ^c
T4	10.10 ± 0.10 ^d

Letras (superíndice) diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$). Los datos expresan valores promedio \pm la desviación estándar (n=3, repeticiones).

GRADOS BRIX

Los resultados obtenidos de los grados Brix de la cerveza se presentan en la Tabla 3. Se observa que el blanco es el único que es significativamente mayor ($p < 0.05$) de los demás tratamientos, esto se debe a que el blanco es el único que no se le adicionó malanga, por lo que la composición de la formulación es diferente, ya que no contiene almidón el cual es un azúcar complejo y más difícil de hidrolizar a amilodextrinas y finalmente en glucosa, por lo que el blanco solo posee maltosa y sacarosa los cuales son disacáridos fermentables más rápidamente por ser menos complejos. Los tratamientos T1, T2, T3 Y T4 no mostraron diferencia estadísticamente significativa. Estos valores son menores a diferencia con lo reportado por Castorena et al. (2020) con un valor 8.27 en cerveza artesanal don adjunto de maíz azul y derivados de caña de azúcar. Es importante mencionar que los azúcares son parte fundamental en la elaboración de la cerveza; concretamente para la fermentación de la levadura.

Tabla 3. Sólidos solubles (°Brix) en cerveza obtenida en los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTOS	°BRIX
BLANCO	5.03 ± 0. 20 ^a
T1	4.03 ± 0.05 ^b
T2	4.03 ± 0.05 ^b
T3	4.03 ± 0.20 ^b
T4	4.03 ± 0.05 ^b

Letras (superíndice) diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$). Los datos expresan valores promedio \pm la desviación estándar (n=3, repeticiones).

DETERMINACION DE pH

Los resultados obtenidos en la determinación de pH de la cerveza se presentan en la Tabla 4. En la tabla se observa que la disminución de pH se ve influenciados por la actividad de la levadura, siempre que esta tenga el medio óptimo para su desarrollo, teniendo la capacidad de fermentar altas cantidades de azúcares cuando el medio en el que se encuentran es neutro o poco ácido, siendo los valores más favorables los comprendidos entre 3.5 y 5.0 con un crecimiento óptimo en valores desde 4.8 a 5.0, según Yucra & Brown (2012). El mayor valor de pH lo obtuvo el tratamiento T4 con 4.32 ± 0.05 , este valor se asemeja a lo reportado por Pilligua et al. (2021) con un pH de 4.28 en cerveza artesanal con musilago de cacao (*Theobroma cacao*). Se entiende que los valores del mosto preparado con malanga crearon un medio adecuado para la fermentación, hecho que justifica también la reducción de los valores de pH. El menor valor del potencial de hidrogeno lo obtuvo el tratamiento T2 con 3.94, este resultado se asemeja a lo reportado por Parraga et al. (2022), con un valor de pH de 3,71 en cerveza artesanal estilo blonde ale con infusión de flor deshidratada de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*).

Tabla 4. Valores de pH en la cerveza obtenida en los tratamientos.

Tratamiento	pH
Blanco	4.10 ± 0.10^b
T1	4.31 ± 0.32^a
T2	3.94 ± 0.02^b
T3	4.04 ± 0.05^b
T4	4.32 ± 0.05^a

Letras (superíndice) diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$). Los datos expresan valores promedio \pm la desviación estandar (n=3, repeticiones).

ANÁLISIS COLORIMÉTRICO

En la figura 5 se muestra la determinación de color que se realizó con escala de coordenadas espaciales CIELAB, las coordenadas L^* , a^* y b^* , define las magnitudes, es decir la coordenada L^* indica luminosidad, la coordenada a^* indica colores rojos y verdes (+a indica rojo, -a indica verde) y la coordenada b^* indica colores amarillos y azules (+b indica amarillo, -b indica azul).

De acuerdo con los resultados obtenidos el tratamiento patrón evidencia una luminosidad alta, tonalidades que tienden hacia el amarillo ocre y tonalidades rojizas pocas definidas. Llevando a comparación los tratamientos Blanco, T1, T2, T3 y T4, se observó en luminosidad que no se encuentran diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos a diferencia de la muestra control. El color de las muestras depende directamente de las condiciones de la cebada malteada en cuanto a su variedad, tipo de secado realizado y grado de toston presentado previamente a la fabricación del producto y como la cebada malteada fue la misma en los diferentes tratamientos no se obtuvo una diferencia significativa ($p > 0.05$). La percepción del color es un atributo sensorial poco utilizado en descriptores sensoriales para elaborar un perfil de cerveza (Hernández et al., 2017).

