

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE UNIVERSIDAD DE SAN MARCOS**

**CARRERA: INGENIERO AGRONOMO CON ORIENTACION EN
AGRICULTURA SOSTENIBLE.**



TITULO

**EVALUACIÓN DE CUATRO RAZAS LOCALES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) COMO
ADJUNTO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL CON MIEL DE
ABEJA (*Apis mellifera*), COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LAS
RAZAS LOCALES DE MAÍZ, EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS.**

ESTUDIANTE:

T.P.A. ISAAC IGNACIO MIRANDA FUENTES.

CARNE:

201341752

ASESORES:

ING. AGR. FREDY ROBERTO PÉREZ MONZÓN.

ING. AGR. LEONEL ALFREDO OROZCO MIRANDA.

ING. QCO. OMAR FERNANDO ORDOÑEZ RIVERA.

SAN MARCOS, ENERO 2025.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

MsC. Juan Carlos López Navarro

DIRECTOR

Licda. Astrid Fabiola Fuentes Mazariegos

SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO

Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado

REPRESENTANTE DOCENTES

Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzón

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

Br. Luis David Corzo Rodríguez

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
MIEMBROS DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez	COORDINADOR ACADÉMICO
Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales	COORDINADOR DE LA CARRERA DE TÉCNICO PRODUCCIÓN AGRÍCOLA E INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE
Lic. Heliuv Edilzar Vásquez Navarro	COORDINADOR CARRERA DE PEDAGOGÍA Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
Licda. Aminta Esmeralda Guillén Ruíz	COORDINADORA DE LA CARRERA DE TRABAJO SOCIAL, TÉCNICO Y LICENCIATURA
Ing. Víctor Manuel Fuentes López	COORDINADOR CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, TÉCNICO Y LICENCIATURA
Lic. Mauro Estuardo Rodríguez Hernández	COORDINADORA CARRERA DE ABOGADO Y NOTARIO Y LICENCIATURA EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES.
Dr. Byron Geovany García Orozco	COORDINADOR CARRERA MÉDICO Y CIRUJANO
Lic. Nelson de Jesús Bautista López	COORDINADOR PEDAGOGÍA EXTENSIÓN DE SAN MARCOS
Licda. Julia Maritza Gándara González	COORDINADORA EXTENSIÓN DE MALACATAN
Licda. Mirna Lisbet de León Rodríguez	COORDINADORA EXTENSIÓN TEJUTLA
Lic. Marvin Evelio Navarro Bautista	COORDINADOR EXTENSIÓN TACANÁ
Lic. Robert Enrique Orozco Sánchez	COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
Lic. Mario René Requena	COORDINADOR DE ÁREA DE EXTENSIÓN
Ing. Oscar Ernesto Chávez Ángel	COORDINADOR CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
Lic. Carlos Edelmar Velásquez González	COORDINADOR CARRERA CONTADURÍA PÚBLICA Y AUDITORÍA
Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo	COORDINADOR CARRERA PROFESORADO EN EDUCACIÓN PRIMARIA BILINGÜE INTERCULTURAL
Lic. Yovani Alberto Cux Chan	COORDINADOR CARRERAS SOCIOLOGÍA, CIENCIA POLÍTICA Y RELACIONES INTERNACIONALES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González	COORDINADOR
Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón	SECRETARIO
Licda. María de Lourdes Carrera Munguía	VOCAL

ASESORES

PRINCIPAL	Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
ADJUNTO	Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco Miranda
AUXILIAR	Ing. QCO. Omar Fernando Ordoñez Rivera.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
TRIBUNAL EXAMINADOR

MsC. Juan Carlos López Navarro

DIRECTOR

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales

COORDINADOR DE LA CARRERA DE
AGRONOMÍA

ASESORES

PRINCIPAL

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón

ADJUNTO

Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco Miranda

AUXILIAR

Ing. QCO. Omar Fernando Ordoñez Rivera.



San Marcos, septiembre del 2024

Señores:

Comité Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo con
Orientación en Agricultura Sostenible
CUSAM

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final de Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE CUATRO RAZAS LOCALES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) COMO ADJUNTO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL CON MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera*), COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LAS RAZAS LOCALES DE MAÍZ, EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS”**. Del estudiante **ISAAC IGNACIO MIRANDA FUENTES**, carné número: **201341752**.

El cual cumple con los requisitos establecidos, por lo que emito **OPINIÒN FAVORABLE** para ser aprobado como trabajo de graduación previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible.

Atentamente.


Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
Colegiado Activo: 5103
Asesor Principal

“Id, y enseñad a todos”



San Marcos, septiembre del 2024

Señores:

Comité Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo con
Orientación en Agricultura Sostenible
CUSAM

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final de Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE CUATRO RAZAS LOCALES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) COMO ADJUNTO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL CON MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera*), COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LAS RAZAS LOCALES DE MAÍZ, EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS”**. Del estudiante **ISAAC IGNACIO MIRANDA FUENTES**, carné número: **201341752**.

El cual cumple con los requisitos establecidos, por lo que emito **OPINIÒN FAVORABLE** para ser aprobado como trabajo de graduación previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible.

Atentamente.

Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco Miranda
Colegiado Activo: 1206
Asesor Adjunto

“Id, y enseñad a todos”



San Marcos, septiembre del 2024

Señores:
Comité Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo con
Orientación en Agricultura Sostenible
CUSAM

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final de Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE CUATRO RAZAS LOCALES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) COMO ADJUNTO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL CON MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera*), COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LAS RAZAS LOCALES DE MAÍZ, EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS”**. Del estudiante **ISAAC IGNACIO MIRANDA FUENTES**, carné número: **201341752**.

El cual cumple con los requisitos establecidos, por lo que emito **OPINIÒN FAVORABLE** para ser aprobado como trabajo de graduación previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible.

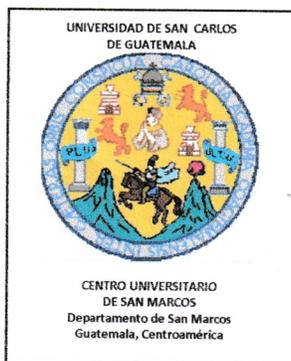
Atentamente.

Omar Fernando Ordóñez Rivera
Ingeniero Químico - Proyectista
Colegiado No. 2307



Ing. Químico. Omar Fernando Ordóñez Rivera
Colegiado Activo: 2307
Asesor auxiliar.

“Id, y enseñad a todos”



EL INFRASCRITO SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, SEGUNDO, OCTAVO Y DÉCIMO OCTAVO DEL ACTA No. 008-2024, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

ACTA No. 008-2024

En la ciudad de San Marcos, siendo las dieciséis horas en punto, del día lunes veinticinco de noviembre del año dos mil veinticuatro, reunidos los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía Vocal y quién suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: **PRIMERO:** Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera: 1) Bienvenida, 2) aprobación de informes finales, 3) aprobación temas de investigación, 4) Solicitudes varias **SEGUNDO:** El Coordinador del Comité da la bienvenida a los presentes y somete en consideración la aprobación de la agenda, la cual queda aprobada... **OCTAVO:** El secretario del Comité de Trabajo de Graduación dio a conocer solicitud de Informe Final de Trabajo de Graduación del estudiante Isaac Ignacio Miranda Fuentes con número de carné 201341752 estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible para la aprobación del Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "Evaluación de cuatro razas locales de maíz (*Zea mays*) como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal con miel de abeja (*Apis mellifera*), como estrategia de conservación, en el municipio de San Marcos". Cumpliendo con los requisitos establecidos en los artículos 56 y 57 del normativo de Trabajo de Graduación. El Comité Trabajo de Graduación con base en el artículo 58 acuerda **APROBAR** el Informe Final del estudiante Isaac Ignacio Miranda Fuentes con número de carné 201341752 adjuntando los dictámenes favorables del asesor principal Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón y asesor adjunto Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco Miranda, Ing. Químico Omar Fernando Ordóñez Rivera... **DÉCIMO OCTAVO:** Dando por finalizada la reunión en el mismo lugar y fecha a una hora y media después de su inicio, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos.

Y A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS A LOS DIECISIETE DÍAS DEL MES DE ENERO DEL AÑO DOS MIL VEINTICINCO.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
Secretario Comité Trabajo de Graduación

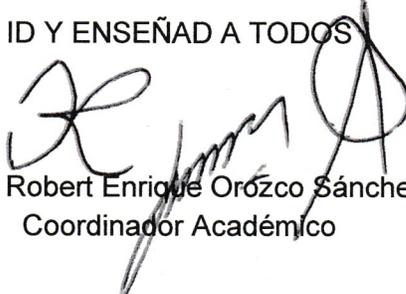


ESTUDIANTE: ISAAC IGNACIO MIRANDA FUENTES
CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, inciso a) subinciso a.16) del Acta No. 002-2025**, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 29 de enero de 2025, que dice:

“QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. a.16) La Coordinación Académica conoció Providencia No. CACUSAM-4-2025, de fecha 25 enero de 2024, suscrita por el Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales, Coordinador Carrera Agronomía, a la que adjunta solicitud del estudiante: ISAAC IGNACIO MIRANDA FUENTES, Carné No. 201341752, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN DE LA TESIS EVALUACIÓN DE CUATRO RAZAS LOCALES DE MAÍZ (Zea mays L.) COMO ADJUNTO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL CON MIEL DE ABEJA (Apismellifera), COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACION DE LAS RAZAS LOCALES DE MAIZ, EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS**, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. La Coordinación Académica en base a la opinión favorable del Asesor, Comisión de Revisión y Coordinador de Carrera, **ACORDÓ: AUTORIZAR IMPRESIÓN DE LA TESIS EVALUACIÓN DE CUATRO RAZAS LOCALES DE MAÍZ (Zea mays L.) COMO ADJUNTO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL CON MIEL DE ABEJA (Apismellifera), COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACION DE LAS RAZAS LOCALES DE MAIZ, EN EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS**, al estudiante: ISAAC IGNACIO MIRANDA FUENTES, Carné No. 201341752, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.”
Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez
Coordinador Académico



c.c. Archivo
REGS/ejle

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por haber brindado salud, sabiduría y las fuerzas necesarias para poder culminar esta meta tan anhelada.

Mis padres Teodoro Abelino Miranda Pérez y Petrona Esperanza Fuentes García, quienes son los pilares de mi vida, que me han apoyado en todo momento, que este triunfo sea una muestra de mi agradecimiento por todo su esfuerzo y sacrificio.