Tabla 5. Análisis colorimétrico de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Blanco	100% lúpulo	75% lúpulo	50% lúpulo	25% lúpulo
L^*	12.75±0.21 ^a	14.00±0.46 ^b	13.79±0.50 ^b	14.10±0.28 ^b	13.84±0.63 ^b
a^*	0.95±0.03 ^a	1.63±0.17 ^b	1.71±0.15 ^b	1.55±0.15 ^b	1.53±0.13 ^b
b^*	-0.39±0.06 ^a	0.10±0.005 ^b	-0.23±0.05 ^c	-0.27±0.11 ^c	-0.26±0.12 ^c
Croma	1.03±0.01 ^a	1.63±0.17 ^b	1.72±0.14 ^b	1.58±0.14 ^b	1.56±0.15 ^b
Hue	337.63±4.03 ^a	380±0.26 ^b	352.0±2.43 ^c	349.77±4.95 ^c	351.03±4.25 ^c

Letras (supéíndices) diferentes en la misma fila por parámetro son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). Los datos expresan valores promedio±la desviación estándar (n=3) repeticiones.



Figura 10. Apariencia de la cerveza obtenida en los tratamientos y el control.

ANÁLISIS SENSORIAL

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial a los 30 panelistas no entrenados se observan en la Figura 11. La prueba de aceptabilidad se aplicó a nivel de laboratorio; sin embargo, para tener una mejor representatividad de la población se recomienda aumentar el número de participantes (UTN, 2011). En el atributo de color, se observó que el tratamiento T2 fue de mayor agrado para los panelistas con un valor de 6.23. En el parámetro de olor, se obtuvo un valor de 6.53 siendo superior a los demás tratamientos. En cuanto al sabor, el tratamiento T4 obtuvo una mayor valoración con respecto a los demás tratamientos con un valor de 6.9. El sabor y aroma son los atributos sensoriales que más influyen en la elección de una cerveza en el mercado (Iglesias, 2015).

Por último, la mayor aceptación para el atributo de textura lo obtuvo el tratamiento T4, con un valor de 6.9, las propiedades texturales son un grupo de características físicas que surgen de la estructura y composición del alimento (Martín, 2017). Los atributos sensoriales evaluados están muy ligados a las materias primas utilizadas y a su proceso tecnológico. Un cambio mínimo en sus variantes estadísticamente puede ser de poca importancia, pero sensorialmente puede ser definitivo en la preferencia y gusto de los consumidores. La aceptabilidad final del producto va relacionada con los rasgos en la caracterización sensorial (Solá, 2019).

Se confirmó que los resultados obtenidos de la sustitución del lúpulo por cascarilla de cacao en los diferentes tratamientos, fue aceptable de acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación sensorial y los tratamientos cumplieron con las especificaciones fisicoquímicas de la norma Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017.

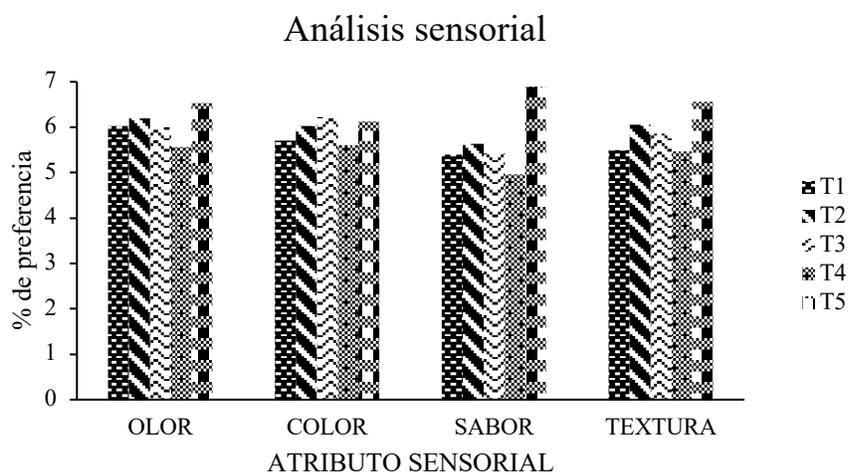


Figura 11. Preferencia de los jueces sobre los atributos evaluados.

CONCLUSIONES

Los resultados del producto final muestran características y atributos aceptables dentro del tipo de cervezas artesanales; algunos atributos deseables observados son: a la percepción del gusto, mostraron espuma blanca y textura ligera que se dispersa rápidamente, color dorado opaco y turbia, con aroma herbáceo cítrico, aportado por la levadura utilizada durante el proceso de fermentación y maduración de la cerveza. En general en la boca se aprecia un amargor leve y una ligera acidez. Todas estas sensaciones gustativas dan como resultado una cerveza equilibrada, ligera y de buen cuerpo. El tratamiento T4 mostró una mejor aceptación en cuanto al atributo de sabor, este presentó un menor valor en contenido de grados de alcohol a diferencia de los demás tratamientos, lo que puede atribuirse la mayor aceptabilidad entre los jueces.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados en la cerveza con sustitución parcial de lúpulo y adición de malanga, no mostraron diferencias significativas ($p>0.05$); observándose características similares a las cervezas tradicionales existentes en el mercado, en las que se resalta particularmente, una cerveza amarga, de aroma herbáceo cítrico y color dorado opaco a turbio.

Obteniendo parámetros fisico-químicos con valores dentro de los establecidos por la norma NTE-INEN 2262; de acuerdo al análisis sensorial, las cervezas fabricadas tuvieron una buena aceptación por parte de los panelistas.