Mi esposa Andrea Guillermo Escobar, por su incondicional apoyo, cariño y comprensión, por ser la madre de mis hijos y por motivarme durante mis estudios y durante todo el proceso para terminar con éxito esta meta.

La Universidad de San Carlos de Guatemala alma mater y en especial al Centro Universitario de San Marcos y la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, quien me formo como profesional de la agronomía.

Los catedráticos de mi carrera, por instruirme y darme las herramientas necesarias para mi formación profesional, Dios les bendiga.

Mis asesores, por acompañarme durante este proceso tan importante en mi vida, por brindarme su apoyo, confianza y conocimiento para poder realizar de la mejor manera mi trabajo de graduación.

DEDICATORIA

A Dios.

Por brindarme sabiduría y persistencia, para culminar esta etapa tan importante para mí y mi familia.

A mis padres:

Por sus sabios consejos, cariño, comprensión y su gran ejemplo como personas.

A mi esposa:

Que, por su paciencia, amor, cariño, y comprensión he logrado alcanzar esta meta tan anhelada en mi vida, Dios te bendiga siempre.

Mis hijos:

Angie y Andrés, son mi fuente de motivación, que mi triunfo les sirva como fuente de inspiración para que puedan alcanzar sus objetivos en la vida, los amo.

A mis hermanos:

Los sueños se cumplen y sé que cada quien lo está logrando de la mejor manera, Dios les Bendiga grandemente.

A mis Abuelos:

Maternos y paternos Q.E.P.D. gracias por el apoyo, amor y cariño.

A mis amigos:

Por brindarme su amistad durante todo el proceso de mi formación, y en especial a Alonzo Salvador Q.E.P.D. a quien recuerdo con mucho aprecio sé que desde el cielo él celebra conmigo este triunfo.

TITULO

Evaluación de cuatro razas locales de maíz (*Zea mays L.*) como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal con miel de abeja (*Apis mellifera*), como estrategia de conservación de las razas locales de maíz, en el Municipio de San Marcos.

INDICE GENERAL

GLOSARIO.....	I
INDICE DE CONTENIDO.	IV
INDICE DE CUADROS.	VI
INDICE DE FIGURAS.	VII
INDICE DE GRAFICOS.	VIII
INDICE DE ILUSTRACIONES.	IX

GLOSARIO:

A continuación, compartimos un completo glosario en base a terminologías utilizados en esta investigación.

- **Adjuntos:** Fuente de extractos fermentables añadidos durante el proceso de elaboración de cerveza además del agua, malta, lúpulo y levadura. Usualmente se refieren a arroz y maíz, pero también pueden hacer referencia a frutas y azúcares.
- **Airlock:** Dispositivo que funciona como una “trampa de aire” utilizado para permitir la salida de los gases generados por la fermentación al mismo tiempo que bloquea la entrada de aire para evitar contaminación del mosto.
- **Ale (Fermentación Alta):** Cervezas elaboradas por la fermentación de levaduras de la familia ale, llamadas de esta forma porque las células se elevan hasta la superficie del fermentador mientras se encuentran activas, su rango de trabajo se sitúa entre 17 y 25 °C.
- **Almidón:** Es un polímero de moléculas de azúcar. El almidón es la principal fuente de energía almacenable en todas las plantas y es de este de donde todas las azúcares fermentables son extraídas.
- **Amargo:** Es un sabor básico provisto a la cerveza por el lúpulo, detectable en sabor y sensación en boca. Los niveles extremos de amargor pueden provocar una sensación en boca seca, áspera y/o resinosa. Se mide en el IBU (International Bitterness Unit).
- **Atenuación:** Es el porcentaje de azúcares que ha sido convertida en alcohol y CO₂ por acción de las levaduras durante la fermentación. Su valor se expresa en porcentaje y en la mayoría de los casos varía entre un 65% y un 85%. A mayor porcentaje de azúcar convertida, la cerveza terminada será más seca y más atenuada.
- **Autólisis:** Proceso biológico mediante el cual una célula muere y se destruye. En cerveza sucede cuando la levadura ya no tiene más nutrientes (azúcares) para sobrevivir.
- **Carbonatación:** Producida por la presencia de CO₂ disuelto en la cerveza que provoca una sensación chispeante en la lengua, causada por el estallido de las burbujas al formar ácido carbónico. El CO₂, como el alcohol es un subproducto de la fermentación. La carbonatación natural se produce al añadir azúcar a la cerveza ya fermentada para activar nuevamente las levaduras. Para carbonatar artificialmente se añade CO₂ a presión.

- **Cata:** La cata o degustación es la operación en que el olfato, la vista y el gusto aprecian las notas organolépticas y la calidad de la cerveza.
- **Densidad inicial (OG) / Densidad Final (FG):** La Densidad Inicial, Original Gravity (OG) en inglés, es una expresión de la cantidad de azúcares disueltos en el mosto antes de la fermentación. La Densidad Final, Final Gravity (FG) en inglés, es una expresión de la cantidad de azúcares disueltos en el mosto una vez finalizada la fermentación.
- **Densímetro:** Instrumento graduado que se utiliza para medir la densidad de un líquido sin necesidad de calcular previamente su masa y su volumen. Su funcionamiento se basa en el principio hidrostático del matemático e inventor griego Arquímedes, que establece que cualquier cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje hacia arriba igual a la masa del líquido desalojado.
- **Endospermo:** Es el centro almidonado de los cereales que le sirve de alimento a las plantas jóvenes en crecimiento y es fuente de las materias fermentables, en el proceso de la cerveza.
- **Enzimas:** Son moléculas de naturaleza proteica, que catalizan reacciones químicas y producen cambios en la composición de las sustancias sobre las que actúan.
- **Estilos de Cerveza:** Son las categorías mediante las cuales se identifican y clasifican las cervezas en base a sus características de apariencia, aroma, sabor y sensación en boca, establecidas mediante un rango aproximado de estadísticas vitales.
- **Lager (Fermentación baja):** Cervezas elaboradas por la fermentación de levaduras de la familia lager, llamadas de esta forma porque las células descienden hasta el fondo del fermentador mientras se encuentran activas. Su rango de trabajo se sitúa entre 8 y 18 °C.
- **Levadura:** Hongo unicelular que transforma el azúcar presente en el mosto en alcohol y dióxido de carbono (CO₂) durante la fermentación, produciendo compuestos adicionales de aroma y sabor como fenoles y esteroides.
- **Maduración:** Período durante el cual las cervezas son almacenadas en un ambiente controlado para una segunda fermentación y permitir el desarrollo adecuado de aromas y sabores. El tiempo de maduración en esta fase suele ir de dos semanas hasta cuatro meses.
- **Malta:** Grano germinado, seco y/o tostado utilizado para elaborar cerveza. Es la fuente de almidones que conformarán el mosto antes de la fermentación. Aunque se puede maltear cualquier cereal, para la cerveza se habla generalmente de malta de cebada.

- **Malteado:** Proceso mediante el cual se activan los azúcares fermentables de un cereal. El grano es hidratado hasta lograr que germine una muy pequeña planta llamada acróspiro, para luego ser secado mediante aire caliente.
- **Maceración:** Proceso mediante el cual se remojan los granos molidos (principalmente cebada) con agua caliente a ciertas temperaturas específicas a fin de activar diversas enzimas de la malta que convertirán los almidones en azúcares más simples, que luego serán fermentadas por las levaduras.
- **Mosto:** El mosto es el líquido resultante del proceso de maceración de los granos malteados y contiene los azúcares necesarios que serán fermentados posteriormente por las levaduras para transformarse en alcohol y CO₂. Su sabor es dulce ya que aún no se ha incorporado el lúpulo en el proceso de ebullición. Glosario Cerveceros: O
- **Pasteurización:** Proceso en el que la cerveza es sometida a temperaturas de entre 60 y 70 °C durante un corto período de tiempo con el objetivo de eliminar los posibles microorganismos que pudieran ser nocivos para su conservación e incrementar su tiempo de vida.
- **Retrogusto:** Es la persistencia de un sabor luego que la cerveza ya está fuera de contacto con las papilas gustativas, como resultado de la interacción con las células específicas de los receptores químicos presentes en ellas.
- **Saccharomyces:** Del griego “σακχαρ-αρος” sákchar, azúcar y “μυκης” mykes, hongo, es el nombre científico del género de la levadura, que incluye muchos tipos diferentes y que forma parte de la familia de los hongos. Se consideran muy importantes en la producción de alimentos, como el *Saccharomyces cerevisiae*, utilizado en la producción de ron, vino, pan y cerveza.
- **Sensación en Boca:** Se trata de un conjunto de características relacionadas a las sensaciones físicas producidas por la cerveza en la boca: cuerpo, nivel de carbonatación, tibieza alcohólica, cremosidad, astringencia y otras sensaciones del paladar.
- **Trasiego:** Cambiar un líquido de una vasija a otra. En la elaboración de cerveza una de las funciones principales que se consigue al cambiar el mosto cervecero de un recipiente a otro es separar el líquido claro de los sedimentos, los cuales quedan depositados por gravedad en el fondo de las vasijas.

Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados de (THE BEER TIMES)

INDICE DE CONTENIDO.

CONTENIDO	No. PAG.
I. RESUMEN.	1
II. INTRODUCCION.	2
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	4
IV. JUSTIFICACION:	6
V. MARCO TEORICO.	8
5.1. Cultivo de maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	8
5.2. Granos sin gluten – maíz.	8
5.3. Origen del maíz.....	9
5.3.1. El termino raza:	9
5.4. La Planta.	10
5.5. Valor nutricional.	11
5.6. El cultivo de maíz en Guatemala.	16
5.7. Sistemas de producción de maíz.	17
5.8. Apicultura:	18
5.9. Producción de miel en Guatemala:	19
5.10. La cerveza.	19
5.11. El fundamento teórico de la fabricación de la bebida fermentada.	20
5.11.1. Materias primas.....	20
5.12. La calidad de la cerveza.	25
5.13. La estabilidad del producto.....	26
5.14. Características de calidad de la cerveza:.....	27
5.15. Sabor de la cerveza.	29
VI. MARCO REFERENCIAL.	33
6.1. Delimitación de campo de estudio.	33
6.2. Localización del área de estudio.	33
VII. OBJETIVOS.	34
7.1. General.....	34
7.2. Específicos.	34

VIII. HIPÓTESIS.....	35
8.1 Hipótesis nula.	35
8.2. Hipótesis alternativa.	35
IX. MATERIALES Y METODOS:.....	36
9.1. Materiales.....	36
9.1.1.Localización de la obtención de materias primas evaluadas.	36
9.1.2. Razas utilizadas en la investigación como material experimental.	37
9.1.3. Equipo y materiales de laboratorio.	39
9.2. Metodología.	39
9.2.1. Formulación para la elaboración de 100 litros de cerveza artesanal	39
9.2.2. Flujo grama de procesos elaboración de cerveza artesanal.	41
9.2.3. Elaboración de cerveza artesanal.....	41
9.2.4. Técnica cuantitativa.....	46
9.2.5. Análisis estadístico.	47
9.2.6. Plan de análisis de los resultados.....	47
X. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	52
10.1. Tabulación, ordenamiento y procesos de la información obtenida.	52
10.2. Resultados del análisis sensorial de las cervezas artesanales	57
XI. CONCLUSIONES	72
XII. RECOMENDACIONES	74
XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	75
XIV. ANEXOS.	77

INDICE DE CUADROS.

Cuadro No. 1. Taxonomía del Maíz.	8
Cuadro No. 2 Valor nutricional del maíz amarillo.	12
Cuadro No. 3. Comparación entre levaduras Ale y Lager.....	23
Cuadro No. 4. Clasificación de la dureza por $CaCO_3$ en el agua.....	25
Cuadro No. 5 Las notas de sabor asociadas con el envejecimiento.	30
Cuadro No. 6 Recursos utilizados para el desarrollo de la investigación.....	36
Cuadro No. 7 Tratamientos evaluados.	39
Cuadro No. 8. Formulación de receta básica.....	40
Cuadro No. 9. Tabulación de datos fisicoquímicos inicio y final de fermentación.	52
Cuadro 1. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo aroma.....	58
Cuadro 2. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo vivacidad.	59
Cuadro 3. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo color.	61
Cuadro 4. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo sabor.	63
Cuadro 5. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo alcohol en boca.....	65
Cuadro 6. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo de retrogusto.....	67
Cuadro 7. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo de aceptación.....	69

INDICE DE FIGURAS.

Figura No. 1. Estructura del grano.	11
Figura No. 2. Estructura de los almidones.....	14
Figura No. 3. Hidrolisis del almidón.	14
Figura No. 4 Tipos de fermentación.....	23
Figura No. 5. Flujo grama de procesos.....	41

INDICE DE GRAFICOS.

Gráfico 1. Comparación del pH Inicial y pH Final	53
Gráfico 2. Biotransformación de azúcares.	54
Gráfico 3. Análisis de la biotransformación.	55
Gráfico 4. Volumen Alcohólico alcanzado.	56
Gráfico 5. Diagrama de barras del atributo aroma, según su comportamiento.	58
Gráfico 6. Diagrama de barras del atributo vivacidad, según su comportamiento.....	60
Gráfico 7. Diagrama de barras del atributo color, según su comportamiento.	62
Gráfico 8. Diagrama de barras del atributo sabor, según su comportamiento.....	64
Gráfico 9. Diagrama de barras del atributo alcohol en boca, según su comportamiento.	66
Gráfico 10. Diagrama de barras del atributo de retrogusto, según su comportamiento.	68
Gráfico 11. Diagrama de barras del atributo de aceptación, según su comportamiento.	70

INDICE DE ILUSTRACIONES.

1. Ilustración; Planta de procesos BARTO.....	33
2. Ilustración: Razas de maíces identificados.....	37
3. Ilustración: Mazorcas raza maíz blanco.	37
4. Ilustración: Mazorca raza maíz amarillo.	38
5. Ilustración: Mazorca raza maíz rojo.	38
6. Ilustración: Mazorca raza de maíz negro.....	38
7. Ilustración; Equipo de laboratorio.	39
8. Ilustración: Malteo del grano de maíz.....	42
9. Ilustración: Proceso de tostado.	42
10. Ilustración: Proceso de molienda del grano.....	43
11. Ilustración: Proceso de maceración.....	43
12. Ilustración: Proceso lavado del grano.....	44
13. Ilustración: Proceso de hervor del mosto.	44
14. Ilustración: Proceso de fermentación.	45
15. Ilustración: Proceso de embotellado y maduración.....	45
16. Ilustración: Toma de datos durante todo el proceso de transformación.	46
17. Ilustración; Distribución de los tratamientos dentro de la planta de procesos.	46
18. ilustración. Capacitación a panel de jueces.	48
19. Ilustración; Conformación del panel evaluador.....	49
20. Ilustración: Formación de los catadores.	50
21. Ilustración: Código de las muestras.....	50

I. RESUMEN.

Mesoamérica es un centro de origen, domesticación y diversidad genética del cultivo de maíz de gran importancia global y regional. Guatemala, en particular, es reconocido por su número de especies y riqueza cultural, y por su gran heterogeneidad ambiental y cultural. La diversidad genética de los parientes silvestres de maíces tiene características resistentes a climas extremos, suelos pobres en nutrientes o altos en sales (tóxicos), y diferentes enfermedades, parásitos y plagas, que son una pieza clave para mejorar la agricultura del futuro.

La evaluación de la cerveza artesanal con adjuntos de maíz y miel nos brinda información donde resaltan los tratamientos T3 (maíz rojo) y T4 (maíz negro), que presentan un aumento en la concentración de los °Brix en los granos de maíz malteados; estos tratamientos con mayor concentración de almidón en el grano de maíz afectan el aumento de alcohol obtenido en el producto final.

En el análisis sensorial, se demostró que tratamiento T3 (maíz rojo) y T4 (maíz negro), obteniendo puntajes más altos en los atributos organolépticos en comparación con los tratamientos T1 (compuesto blanco) y T2 (san marceño amarillo). En el atributo de impresión general (aceptación), se obtiene resultados con diferencias significativas en los tratamientos T4 maíz negro, T3 maíz rojo, T2 maíz amarillo san marceño y T1 maíz compuesto blanco. Los tratamientos T4 y T3 con mayor aceptabilidad para los jueces aceptando la hipótesis alternativa número tres planteadas en la investigación.

Los tratamientos T4 (maíz negro) y T3 (maíz rojo) presentan un potencial para la elaboración de cerveza artesanal, dándole una oportunidad para proteger y conservar materiales genéticos olvidados en nuestros sistemas productivos y aceptarse en la agroindustria alimenticia de las bebidas fermentadas.

Es indispensable difundir la transformación y uso de maíces locales en productos de alta demanda, mejorando los ingresos económicos de las familias campesinas, y fomentar la conservación, recuperación y protección de estos materiales genéticos.

Palabras clave: Recuperación, protección, Transformación, valor agregado, importancia económica.

ABSTRACT.

Mesoamerica is a center of origin, domestication and genetic diversity of maize cultivation of great global and regional importance. Guatemala, in particular, is recognized for its number of species and cultural richness, and for its great environmental and cultural heterogeneity. The genetic diversity of wild relatives of maize has characteristics resistant to extreme climates, soils poor in nutrients or high in salts (toxic), and different diseases, parasites and pests, which are a key to improving agriculture in the future.

The evaluation of craft beer with corn and honey adjuncts provides us with information that highlights the T3 (red corn) and T4 (black corn) treatments, which present an increase in the concentration of °Brix in the malted corn grains; these treatments with a higher concentration of starch in the corn grain affect the increase in alcohol obtained in the final product.

In the sensory analysis, it was demonstrated that treatments T3 (red corn) and T4 (black corn) obtained higher scores in the organoleptic attributes compared to treatments T1 (white composite) and T2 (yellow San Marceño). In the general impression attribute (acceptance), results with significant differences were obtained in the treatments T4 black corn, T3 red corn, T2 yellow San Marceño corn and T1 white composite corn. Treatments T4 and T3 were more acceptable to the judges, accepting alternative hypothesis number three of the research.

Treatments T4 (black corn) and T3 (red corn) present a potential for the elaboration of artisanal beer, giving an opportunity to protect and conserve genetic materials forgotten in our productive systems and to be accepted in the food agroindustry of fermented beverages.

It is essential to disseminate the transformation and use of local corn into high demand products, improving the economic income of farming families, and to promote the conservation, recovery and protection of these genetic materials.

Key words: Recovery, protection, transformation, added value, economic importance.

II. INTRODUCCIÓN.

Mesoamérica como centro de origen, domesticación y diversidad genética del cultivo de maíz de gran importancia global y regional, Guatemala como parte de Mesoamérica es reconocido por su número de especies y riqueza cultural: las tierras altas de la cadena volcánica que atraviesa el país, la región de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Retalhuleu y Suchitepéquez. Siendo esta la región sur-occidente, de gran importancia dentro de la alta heterogeneidad ambiental y cultural, y la dedicación humana que en el pasado y el presente han interactuado con las plantas de su entorno para satisfacer necesidades de alimento, vestido y en rituales, dio origen a cultivos de maíces.

Dado que las razas de maíces cultivadas en el Municipio de San Marcos de forma artesanal las plantas que viven en condiciones naturales continúan evolucionando para adaptarse a su entorno, la diversidad genética de los parientes silvestres de maíces les confiere características que las hacen resistentes a los climas extremos, a suelos pobres en nutrientes o altos en sales, y a diferentes enfermedades, parásitos y plagas, entre otros. Estas características pueden transferirse a los cultivos, por lo que son una pieza clave para mejorar la agricultura del futuro.

Entre los cultivos que con mayor frecuencia han sido mejorados por la transferencia de rasgos adaptativos de sus parientes silvestres están los siguientes: girasol, trigo, **maíz**, por eso es de importancia la protección de razas marginales del cultivo, para la conservación de materiales genéticos ante las invasiones de materiales genéticamente modificados (OGM).

La importancia de la protección y conservación de las razas de maíz son por los principales atributos adaptativos que han sido usados para el mejoramiento de variedades comerciales de cultivos incluyen la resistencia a diversos tipos de estrés, bióticos y abióticos, es necesario el mejoramiento de algún rasgo agronómico. El cultivo de maíz dentro de los granos básicos es indudablemente insustituible en la dieta alimenticia y desde distintos puntos de vista, por tener altas implicaciones en el contexto agro socioeconómico de una gran mayoría de la población, principalmente para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria.