Durante la evaluación sensorial, se identificaron algunos parámetros de calidad importantes en el producto, tales como, el color, aroma y sabor adecuados, dando como resultado un equilibrio, e impactando de forma adecuada en la aceptabilidad. Por lo que, la cascarilla de cacao se podría considerar para sustituir parcialmente la cascarilla de cacao en cervezas artesanales de acuerdo con las características organolépticas obtenidas.

El almidón de la malanga utilizada, resultó ser útil como adjunto, dando lugar a una bebida con características semejantes a la variedad comercial.

RECOMENDACIONES

- Difundir la investigación desarrollada, para que los productores artesanales utilicen la algunos adjuntos como parte de los ingredientes, bajo las proporciones y parámetros establecidos.
- Desarrollar un proceso para aprovechar los residuos agroalimentarios en la elaboración de cerveza ya que tratados convenientemente, pueden ser reutilizados en procesos posteriores.
- Realizar las pruebas de degustación con panelistas entrenados, para obtener una evaluación con mayor detalla de las características de la cerveza artesanal con adjuntos. La aplicación de panelistas no capacitados puede ser un factor que influye en la menor aceptabilidad de las cervezas elaboradas.
- Realizar la pasteurización adecuada de los productos elaborados artesanalmente, para evitar su contaminación y aumentar su tiempo de vida útil.

REFERENCIAS

1. Alzate, C. A. C., & Sánchez, O. J. (2005). Pro-ducción biotecnológica de alcohol carburante 437. I: obtención a partir de diferentes materias pri- mas. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnolo- gía de América*, 30(11), 671-6
2. Balcells, L. (2014) *Cerveza: La bebida de la felicidad*. Planeta
3. Guzmán-Ortiz, Fabiola Araceli, Soto-Carrasquel, Armando, López-Perea, Patricia, & Román-Gutiérrez, Alma Delia. (2019). Valoración y uso de una nueva variedad de cebada para elaboración de cerveza artesanal. *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 11(1), 81-95. Epub 24 de febrero de 2020.<https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2018.01.001>
4. Vázquez-Alfaro, Marisol, Aguilar-Ávila, Jorge, & Palacios-Rangel, María Isabel. (2021). Cadena de valor de la industria cervecera en México. *Nova scientia*, 13(27), 00027. Epub 21 de febrero de 2022.<https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2778>
5. Viteri Borja, José Gabriel, Párraga Alava, Ramona Cecilia, García Mendoza, Jordan Javier, Barre Zambrano, Roy Leonardo, & Romero Bravo, Juan Pablo. (2022). Calidad fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal estilo blonde ale con infusión de flor deshidratada de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). *Manglar*, 19(4), 331-339. Epub 17 de diciembre de 2022.<https://dx.doi.org/10.57188/manglar.2022.042>
6. Jesús Callejo, M., Tesfaye, W., Carmen González, M., & Morata, A. (2020). Craft B eers: Current Situation and Future Trends. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.90006

7. Hernández-Quintero, J.; Rosales-Nolasco, A.; Molina-Macedo, A.; Miranda-Piliado, A.; Willcox, M.; Hernández-Casillas, J. M.; Palacios, N. (2017). Cuantificación de antocianinas mediante espectroscopía de infrarrojo cercano y cromatografía líquida en maíces pigmentados. *Revista Fitotecnia Mexicana*.40(2), 219-225
8. Andrés-Iglesias, C.; Montero, O; Sancho, D. A Blanco, C. (2015). New trends in beer flavour compound analysis. *J Sci Food Agric.*,95: 1571–1576.
9. Caffarati, S. (2006, 21 de marzo) Fabricación artesanal de cerveza. Recuperado el 16 de enero de 2016 de <http://mi-cerveza.blogspot.com.co/2006/03/malteado-y-tostado.html>.
10. Carvajal, L. y Insuasti, M. (2010). Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot esculenta crantz*). Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Quito, Ecuador.
11. Dantur, M. (2006). Estudio de mercado para la organización de una pyme de bases biotecnológicas: cerveza de elaboración artesanal. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.
12. De Mesones. (2005). Maestro cervecero. Universidad Versuchs - und Lehranstalt für Brauerei (VLB). Recuperado el 16 de enero de 2016 de. <file:///C:/Users/43121007/Downloads/comparaci%C3%B3n%20bioactivos%20artesanalindustrial.pdf>.
13. Gutierrez et.al (2016). Evaluacion de mosto para obtencion de alimento funcional. Universidad Autonoma Metropolitana, Unidad Xochimilco Vol. 1, No. 1, 885-890.
14. Gutiérrez. et al, (2002) Cervezas artesanales: características físico - químicas y microbiológicas Comparación con cervezas industriales. Centro de Investigación en Tecnologías de Industrialización de Alimentos.