En todos los países de Mesoamérica se debe asegurarse la conservación de los procesos evolutivos que mantienen la diversidad genética de las plantas, que son parientes silvestres de cultivos de importancia e impacto social, como lo es el cultivo del maíz, brindándoles un valor sociocultural y económico a través de la innovación de los productos y subproductos que se obtienen del maíz, que son utilizados tanto por la población rural como urbana, demandados para el consumo humano, animal, transformación industrial y otros usos dentro o fuera de las fincas productoras.

Es por ello que se realizó la evaluación de cuatro razas locales de maíz como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal con miel de abeja, como una estrategia de conservación de las razas locales del maíz, la investigación fue realizada empleando dos métodos para la recopilación de datos; siendo la primera a través del uso de la técnica cuantitativa obteniendo la medición de datos de pH, grados brix y grados de alcohol, al inicio y final de la transformación; la segunda fue analizada a través del análisis estadístico diseñado a través del uso del análisis sensorial mediante la caracterización de la escala no estructurada utilizando el diseño completamente al azar DCA, las variables de respuesta tomadas en cuenta fueron los atributos organolépticos como: aroma, vivacidad, color, sabor, alcohol en boca, retrogusto e impresión general, la unidad experimental se estableció en las instalaciones de la empresa constituida como Bebidas Artesanales de Occidente (BARTO), del Municipio de San Marcos, Departamento de San Marcos.

Los resultados obtenidos demuestran que el uso del maíz como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal son una excelente alternativa según lo demostraron los tratamientos T4 Raza de maíz negro, T3 Raza de maíz rojo; ya que presentaron una mejor aceptación al mismo tiempo que mejores características organolépticas en cuanto a los aspectos de aroma, sabor, vivacidad y retrogusto, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos presentaron una baja variabilidad que no afecta al uso del maíz como adjunto en la elaboración de bebidas fermentadas.

Es importante generar valor agregado a los cultivos de subsistencia para su conservación e interés económico en cuanto a estas razas de menor importancia económica, al ser utilizadas en la elaboración de cerveza artesanal se genera información sobre otros usos agroindustriales del cultivo de maíz y la miel de abeja.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Según el Instituto de ciencia y tecnología agrícola (ICTA), el maíz (*Zea mays L.*) es el grano básico de mayor consumo en Guatemala, la principal forma de consumo es “la tortilla” elaborada en los hogares a partir del grano entero, siendo la base de la comida de la mayoría de las familias guatemaltecas, consumiendo en promedio 114 kg por persona por año (2.5 quintales). (Agrícola I. d., Programa de maíz, 2021).

Uno de los mayores retos que enfrenta la humanidad es lograr una producción agrícola suficiente para satisfacer el consumo básico de una creciente población. El reto es aun de mayor amplitud si se considera que a su vez es necesario mantener la biodiversidad y otros servicios ambientales (polinización) que son imprescindibles para el bienestar social.

Guatemala experimenta altas tasas de crecimiento poblacional y de pérdida de transformación de sus ecosistemas naturales. Es contradictorio que estos cambios en los ecosistemas no hayan tenido un beneficio local directo, sino que se han dado para satisfacer demandas del mercado nacional que han llevado a un incremento en la industrialización agrícola, con la consecuente pérdida de los sistemas agrícolas tradicionales diversificados (sistema milpa). Las estrategias para resolver este reto determinarán en gran medida el grado de conservación de la diversidad biológica de nuestros ecosistemas y el bienestar de sus habitantes. (Naturaleza., 2019)

Los principales factores directos de amenaza son la pérdida y degradación de hábitats (sistemas) que en consecuencia ponen en riesgo de extinción a numerosos parientes silvestres de cultivos especialmente a los cultivos de alta demanda como lo es el maíz, por la expansión de cultivos anuales y perennes, la ganadería y la infraestructura (desarrollo urbano y carreteras), así como plagas nativas, la introducción de especies exóticas invasoras (monocultivos) y la posibilidad del flujo génico con organismos genéticamente modificados y la introgresión de dichos genes.

El proyecto de investigación es brindarles un valor comercial y socioeconómico a las razas de maíz a través de la transformación agro-industrial, por la importancia de la protección y conservación de este recursos vegetal, al mismo tiempo que al consumo local de la miel fortaleciendo la cadena apícola en nuestro municipio, que por ende necesitamos la

innovación agro-industrial de los recursos locales como lo son; la miel y el grano de maíz en productos de gran impacto y valor comercial, a través de la combinación en el uso de ingredientes locales como adjuntos en la elaboración de cerveza artesanal, presentando alternativas de transformación, y divulgación de estas materias primas locales dando respuesta a la pregunta planteada: **¿Habrá algún impacto socio-cultural con el uso de las razas locales de maíz como adjunto? ¿Cuál de las cuatro razas de maíz a evaluar combinará con la elaboración de cerveza artesanal con miel?**

IV. JUSTIFICACION:

Según el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) el rendimiento promedio nacional de maíz es bajo (1.77 t/ha). Este promedio es un indicador de los diferentes factores agro socioeconómicos, culturales y ambientales que influyen en los niveles de producción y productividad del maíz. El Municipio de San Marcos debido a su topografía cuenta con diversidad de climas, gracias a las alturas y los minerales presentes en el suelo, que generan las condiciones perfectas para los cultivares de maíz, teniendo fenotipos con diversidad de caracteres las cuales son fáciles de identificar por su variedad de colores, entre estos se mencionan el maíz de color negro, amarillo, blanco y rojo, domesticados por los agricultores de subsistencia al formar parte de su dieta alimentaria. (Protegidas., 2022)

La alta heterogeneidad de los maíces de la región sur occidente, en especial el Departamento y Municipio de San Marcos, es un indicador de distintas condiciones a las que se han adaptado el cultivo de maíz, lo que brinda oportunidades ante el cambio de especies por cultivos invasores o modificados, para la conservación de rasgos o atributos adaptativos que han sido usados o serán usados, siendo estas pieza clave para mejorar la agricultura del futuro y para el mejoramiento de variedades comerciales.

Es esencial fortalecer las capacidades de nuestros campesinos y sociedad en general tanto a un nivel nacional y regional para que cuenten con material genético representativo de las distintas poblaciones de las razas del cultivo de maíz, lo cual brinda opciones de potencial adaptativo ante las condiciones cambiantes, que contribuyen a la soberanía alimentaria de los las familias guatemaltecas.

La bebida fermentada conocida como cerveza se ha caracterizado por ser un producto de alta aceptación y consumo dentro del mercado global. Según la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) En Guatemala se abre paso las cervecerías artesanales en junio de 2016 con la apertura de cervecería el Príncipe Gris, hoy en día a nivel nacional se tienen 7 marcas que compiten en el mercado nacional de la cerveza artesanal (Bobadilla, 2016), la capacidad de producción y la complejidad de las recetas de cerveza artesanal que básicamente es la diferencia de la cerveza producida en un área industrial tradicionalmente dentro de la cerveza artesanal como objetivo primordial es buscar y aprovechar los ingredientes locales y enaltecer productos de nuestra región como estrategia será a través del

uso de razas locales de maíz y miel de abeja como adjuntos en la elaboración de cerveza artesanal.

Se plantea esta estrategia como una alternativa para la recuperación y conservación de material vegetal de razas de maíces, dada la importancia que tienen estas especies para la región y el país, un esfuerzo que deberá ser constante ante la magnitud de su diversidad genética y biológica de este cultivo.

Lo mencionado anteriormente, son algunos de los factores fundamentales que dieron base para el presente trabajo de investigación, en la cual se buscara analizar sensorialmente y fisicoquímicas las propiedades que puede aportar el uso como adjunto del maíz local en la elaboración de cerveza de modo artesanal con miel de abejas.

V. MARCO TEORICO.

5.1. Cultivo de maíz (*Zea mays L.*)

Según la FAO (1993), el cultivo del maíz tuvo su origen en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta el Canadá y hacia el sur hasta la Argentina. La evidencia más antigua de la existencia del maíz, de unos 7,000 años de antigüedad, ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México), pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América.

Según la FAO (2003), el maíz (*Zea mays L.*), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del Nuevo Mundo porque su centro de origen está en América. (Navarro, 2015)

Cuadro No. 1. Taxonomía del Maíz.

Maíz. Reino	Plantae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i>

Fuente: (Navarro, 2015)

5.2. Granos sin gluten – maíz.

En el mercado se encuentra una amplia gama de granos libres de gluten, algunos de ellos son: mijo, trigo sarraceno, alforfón, amaranto, lino, chía, quínoa, sorgo, arroz y maíz entre otros.

5.3. Origen del maíz.

El maíz (*Zea mays*) es una especie de gramínea anual originaria en el centro de México desde hace unos 10.000 años, e introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz.

El maíz se extendió al resto del mundo, debido a su capacidad de crecer en climas diversos. Las variedades ricas en azúcar, llamadas *maíz dulce* se cultivan generalmente para el consumo humano como granos, mientras que las variedades de maíz de campo se utilizan para la alimentación animal, la elaboración de derivados para alimentación humana (harina, masa, aceite y, mediante fermentación, bebidas alcohólicas como el whisky bourbon) y la obtención de productos químicos como el almidón.

5.3.1. El termino raza en el cultivo de maíz:

Se ha utilizado en el maíz y en las plantas cultivadas para agrupar individuos o poblaciones que comparten características en común, de orden morfológico, ecológico, genético y de historia de cultivo, que permiten diferenciarlas como grupo según: (Anderson y Cutler 1942, Harlan y de Wet 1971, Hernández y Alanís 1970).

Las razas se agrupan a su vez en grupos o complejos raciales, los cuales se asocian a una distribución geográfica y climática más o menos definida y a una historia evolutiva común (Goodman y McK. Bird 1977, McK. Bird y Goodman 1977, Ruíz *et al.* 2008, Sánchez 1989, Sánchez *et al.* 2000).

El concepto y la categoría de raza es de gran utilidad como sistema de referencia rápido para comprender la variación de maíz, para organizar el material en las colecciones de bancos de germoplasma y para su uso en el mejoramiento (McClintock 1981, Wellhausen 1988), así como para describir la diversidad a nivel de paisaje (Perales y Golicher 2011, 2014). Sin embargo, cada raza puede comprender numerosas variantes diferenciadas en formas de mazorca, color y textura de grano, adaptaciones y diversidad genética.

5.4. La Planta.

- **Raíz.**

La planta tiene dos tipos de raíz, las primarias son fibrosas, presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta, sin embargo, por su gran masa de raíces superficiales, es susceptible a la sequía, intolerancia a suelos deficientes en nutrientes, y a caídas de grandes vientos (acame).

- **Tallo.**

El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares.

- **Hojas.**

Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas . Cada mazorca consiste en un tronco u olote que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta.

- **Inflorescencia.**

Es una planta monoica de flores unisexuales; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran bien diferenciadas en la misma planta:

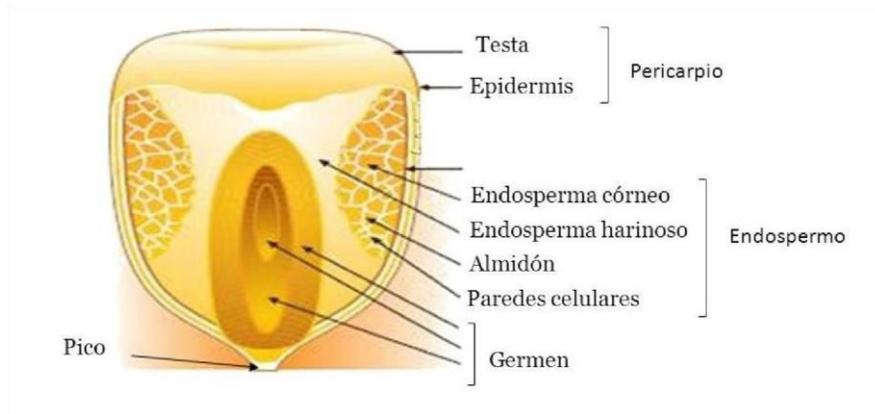
La inflorescencia masculina es terminal y se le conoce como panícula, panoja o espiga, compuesta por un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico y cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen en forma apareada las flores estaminadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen.

Las inflorescencias femeninas, las mazorcas , se localizan en las yemas axilares de las hojas; son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas, las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen.

○ **Grano.**

En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósipide que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca.

Figura No. 1. Estructura del grano.



Fuente: (Drapala, 2018)

5.5. Valor nutricional.

A continuación, se detalla un cuadro de valor nutricional correspondiente al maíz amarillo, semejante al utilizado en el presente proyecto.

Cuadro No. 2 Valor nutricional del maíz amarillo.

NUTRIENTE	UNIDAD	VALOR CADA 100G. DE PARTE COMESTIBLE
AGUA	Gramos (g)	76
CALORÍAS	Kcal	86
PROTEÍNAS	g	3.3
LÍPIDOS TOTALES	g	1.3
CARBOHIDRATOS	g	19
FIBRA	g	2.0
CALCIO	mg	2.0
HIERRO	mg	05
MAGNESIO	mg	37
FÓSFORO	mg	89
POTÁSIO	mg	270
SODIO	mg	15
VITAMINA C	mg	6.8
VITAMINA B6	mg	0.1
VITAMINA A	U.I	187

Fuente: (Drapala, 2018)

- **Carbohidratos**

Los carbohidratos están formados por los siguientes átomos: oxígeno, hidrógeno y carbono. Son solubles en agua debido a la presencia de los siguientes grupos polares, que pueden formar H-enlaces con el agua:

- ✓ Grupo hidroxilo (OH)
- ✓ Grupo aldehído (H-C=O)
- ✓ Grupo cetona (-C=O)

Los carbohidratos se dividen en tres grupos según su complejidad.

- **Monosacáridos.**

Compuestos por un solo azúcar, tales como: glucosa, fructosa, y ribosa. Los nombres de los azúcares terminan con el sufijo -osa, que significa azúcar, los monosacáridos pueden tener 3, 4, 5, 6 o más átomos de carbono en sus estructuras.

- **Disacáridos.**

Son carbohidratos que se forman por la reacción de condensación de dos monosacáridos como se muestra en el siguiente ejemplo:

La condensación es la construcción de grandes moléculas a partir de pequeñas, eliminando el agua.

- **Polisacáridos.**

Son polímeros formados por la reacción de condensación de tres o más monosacáridos (monómeros).

- **Almidón.**

El almidón es un polisacárido que funciona como sustancia de depósito en las células de plantas. Formada por 1000 o más unidades de alfa glucosa unidas por enlaces glicosídicos.

El almidón se encuentra en las células de la planta como estructuras llamadas granos de almidón. Estos, se pueden ver al microscopio en secciones finas de tubérculos de patata teñidos de color oscuro con el yodo. Otros ejemplos de estructuras en plantas que contienen gran cantidad de almidón son los cereales como trigo, arroz y maíz. El almidón se almacena en estas semillas para proporcionar energía para el crecimiento del embrión durante la germinación de semillas.

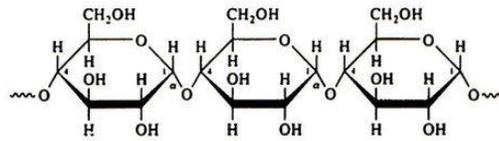
Las moléculas de almidón son de dos tipos: amilosa y amilopectina.

Amilosa: Es el polímero de almidón que se encuentra en forma de espiral. Esta forma de espiral es mantenida por los enlaces de hidrógeno. Constituye el 25% del almidón ordinario.

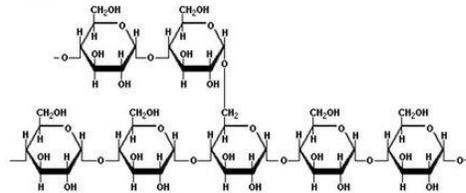
Amilopectina: Es un polisacárido que se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular parecida a la de un árbol: las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 25-30 unidades lineales de glucosa. La amilopectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes.

Figura No. 2. Estructura de los almidones.

AMILOSA



AMILOPECTINA



La amilosa y la amilopectina están formadas a partir de residuos de glucosa. Sin embargo, se diferencian notablemente en su estructura y por tanto, en su capacidad de degradación durante el malteado y la maceración.

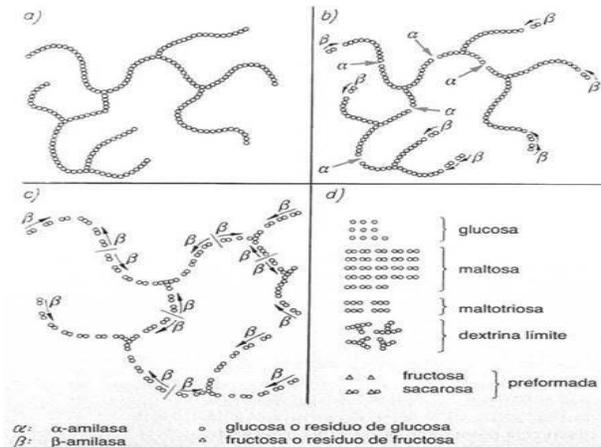
- **Hidrólisis del almidón de forma enzimática**

Las amilasas rompen los enlaces entre los azúcares que constituyen al almidón y finalmente después de su acción deja glucosa libre y maltosa.

Hidrólisis es una reacción que rompe grandes moléculas para pasar a pequeñas, con la adición de agua.

1. **Alfa amilasas:** es una enzima que cataliza la hidrólisis de los enlaces alfa-glucosídicos, de los polisacáridos alfa glucosídicos de alto peso molecular, tales como el almidón, liberando glucosa, maltosa y dextrinas. Se encuentra presente en semillas que contienen almidón como reserva alimenticia. Se activan de 72-75°C.
2. **Beta amilasa:** Actúa desde el extremo no reductor de la cadena, catalizando la hidrólisis del segundo enlace α -1,4, rompiendo dos unidades de glucosa (maltosa) a la vez. La amilasa presente en el grano de cereal es la responsable de la producción de malta. Muchos microorganismos también producen amilasa para degradar el almidón extracelular. La temperatura óptima es de 62-65°C.

Figura No. 3. Hidrolisis del almidón.



3. **Enzimas Proteolíticas:** Hay dos grupos de enzimas proteolíticas que son importantes en el proceso de fabricación de cerveza, las proteinasas o proteasas y las peptidasas. Las proteasas fragmentan las grandes moléculas de proteínas en cadenas de aminoácidos más pequeñas, que fomentan la retención de espuma y reducen la turbidez. Las peptidasas liberan aminoácidos individuales de los extremos de las proteínas, que sirven de alimento a las levaduras. La mayoría de las proteínas del mosto no son solubles hasta que alcanza el rango de temperatura de 45° a 55° C. El rango ideal de pH es un poco inferior al normal del macerado de 5.2 a 5.8, pero en este intervalo funcionan bastante bien, por lo que no deberías tomarte molestias para reducir el pH.

Un malteado más largo permite a las enzimas proteolíticas degradar las proteínas de la malta hasta un cierto punto.

Hay otras enzimas proteolíticas, conocidas como beta-glucanasas. Lo que hacen es degradar los beta-glucanos presentes en la cáscara del grano. Éstos pueden provocar problemas generando un mosto viscoso y denso si no se degradan. Cuando se utiliza más de un 25% de granos sin maltear en un escalón entre 37° y 45° C, que está por debajo del escalón de proteínas, durante 20 minutos, para romper los beta-glucanos sin afectar a las proteínas que contribuyen al cuerpo y la retención de espuma.

- **Celulosa.**

El 5 a 6% de celulosa se encuentra exclusivamente en la cáscara y actúa como sustancia estructural. La celulosa está formada por largas cadenas, sin ramificaciones, de residuos de B-glucosa en enlace 1,4. Sin embargo, la celulosa es insoluble y no es degradable por las enzimas de la malta. Por ello, la celulosa carece de influencia sobre la calidad de la cerveza. Los enlaces 1,4 (también 1,6 ó 1,3) mencionados repetidamente se refieren al enlace de los átomos de carbono entre las moléculas de glucosa. Para ello, se agrega una cifra a los átomos de carbono en las fórmulas estructurales mostradas. Debe tenerse en cuenta que las estructuras están, en la realidad, ordenadas espacialmente y los enlaces están ordenados de manera diferente, con ángulos dados de forma natural. Las denominaciones a y b se refieren a las diferentes posiciones de los grupos H y OH en el átomo C1, respectivamente. Los enlaces a y b se comportan de forma totalmente diferente (amilosa - enlace *a*; celulosa - enlace B). (Drapala, 2018)

5.6. El cultivo de maíz en Guatemala.

Es uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental. A nivel mundial se siembra en latitudes desde los 55° N a 40° S y del nivel del mar hasta 3800 m de altitud. El cultivo del maíz tiene una amplia distribución a través de diferentes zonas ecológicas de Guatemala. La distribución del cultivo está en función de la adaptación, condiciones climáticas (precipitación, altitud sobre el nivel del mar, temperatura, humedad relativa), tipo de suelo.