15. Hernández, A (2004). Microbiología industrial. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
16. Herrera, T. (2003). Bebidas alcohólicas no destiladas indígenas de México. México: Universidad Autónoma de México
17. Maisuthisakul, P., & Gordon. (2009). Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. *Food Chemistry*, 332-341.
18. Martínez, A. (2015). Análisis comparativo de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. Trabajo de grado. Universidad de Lleida. Lérida, España.
19. Obregón, G. (2010). Efecto de la concentración de alfa – amilasa en las características físico-químicas y evaluación sensorial de cerveza de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad morado mejorado PMV-581. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- Plano, R. (2011). La industria cervecera en Colombia. *Revista Credencial Historia*, (260) Recuperado el 22 de febrero de 2016 de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/agosto2011/cerveza-industria>
20. Rodríguez. (2003). Universidad Austral de Chile. Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de Cerveza Tipo Lager Elaborada por Compañía Cervecera Kunstmann S.A. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia Chile.
13. Rojas, C., y Serna, S. (2000). Recuperado el 10 de febrero de 2017 <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transfereencia/transfereencia51/eli1-51.html>.
14. Vanaclocha, A. (2014). Tecnología de los alimentos de origen vegetal.

- Madrid: Síntesis S.A. 15. Ward. (1986). Biotecnología de la fermentación. Madrid: Acribia S.A. 16. INEN. (2003). Norma INEN 2262:2003 Bebidas Alcohólicas. Cerveza. Requisitos., 2262, 4– 6. Retrieved from <https://odaninkasiquito.files.wordpress.com/2015/08/inen-2-262- cerveza.pdf>
21. Serena, A. (2007). Chemical and physicochemical characterisation of co-products from the vegetable food and agro industries. *Animal Feed Science and Technology*, 139(1), 109-124.
22. Tapia, C. (2015). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Vélez, L., & Gañan, P. (2009). *Aprovechamiento de la fibra dietaria y/o residuos de su transformación*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 102-104.
23. Viveros, E. C., Esperón Rojas, A. A., Pulido Herrera, V., Palmeros Exsome, C., Quintero Pereda, S., & González Ortega, L. A. (2021). Desarrollo de un puré instantáneo a base de malanga. *UVserva*, (11), 146–156. <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i11.2762>
24. Murillo, I. (2008). Evaluación De 2 Dietas Experimentales Con Diferentes Niveles De Cascarilla De Cacao (*Theobroma Cacao* L.) En Las Fases De Crecimiento Y Acabado De Cuyes (*Cavia Porcellus* L.) De Raza Andina. Tesis de Ingeniero en Alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil - Ecuador.
25. López, P. (2013). Elaboración De Compost A Partir De Cascarilla De Cacao. Tesis Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Ciencias Escuela De Bioquímica Y Farmacia, RiobambaEcuador.

ANEXOS



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS MAESTRÍA EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN SUSTENTABLE



NOMBRE: _____

FECHA: _____

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan 5 muestras de cerveza artesanal. Por favor observe y pruebe cada una de las muestras, yendo de izquierda a derecha indique en 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 extremadamente	6	me gusta levemente
2	me disgusta mucho	7	me gusta moderadamente
3	me disgusta moderadamente	8	me gusta mucho
4	me disgusta levemente	9	me gusta extremadamente
5	no me gusta ni me disgusta		

CÓDIGO	Calificación para cada atributo			
	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA

Boleta para prueba hedónica de 9 puntos utilizada para evaluar atributos sensoriales de cerveza artesanal.

ANOVA de un solo factor: T1O, T2O, T3O, T4O, T5O, T1C, T2C, T3C, T4C, T5C, T1S, T2S, T3S, T4S, T5S, T1T, T2T, T3T, T4T, T5T

* NOTA * No es posible dibujar la gráfica de intervalo para el procedimiento de Tukey. Las gráficas de intervalo para las comparaciones son ilegibles con más de 45 intervalos.

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$
Filas no utilizadas	70

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	20	T1O, T2O, T3O, T4O, T5O, T1C, T2C, T3C, T4C, T5C, T1S, T2S, T3S, T4S, T5S, T1T, T2T, T3T, T4T, T5T

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	19	125.2	6.588	2.14	0.003
Error	578	1780.8	3.081		
Total	597	1905.9			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.75525	6.57%	3.50%	0.00%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1O	30	6.033	1.586	(5.404, 6.663)
T2O	30	6.200	1.669	(5.571, 6.829)
T3O	29	6.000	1.964	(5.360, 6.640)
T4O	30	5.567	2.176	(4.937, 6.196)
T5O	30	6.533	1.634	(5.904, 7.163)
T1C	30	5.700	1.664	(5.071, 6.329)
T2C	30	6.033	1.426	(5.404, 6.663)
T3C	30	6.233	1.357	(5.604, 6.863)
T4C	30	5.600	1.958	(4.971, 6.229)
T5C	30	6.133	1.871	(5.504, 6.763)
T1S	30	5.400	1.754	(4.771, 6.029)
T2S	30	5.633	1.829	(5.004, 6.263)
T3S	30	5.433	1.775	(4.804, 6.063)
T4S	30	4.967	2.125	(4.337, 5.596)
T5S	30	6.900	1.517	(6.271, 7.529)
T1T	30	5.500	1.635	(4.871, 6.129)
T2T	29	6.069	1.624	(5.429, 6.709)