La producción de granos básicos en 1996, generó una producción de aproximadamente 1'992'850 tm. Esta producción involucra principalmente al maíz blanco: 83.1%, maíz amarillo: 0.8%, frijol negro: 10%, arroz: 2.6% y sorgo: 3.6% (MAGA/UPIE, 1999b), valorada en unos 3'857 millones de quetzales^{1/} (MAGA 1998), que representan aproximadamente el 10% del valor de toda la producción agrícola observada para ese año. Del cultivo de estos granos básicos se derivaron unos 62'300 millones de jornales equivalentes a 222'600 empleos plenos para el mismo año (MAGA, 1999).

En Guatemala, de manera general el cultivo de maíz se concentra en la zona del altiplano y zonas de la costa sur-occidental y nor-oriental. Este cultivo se observa entre altitudes de 0- 3000 msnm.

5.7. Sistemas de producción de maíz.

La producción nacional de maíz se realiza a través de diferentes sistemas de producción que involucra épocas de siembra y sistemas de siembra que incluye la práctica de asociar e intercalar con otros cultivos. En relación a la época de siembra, esta varía dependiendo de la altitud de ubicación de la localidad. A nivel nacional el mayor porcentaje de siembra (>80%) se realiza bajo condiciones de temporal y varían según la ubicación de la localidad referente a la altitud sobre el nivel del mar. Generalmente estas siembras se realizan en función del período de lluvia y otras localidades como el Altiplano, las siembras dependen de la humedad residual observada en el suelo.

Las zonas maiceras que se encuentren ubicadas abajo de los 1400 msnm realizan siembras entre mayo y junio. Las siembras de segunda se realizan en septiembre. Bajo condiciones el Altiplano (>1500 msnm) se observan diferentes épocas de siembra. En promedio las siembras de primera se realizan entre marzo-abril y siembras de segunda entre abril-mayo. Las siembras bajo condiciones de riego se observan principalmente en la zona del Trópico Bajo y se pueden realizar en cualquier época del año.

Los métodos de siembra varían según la zona de cultivo. Para la zona del Trópico Bajo, las siembras se realizan principalmente bajo el sistema de chuzo y sistema mecanizado. En ambos sistemas los niveles tecnológicos pueden variar significativamente, dependiendo de la disponibilidad económica de los agricultores. Para condiciones del Altiplano en su mayoría se realiza por medio de siembras manuales y un bajo porcentaje con siembras mecanizadas. (Instituto De Ciencia Y Tecnologías Agrícolas, 2002)

5.8. Apicultura:

La Apicultura es una rama de la zootecnia es una actividad dedicada a la crianza de las ABEJAS y a prestarles los cuidados necesarios con el objeto de obtener y consumir los productos que son capaces de elaborar y recolectar. Genera una gran fuente de riqueza por los múltiples beneficios que se pueden obtener de la explotación artesanal o industrial. La miel es el producto principal, con la apicultura también se puede producir polen, cera, jalea real, propóleos y veneno de abejas, y se pueden obtener ingresos adicionales con la venta de núcleos, colmenas, reinas y alquiler de colmenas para polinización,

- Ventajas de la apicultura.

1. No requiere de mucha inversión inicial.
2. Las colmenas se instalan en lugares no aptas para la agricultura.
3. No requiere tiempo especial.
4. Pueden dedicarse a ella tanto hombres como mujeres.
5. La miel puede almacenarse indefinidamente.
6. Contribuye a la economía familiar.
7. La polinización aumenta la producción agrícola en un 30%

- Productos de la colmena.

Los productos que se obtienen de la colmena se dividen en primarios y Secundarios.

Entre los primarios tenemos:

- Miel.
- Polen.
- Cera.
- Jalea Real.
- Propóleos.

Entre los secundarios:

- Núcleo.
- Reina.
- Servicio de polinización.

5.9. Producción de miel en Guatemala:

La apicultura es una actividad que representa una gran fuente de riqueza por los múltiples beneficios, en Guatemala la actividad apícola se concentra en el suroccidente del país siendo San Marcos uno de los siete departamentos que aportan el 65% de la producción a nivel nacional, el manejo y grado de explotación es artesanal y en algunos casos industrial en la obtención de miel como producto principal, con la apicultura también se puede producir polen, cera, jalea real, propóleos, veneno de abejas y la polinización.

La explotación de las abejas despierta el interés del hombre desde la antigüedad, por lo que además es una actividad que contribuye a mejorar los ingresos de las personas a nivel familiar generado un desarrollo social y contribución ambiental directamente con el rol fundamental de la polinización que realiza este magnífico insecto.

Según MAGA en Guatemala, la producción de miel se concentra en el suroccidente del país, en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango y Quiché, Se estima que alrededor del 65% de la producción nacional proviene de esta zona. (MAGA, 2013).

El consumo de miel per cápita en Guatemala es de menos de 0.1 Kg. El MAGA estima un consumo de entre 0.019 a 0.05 Kg/persona/año, muy bajo en comparación con. 1.5 Kg en Suiza, La mayor parte de la miel guatemalteca se exporta. (Silva, 2016)

5.10. La cerveza.

Definición de Cerveza (según el Código Alimentario Argentino), CAPÍTULO XIII - Art. 1080: Se entiende exclusivamente por cerveza la bebida resultante de fermentar, mediante levadura cervecera, al mosto de cebada malteada o de extracto de malta, sometido previamente a un proceso de cocción, adicionado de lúpulo. Una parte de la cebada malteada o de extracto de malta podrá ser reemplazada por adjuntos cerveceros. La cerveza negra podrá ser azucarada. La cerveza podrá ser adicionada de colorantes, saborizantes y aromatizantes. (Drapala, 2018)

Según la comisión guatemalteca de normas (COGUANOR NGO) 33 006 es la bebida alcohólica fermentada obtenida por la fermentación con levadura cervecera de un mosto preparado con agua potable, malta de cebada y adjuntos, con el agregado de lúpulo o sus extractos naturales. (Comisión Guatemalteca de Normas)

5.11. El fundamento teórico de la fabricación de la bebida fermentada.

5.11.1. Materias primas.

La materia prima fundamental para la fermentación es la malta, ya que proporciona sustratos y enzimas apropiados para obtener un extracto soluble o mosto. La malta debe proporcionar este extracto fácilmente y de forma barata; también debe proporcionar cascarilla, que forma un eficaz lecho filtrante para la clarificación del mosto. El almidón es el más valioso constituyente de la malta. Cuanto más almidón exista en el grano, más extracto total se puede esperar en la malta. Las enzimas más importantes en el malteado y en la elaboración de cerveza son las amilasas α y β . Los productos de la α amilasa son fundamentalmente carbohidratos complejos denominados dextrinas, ramificadas y lineales. La β amilasa libera también dextrinas ramificadas, pero su principal producto es la maltosa. A la α amilasa se la denomina con frecuencia, enzima dextrinizante y a la β amilasa enzima sacarificante.

Para el fabricante de cerveza, la maltosa es un azúcar fácilmente fermentable y el principal constituyente del mosto. La β amilasa se encuentra ya en la cebada antes de su germinación, aunque gran parte de ella es inactiva. Por el contrario, la amilasa se sintetiza cuando comienza la germinación, desencadenada por acción de las giberelinas.

- **Lúpulo.**

El lúpulo (*Humulus lupulus*) es una planta trepadora dioica, de usos múltiples, pertenece a la familia de los *Cannabaceaes*, pariente cercano del cáñamo, guarda cierto parecido con este y sus tallos se usan en la fabricación de fibras textiles. El lúpulo es también usado en medicina. La industria cervecera elevó la producción de esta planta a nivel industrial, pues el hombre eligió al lúpulo entre todas las otras hierbas con las que experimentó en la historia de sus cervezas, por sus extraordinarias

capacidades aromáticas, saborizantes y antisépticas, ya que el uso del lúpulo en el mosto, previene las infecciones indeseables en el estado inicial de la fermentación.

La sustancia que produce el sabor amargo es la lupulina. Esta se localiza en unas pequeñas glándulas ubicadas en la base de los pétalos de la flor. Además, el lúpulo es rico en aceites esenciales que dan el perfume o aroma característico a una cerveza bien elaborada y lupulada con generosidad, en la que se han utilizado cultivares finos o nobles. La industria del lúpulo ha logrado presentar el producto en cuatro clases, que van desde la flor entera, pasando por la flor pulverizada y peletizada, hasta llegar al lúpulo en pasta y los aceites destilados de la flor. El lúpulo peletizado conserva en altos porcentajes el aroma, sabor y en general la calidad estable del producto. (Drapala, 2018)

- **Levadura de cerveza.**

Las levaduras son organismos vivos unicelulares que pertenecen al reino de los hongos. Se alimentan de los azúcares provenientes de la malta, transformándolos en alcohol y CO₂ (gas) durante un proceso llamado fermentación que se realiza en ausencia de oxígeno. (Drapala, 2018)

Según Ward, como levadura de cerveza se utilizan exclusivamente especies de *Saccharomyces*. Se distinguen las levaduras de fermentación alta, que actúan a temperaturas mayores a 10 °C, y las de fermentación baja, que pueden utilizarse hasta 0 °C. Las levaduras de fermentación alta, que permanecen largo tiempo suspendidas como “levaduras en polvo” y proporcionan un alto grado de fermentación, como por ejemplo *Saccharomyces cerevisiae* Hansen, se depositan en el curso de la fermentación en el fondo y fermentan por completo la rafinosa, además de la mayoría de los demás azúcares. La levadura es un microorganismo unicelular que está involucrado en los procesos de transformación del mosto azucarado hasta la cerveza terminada. Es la que realmente “fabrica” la cerveza, siguiendo los parámetros que el maestro cervecero le imponga.

Así se consigue que la “hacedora de alcohol” produzca también otros subproductos que contribuyen a darle características especiales de aroma y sabor a una buena cerveza. El trabajo de la levadura es netamente fisiológico: las levaduras para su reproducción emplean todos los nutrientes disueltos en el mosto cervecero.