T3T	30	5.867	1.634 (5.237, 6.496)
T4T	30	5.467	1.995 (4.837, 6.096)
T5T	30	6.567	1.654 (5.937, 7.196)

Desv.Est. agrupada = 1.75525

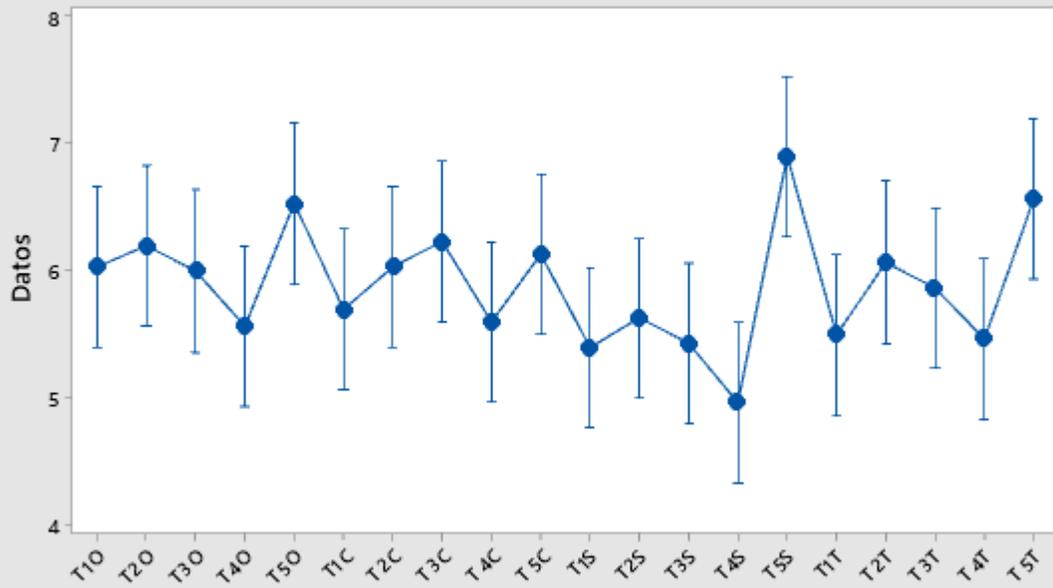
Comparaciones en parejas de Tukey

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

Factor	N	Media	Agrupación
T5S	30	6.900	A
T5T	30	6.567	A B
T5O	30	6.533	A B
T3C	30	6.233	A B
T2O	30	6.200	A B
T5C	30	6.133	A B
T2T	29	6.069	A B
T2C	30	6.033	A B
T1O	30	6.033	A B
T3O	29	6.000	A B
T3T	30	5.867	A B
T1C	30	5.700	A B
T2S	30	5.633	A B
T4C	30	5.600	A B
T4O	30	5.567	A B
T1T	30	5.500	A B
T4T	30	5.467	A B
T3S	30	5.433	A B
T1S	30	5.400	A B
T4S	30	4.967	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfica de intervalos de T10, T20, ...
95% IC para la media



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

ANOVA de un solo factor: pH blanco, pH T 50% Lup, pH 100% lup, pH 75% lup, pH 25% lup

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	5	pH blanco, pH T 50% Lup, pH 100% lup, pH 75% lup, pH 25% lup

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	4	0.34857	0.087143	25.48	0.000
Error	10	0.03420	0.003420		
Total	14	0.38277			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0584808	91.07%	87.49%	79.90%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
pH blanco	3	4.1000	0.1000	(4.0248, 4.1752)
pH T 50% Lup	3	4.0400	0.0529	(3.9648, 4.1152)
pH 100% lup	3	4.3167	0.0321	(4.2414, 4.3919)
pH 75% lup	3	3.9433	0.0252	(3.8681, 4.0186)
pH 25% lup	3	4.3267	0.0513	(4.2514, 4.4019)

Desv.Est. agrupada = 0.0584808

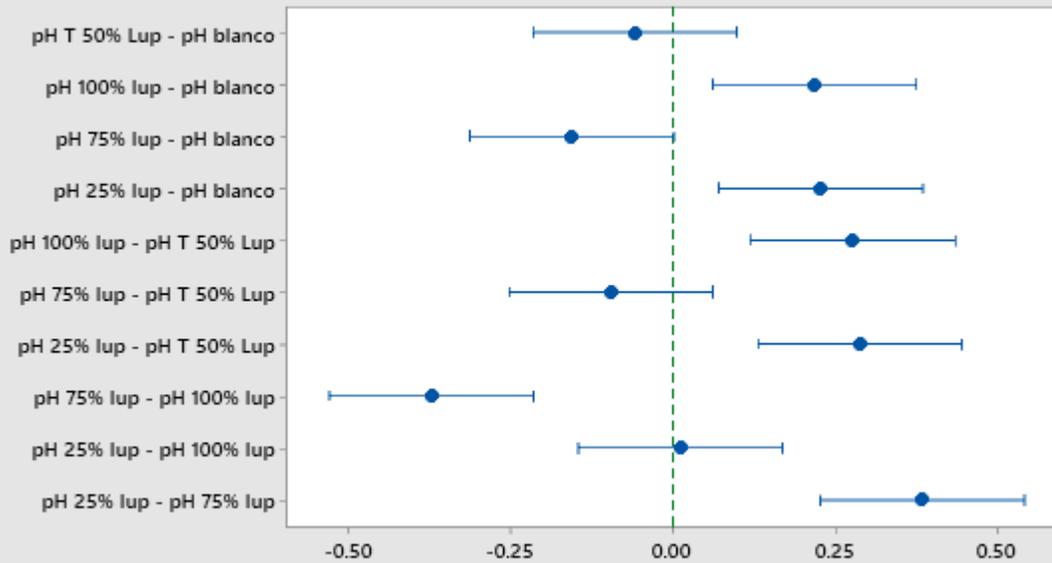
Comparaciones en parejas de Tukey

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

Factor	N	Media	Agrupación
pH 25% lup	3	4.3267	A
pH 100% lup	3	4.3167	A
pH blanco	3	4.1000	B
pH T 50% Lup	3	4.0400	B
pH 75% lup	3	3.9433	B

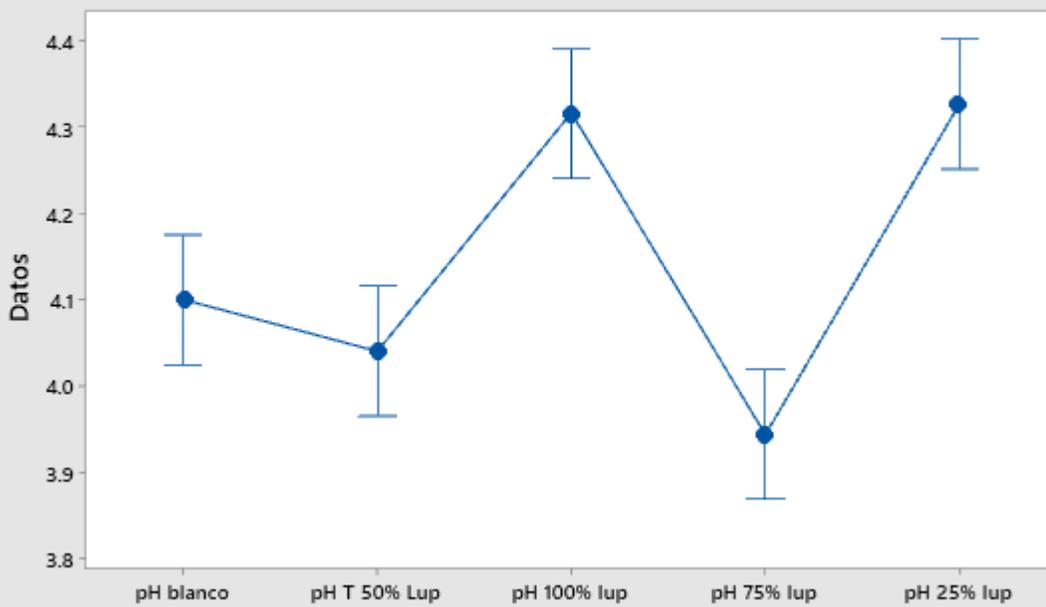
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey
 Diferencia de las medias para pH blanco, pH T 50% Lup, ...



Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.

Gráfica de intervalos de pH blanco, pH T 50% Lup, ...
 95% IC para la media



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

°BRIX

ANOVA de un solo factor: blanco, t1, t2, t3, t4

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	5	blanco, t1, t2, t3, t4

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	4	2.4000	0.60000	31.03	0.000
Error	10	0.1933	0.01933		
Total	14	2.5933			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.139044	92.54%	89.56%	83.23%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
blanco	3	5.033	0.208	(4.854, 5.212)
t1	3	4.0333	0.0577	(3.8545, 4.2122)
t2	3	4.0333	0.0577	(3.8545, 4.2122)
t3	3	4.033	0.208	(3.854, 4.212)
t4	3	4.0333	0.0577	(3.8545, 4.2122)