Al metabolizar la glucosa, la levadura desprende sus desechos del proceso que no son otra cosa que el gas carbónico y el alcohol, presentes en toda cerveza. Pero la levadura también está involucrada en el proceso de maduración que se traduce en la pérdida de ciertos sabores indeseables a cambio de otros que un maestro cervecero busca en su producto. (Bobadilla, 2016)

Hay dos principales grupos de levaduras utilizados durante la fermentación.

○ Levadura tipo ale:

Son de fermentación alta, esto quiere decir que, en las ales, el proceso de fermentación ocurre en la superficie del líquido.

La levadura que lleva a cabo el proceso de fermentación flota en la superficie del líquido durante varios días antes de descender al fondo. Para esto se usa principalmente levadura del tipo *Saccharomyces cerevisiae*.

Fermentan rápidamente a temperaturas entre 15 y 25 °C.

▪ *Saccharomyces cerevisiae*:

(Saccharo: azúcar, myces: hongo y *cerevisiae*: cerveza), Es un hongo unicelular, utilizado industrialmente en la fabricación de pan, cerveza y vino. En su ciclo de vida alternan dos formas, una haploide y otra diploide. Ambas formas se reproducen de forma asexual por gemación.

En condiciones muy determinadas la forma diploide es capaz de reproducirse sexualmente. En estos casos se produce la meiosis en la célula formándose un asca que contiene cuatro ascosporas haploides, es un sistema eucariota, con un rápido crecimiento, dispersión de las células y facilidad con que se replican cultivos y aíslan mutantes.

○ Tipo lager:

Lager es caracterizada por fermentar en condiciones más lentas. Son conocidas como levaduras de fermentación baja. La fermentación transcurre en el fondo de la cuba. Los ejemplos más populares de cerveza de tipo lager son los pale lagers o pilsners, conocidas también como largers.

Para esto se usa principalmente levadura del tipo *Saccharomyces carlsbergensis*, que fermentan rápidamente a temperaturas entre 15 y 25 °C.

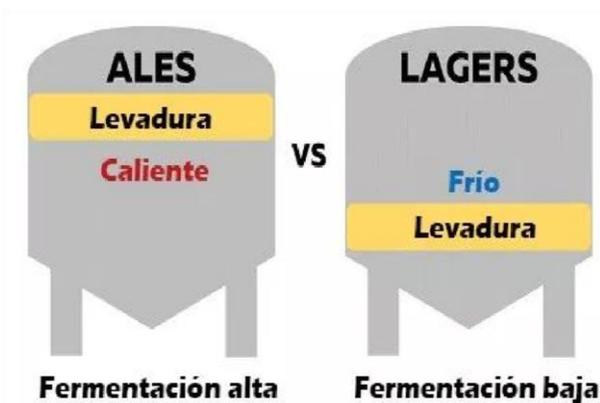
▪ **Saccharomyces carlsbergensis:**

Descubierto y empleado por la gran industria danesa de cerveza denominada Carlsberg, hoy en día se emplea esta levadura en la investigación de ciertos procesos de la glucólisis. (Drapala, 2018)

Cuadro No. 3. **Comparación entre levaduras Ale y Lager**

ALE	LAGER
Alta fermentación: las levaduras actúan en la parte alta del fermentador	Baja fermentación: las levaduras actúan en la parte baja del fermentador
Operan en temperaturas altas: entre los 18 y los 25 grados centígrados	Operan en temperaturas más bajas: entre los 8 y los 15 grados centígrados
Rápida: Días	Lenta: Semanas
Sabor más intenso; ésteres afrutados	Sabor más ligero; más fáciles de beber

Figura No. 4 Tipos de fermentación.



Fuente: (Drapala, 2018)

- **Agua.**

El agua forma parte del 95% de la composición de una cerveza y conocer determinados parámetros físico-químicos del agua utilizada, es determinante para el proceso de elaboración y resultado final de esta bebida (espuma, sabor, transparencia).

El agua debe ser potable y libre de cloro (desionizada). Para elaborar los distintos estilos es necesario que el agua tenga las mismas características que el agua de la ciudad de donde procede el estilo de cerveza. Por ejemplo, Ale estilo Burton on Trend usa agua rica en sulfatos y Pilsen estilo Checo, utiliza agua con niveles de carbonatos por encima de lo normal.

Composición del agua y su influencia en la cerveza:

- **Dureza del agua:**

Es el principal parámetro que debe de mirar un cervecero. En general se puede decir que las aguas blandas son ideales para cervezas claras y las aguas duras para cervezas oscuras.

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como "dura" tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua "blanda" las contiene en muy poca cantidad.

- **Unidades de dureza:**

Partes por millón (ppm): 1 grado equivale a 1 mg de CaCO_3 (carbonato de calcio) por litro de agua.

- **Clasificación de dureza en el agua:**

La OMS clasifica la dureza del agua por medio de la concentración de CaCO_3 , la cual se agrupa por intervalos de la siguiente manera:

Cuadro No. 4. Clasificación de la dureza por $CaCO_3$ en el agua.

Nivel de dureza (mg/l)	Clasificación
0-17	Agua blanda
17-60	Agua ligeramente dura
60-120	Agua moderadamente dura
120-180	Agua dura
>180	Agua muy dura

Fuente. Según OMS.

○ **pH del agua en la elaboración de la cerveza.**

El pH del agua suele estar en torno a 7, el cual disminuye en el proceso del macerado a 5,2 - 5,6. Esto se debe a que los iones Ca^{+2} reaccionan con los fosfatos presentes en la cebada malteada acidificando la papilla. Nos interesa tener un pH ligeramente ácido en la papilla, en torno a 5,3, donde las enzimas amilasas producen los mejores rendimientos para extraer la máxima cantidad de azúcares.

Hay que tener en cuenta que las maltas oscuras tienen más capacidad de acidificar el macerado que las pálidas, es por ello que las aguas duras (con niveles altos de bicarbonato que dificultan la acidificación) se utilizan para cervezas oscuras, para contrarrestar este efecto y conseguir un pH óptimo de maceración y al contrario.

Si el pH del macerado no se encuentra en el intervalo adecuado tenemos la posibilidad de rectificarlo químicamente:

Para reducir el pH se puede utilizar sulfato de calcio ($CaSO_4$) o añadiendo ácido láctico, para aumentar el pH se puede utilizar carbonato cálcico ($CaCO_3$) (Drapala, 2018))

5.12. La calidad de la cerveza.

Se mide conforme a un complejo conjunto de características sensoriales que incluyen apariencia, aroma, sabor y cuerpo. Estos indicadores de la calidad de la cerveza construyen un perfil sensorial específico de su marca y es lo que los consumidores de cerveza artesanal esperan y llegan a disfrutar de su cervecería.

La cerveza es un producto delicado y perecedero; y en la mayoría de los casos se encuentra en su mejor momento antes de salir de la cervecería. Eso significa que desde el minuto en que sale de la cervecería, aumentan las probabilidades de que su calidad disminuya. Y entre más lejos viaje de la cervecería, se torna más difícil conservar esa calidad

5.13. La estabilidad del producto

Generalmente puede dividirse en tres categorías: la estabilidad física, que afecta principalmente la claridad; la estabilidad microbiológica, generalmente afectada por descomposición o contaminación; y la estabilidad del sabor.

Preservar la estabilidad del sabor suele convertirse en un problema a lo largo del tiempo de traslado, distribución y servido.

- **Estabilidad física: Turbiedad y precipitados.**

A lo largo del tiempo, la cerveza clarificada (filtrada o refinada) en el comercio puede mostrar precipitados ligeros o geles coloidales conforme las proteínas y otros compuestos se coagulan. Las cervezas sin filtrar o con un alto contenido de lúpulo podrían ser naturalmente turbias.

Sin embargo, en caso de que cervezas con estilos más ligeros, como las Pilsen, sean claras durante su empaclado, pero envejezcan durante mucho tiempo, algunas veces exhibirán los geles y precipitados mencionados anteriormente. Esto suele estar acompañado de sabores oxidados y notas rancias, como se describe a continuación. Los consumidores pueden ver a la turbiedad como un problema de calidad en los estilos de cerveza tradicionalmente claros.

Las “fechas de elaboración” o “fechas de caducidad” en realidad fueron establecidas por las cervecerías principales en respuesta a problemas relacionados con la turbiedad. En la actualidad, el deterioro del sabor probablemente sea notado por los consumidores antes de que aparezcan brumas y precipitados potencialmente antiestéticos, pero este “factor de calidad” no debe ser pasado por alto en la cadena de distribución.

- **Estabilidad microbiológica.**

La contaminación microbiológica causada por levaduras silvestres, mohos y una amplia variedad de especies bacterianas silvestres puede ocasionar sabores indeseables (aroma y gusto), agriando la cerveza, causando un exceso de efervescencia en la cerveza,

borbotones (erupción violenta de la cerveza hacia fuera de las botellas), grave turbiedad y geles/partículas (“basura” y biopelículas) en la cerveza. Las bacterias que podrían afectar a la cerveza en el comercio y sus asociadas notas de sabor se detallan en las secciones de Extracción de cerveza del barril. La cerveza provee una buena fuente de nutrientes para muchos organismos (afortunadamente no patógenos, pero aun así indeseables).

- **Estabilidad del sabor.**

Entonces el cervecero controla ante todo y en gran medida los asuntos de estabilidad física y microbiológica de varias maneras; aún sí se nota y enfatiza que las cosas pueden salir mal en el comercio si la cerveza no es manejada correctamente. Las cuestiones de sabor, sin embargo, son las más importantes para el presente análisis, por lo que enseguida consideraremos las propiedades generales del sabor de la cerveza a fin de comprender mejor la percepción de su calidad.

5.14. Características de calidad de la cerveza:

- **Una breve descripción de la percepción sensorial**

A grandes rasgos, la cerveza se degusta con todos los sentidos: el gusto, incluyendo sabor y aroma; la apariencia, incluyendo color, claridad, efervescencia (y las sensaciones táctiles que resultan) y espuma (la apariencia, elevación y liberación de las burbujas de gas); y la estabilidad, cubriendo nuevamente la claridad (ausencia de turbiedad causada por mecanismos físicos o contaminación microbiana) y la estabilidad de la espuma (de larga duración y con buena adherencia).

- **Percepción:**

Una serie de factores afectan la percepción y recepción general de la cerveza. Dicha información debe ser comprendida por quienes sirven cerveza a los consumidores interesados en la calidad.