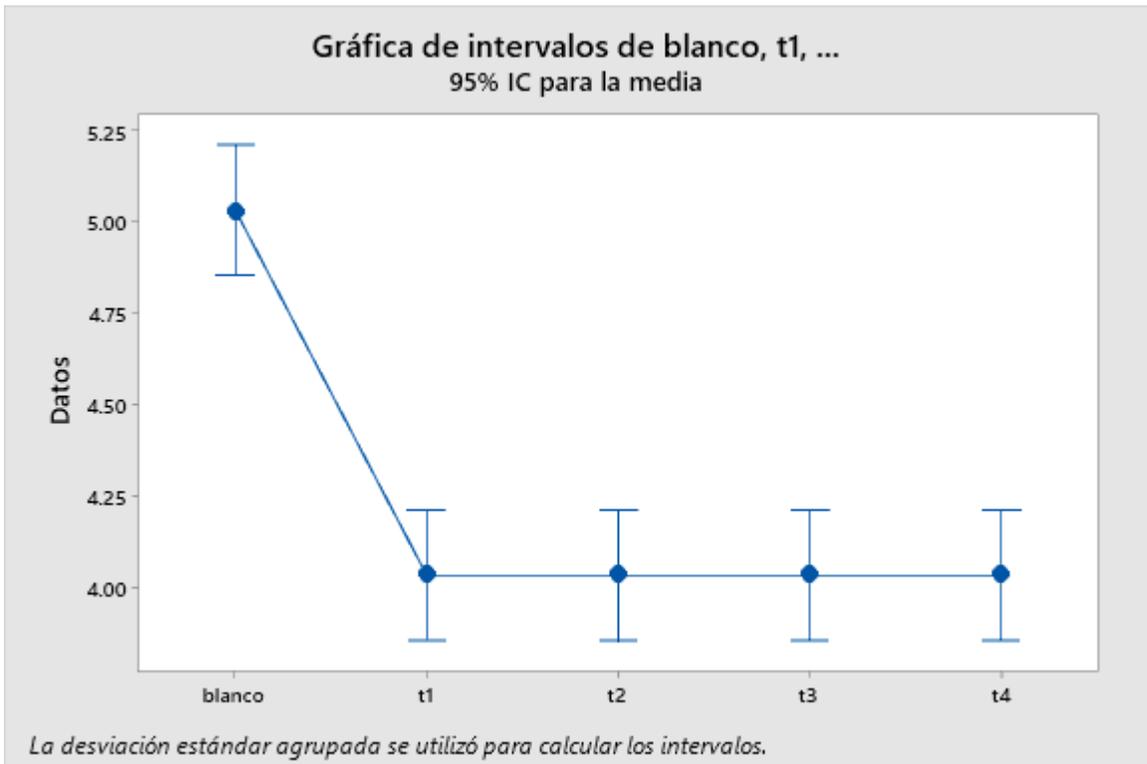
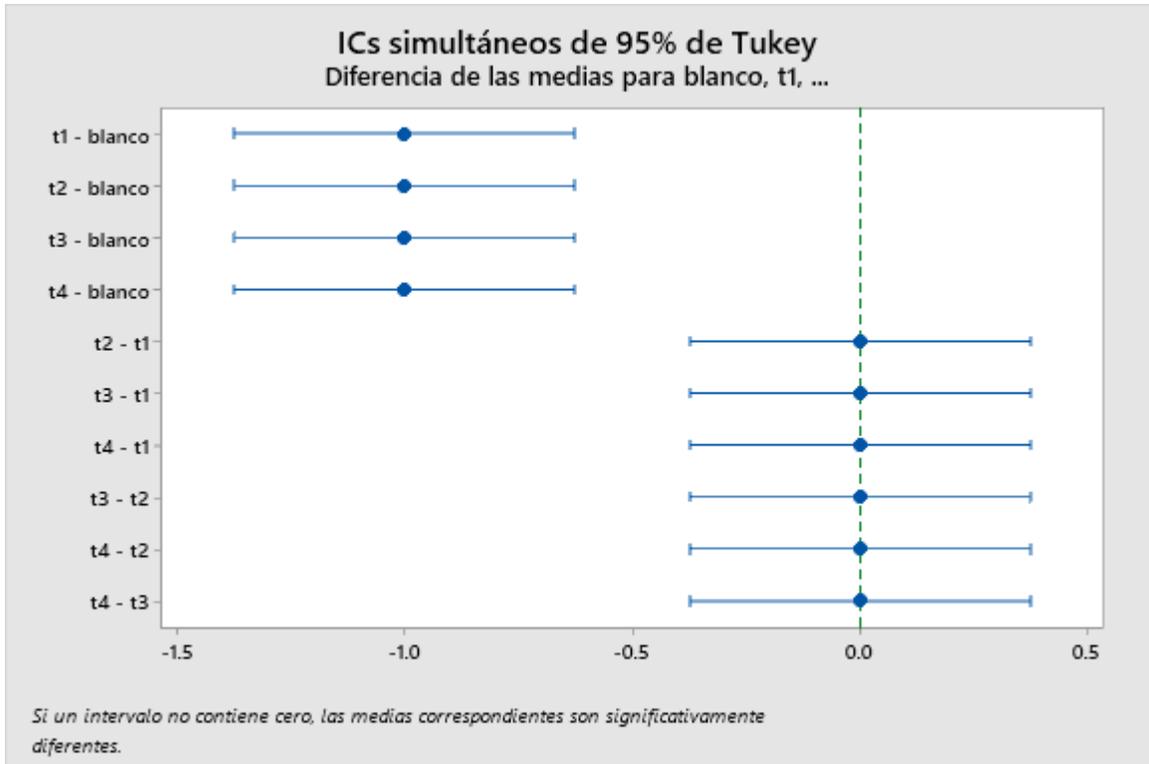
Desv.Est. agrupada = 0.139044

Comparaciones en parejas de Tukey

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

Factor	N	Media	Agrupación
blanco	3	5.033	A
t4	3	4.0333	B
t3	3	4.033	B
t2	3	4.0333	B
t1	3	4.0333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



ANOVA de un solo factor: blanco, t1, t2, t3, t4**Método**

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	5	blanco, t1, t2, t3, t4

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	4	14.8573	3.71433	88.44	0.000
Error	10	0.4200	0.04200		
Total	14	15.2773			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.204939	97.25%	96.15%	93.81%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
blanco	3	13.000	0.436	(12.736, 13.264)
t1	3	12.0667	0.0577	(11.8030, 12.3303)
t2	3	11.0333	0.0577	(10.7697, 11.2970)
t3	3	11.0333	0.0577	(10.7697, 11.2970)
t4	3	10.1000	0.1000	(9.8364, 10.3636)

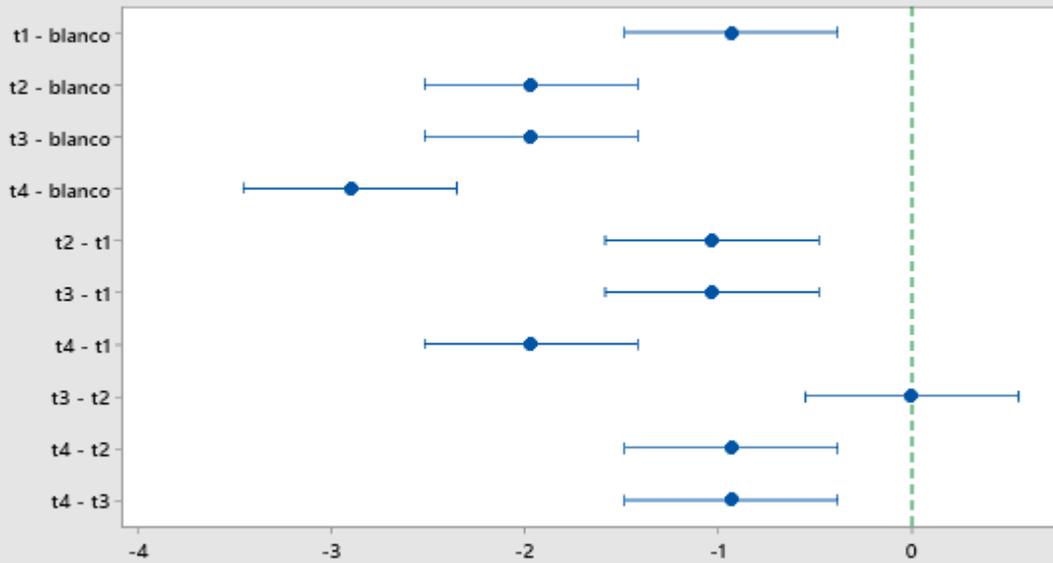
Desv.Est. agrupada = 0.204939

Comparaciones en parejas de Tukey**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

Factor	N	Media	Agrupación
blanco	3	13.000	A
t1	3	12.0667	B
t3	3	11.0333	C
t2	3	11.0333	C
t4	3	10.1000	D

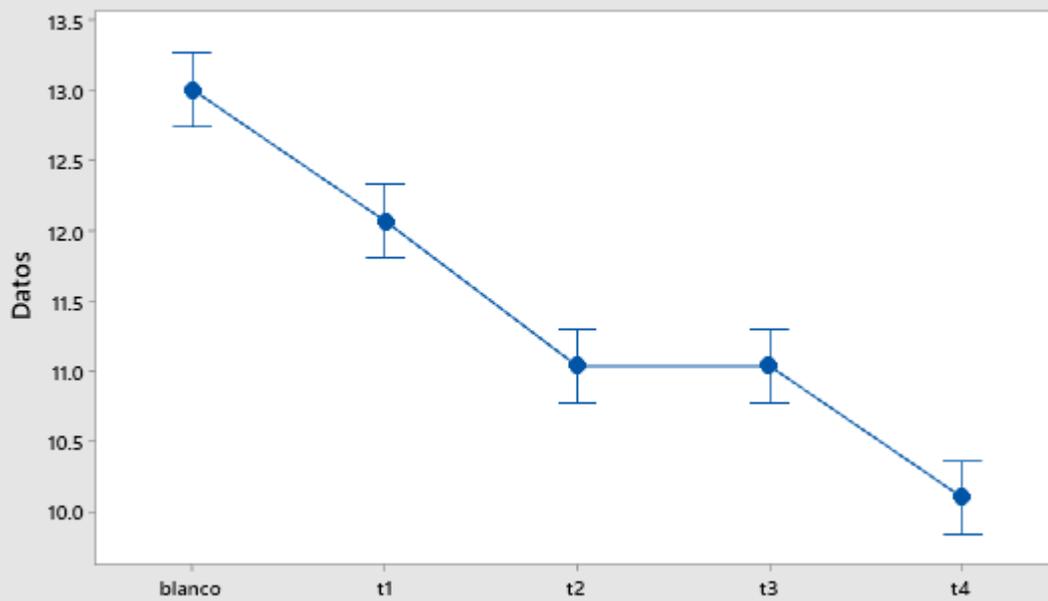
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey Diferencia de las medias para blanco, t1, ...



Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.

Gráfica de intervalos de blanco, t1, ... 95% IC para la media



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.