- **Color y claridad de la cerveza**

Estos son la primera impresión. Como dice el dicho, “Los consumidores beben primero por los ojos”. El color algunas veces implica intensidad (frecuentemente equivocada) pero define muchos estilos y expectativas. Algunas cervezas pueden ser turbias por diseño como las cervezas de trigo, algunas cervezas acondicionadas en botella si el sedimento de levadura

se perturba y, ocasionalmente, las cervezas con alto contenido de lúpulo en seco “Dry hopping”. Otras cervezas se espera que sean cristalinas.

- **Espuma de la cerveza (o cabeza)**

La mayoría de los consumidores esperan que la cerveza tenga una espuma atractiva y abundante (o como mousse) que dure un buen tiempo y que decore y se adhiera a las paredes del vaso. La espuma atrapa los sabores volátiles para que no escapen pronto a la atmósfera, enaltecendo la percepción global del sabor. La manera correcta de verter/servir la cerveza, así como el uso de vasos adecuados y limpios ayudará a fomentar las características correctas de la espuma y finalmente. La óptima percepción sensorial de la cerveza.

- **Aroma de la cerveza.**

Los aromas se definen por proceso, materia prima, integridad de la cerveza y estilo. La manipulación brusca durante la distribución de la cerveza o la suciedad en líneas de servido pueden conducir a aromas anormales. La temperatura correcta al servir, el tipo de vaso correcto y el nivel de carbonatación en conjunto afectan la volatilidad, la liberación del aroma y la percepción de la cerveza.

- **Carbonatación de la cerveza.**

El nivel correcto de gas en la cerveza es importante. El dióxido de carbono es el gas más comúnmente utilizado, aunque mezclas de dióxido de carbono/ nitrógeno se utilizan para algunos estilos y podrían alterar las sensaciones táctiles, la volatilidad/ liberación de los componentes de sabor y la percepción visual. El nitrógeno ayuda a suavizar el sabor de la cerveza.

- **Cuerpo y balance.**

La cerveza produce sensaciones al contacto con la boca, las cuales se describen como; delgada/acuosa, recubriendo totalmente la boca, sensación de calor (notas de alcohol) y sensaciones gaseosas o de “hormigueo” por la efervescencia. A esto también se asocia la percepción visual de las burbujas de efervescencia en la cerveza. El balance de sabor también incluye las notas dulces/maltosas y la sequedad/amargura del lúpulo. Estas cualidades varían considerablemente conforme al estilo.

- **Grado alcohólico y/o porcentaje de volumen alcohólico.**

La graduación alcohólica o grado alcohólico volumétrico de una bebida alcohólica es el número de unidades de volumen de alcohol (etanol) contenidos en 100 unidades de volumen del producto, medidos a la temperatura de 20 °C. Se trata de una medida de concentración porcentual en volumen.

A cada unidad de porcentaje de alcohol en el volumen total le corresponde un grado de graduación alcohólica. Así, se habla de un vino con una graduación de 13,5° cuando tiene un 13,5 % de alcohol, o sea, 135 ml de etanol por litro.

En las etiquetas de las bebidas alcohólicas, el grado alcohólico volumétrico se indica mediante la palabra «alcohol» o la abreviatura «alc.» seguida del símbolo «% vol.». En la etiqueta del ejemplo anterior la inscripción sería: "alc. 13,5 % vol. "

5.15. Sabor de la cerveza.

El sabor de la cerveza es una combinación de sus componentes; una interacción de ingredientes individuales que trabajan en conjunto para formar la impresión de sabor global. Los consumidores, como se indicó previamente, esperan que una cerveza específica tenga un sabor consistente: esto es, debe ser “fiel al tipo” o “fiel a la marca”. El enfoque para comprender cómo manejar la cerveza en el comercio ahora será, por lo tanto, basado en los sabores indeseables que pueden surgir en la cerveza. Ejemplos de esto pueden incluir notas o sensaciones amargas o resbalosas, grasosas o mantecosas, que emergen debido a la contaminación de las tuberías de la cerveza, así como notas a papel o rancias debidas al envejecimiento o a la oxidación. Hay muchas características y propiedades de la cerveza que pueden ser controladas para minimizar el deterioro de la calidad general. Comprendiendo el sabor y envejecimiento de la cerveza:

- **Cambios en el sabor.**

El sabor de la cerveza es un equilibrio extremadamente complejo de más de mil compuestos distintos. Muchos están presentes a niveles debajo o justo en el umbral sensorial (el punto en el que podemos detectarlos). Sin embargo, por medio de complejas reacciones durante el envejecimiento, ciertos compuestos presentes que imparten algunos sabores a la cerveza pueden cambiar químicamente; nuevas notas de sabor pueden ser generadas, causando numerosos defectos en el sabor o sabores indeseables en la cerveza. Son estas notas

de sabor las que deben ser monitoreadas y gestionadas por medio de un cuidadoso control a lo largo de su distribución, durante su almacenamiento y durante su servido en el bar al consumidor.

Las notas de sabor asociadas con el envejecimiento, en su mayoría son consideradas “sabores indeseables” pero otras reacciones y condiciones pueden ocasionar cambios en otros compuestos que imparten sabor disminuyendo el “sabor fresco” o de otra manera perjudicial para el sabor de la cerveza.

Cuadro No. 5 Las notas de sabor asociadas con el envejecimiento.

Nota de Sabor	Descriptor	Notas
Acetaldehído	Manzanas verdes, manzanas magulladas, parecido al pasto, Pintura de látex.	Asociado con la cerveza demasiado “verde”, también es un indicador de Oxidación en la cerveza muy vieja. También es característico de una infección bacteriana (Zymomonas, Acetobacteria, Gluconobacter)
Ácido Caproico	Rancio, desabrido, parecido a cabras, Queso y sebo.	Producido conforme envejece La cerveza. Asociado con la descomposición de los ácidos grasos.
Orina de gato, Ribes	Orina de gato o planta de tomate (hojas), hojas de grosella negra.	Algunas veces es notable, una nota distintiva a orina de gato en la cerveza vieja y oxidada. A menudo no es un gran problema de sabor una vez que se ha sobrepasado la percepción inicial del aroma. Algunas variedades más nuevas de lúpulo pueden transmitir esta nota (junto con las notas parecidas a la cebolla con toques de ajo).

<p>Diacetilo - mencionado aquí como un Sabor de envejecimiento con base en la conversión por calor de precursores.</p>	<p>Mantequilla, caramelo: aceitoso en El paladar.</p>	<p>Aceptable a cierto grado en las ales inglesas, pero es objeto de análisis importante como componente Indeseable de los alimentos. Podría surgir de precursores restantes en la cerveza terminada en caso de que la cerveza se someta a altas temperaturas en contacto con el oxígeno.</p>
<p>DMS (Sulfato de Dimetilo) - posiblemente podría disminuir con el tiempo al reaccionar con otros, como feniletanol (un sabor parecido a las rosas)</p>	<p>Maíz cocido, sopa de verduras, jugo de tomate, ostiones y el mar (brisa) (estos matices surgen en la percepción global del sabor, Conforme aumenta la concentración).</p>	<p>Podría ser producido a causa de un tiempo insuficiente de hervido, exceso de oxígeno/pasteurización o de la descomposición bacteriana. No es un sabor de envejecimiento típico pero disminuye en intensidad en las lager a lo largo del tiempo.</p>
<p>Miel</p>	<p>Miel de trébol, notas dulces</p>	<p>Oxidación de cerveza lager.</p>
<p>Con sabor a carne, consomé, SPAM o Paté (Cervezas fuertes con presencia de levadura)</p>	<p>Notas saladas, parecidas al GMS (glutamato mono sódico), salsa de Soya.</p>	<p>Producto de la autólisis de la levadura un componente de los vinos de cebada, pero también un problema potencial con cualquier cerveza acondicionada en botellas o barricas.</p>
<p>Cerveza más vieja (deteriorada), con sabor a pan. Ver "Oxidación" - estas son cuestiones complejas, pero las notas rancias son distintas (parecen más cocidas) que la sequedad similar al papel/cartón de la oxidación "real". Derivada de la química compleja que tiene lugar durante el malteado, la elaboración y el envejecimiento.</p>	<p>Sabores oxidados, cocidos, como a pan tostado viejo.</p>	<p>Presente en la cerveza sometida a altas temperaturas. Las cervezas pasteurizadas también pueden presentar estas notas de sabor. Los factores del tiempo y la edad también interactúan.</p>

<p>Parecido al papel, oxidado. Como se mencionó arriba en “cerveza más vieja”, estas notas son distintas y emergen a través de mecanismos distintos a las reacciones “típicas” del deterioro inducido por calor.</p>	<p>Parecidas al papel, cartón mojado, lápiz labial, ácidos grasos.</p>	<p>Puede ser causado por altos niveles de oxígeno, especialmente durante el empaquetado (excepto si los gases de desplazamiento son dióxido de carbono, nitrógeno o una combinación).</p>
<p>Aroma a zorrillo (azorrillado), golpeado por la luz</p>	<p>Notas sulfurosas parecidas al aroma del zorrillo (azorrillado).</p>	<p>Ácidos del lúpulo (compuestos amargos) reaccionan con los compuestos de azufre en presencia de la luz (del sol y lámparas fluorescentes). El vidrio de color marrón ofrece un poco de protección; la cerveza envasada en vidrio verde o transparente es particularmente susceptible. La cerveza envasada en vidrio no debería ser expuesta a la luz brillante, como en los anaqueles de una tienda. Se recomienda conservar en las cajas de empaque, etc., en la oscuridad y a la menor temperatura posible</p>
<p>Lúpulo rancio, ácido isovalérico</p>	<p>Parecido al queso (asiago), calcetines Sudados.</p>	<p>Debido al uso de lúpulo viejo o Posiblemente al envejecimiento de cervezas con alto contenido de lúpulo.</p>
<p>Azufre</p>	<p>Huevos podridos, huevos cocidos, solución permanente para el cabello.</p>	<p>Posiblemente emerge de la fermentación secundaria en cervezas acondicionadas en la botella. La levadura de la lager produce más azufre que la levadura del ale. Las infecciones bacterianas de la cerveza por Pectinatus o Megasphaera también pueden producir notas de azufre.</p>

Fuente: (Brewers Association & Shutterstock, 2003)

VI. MARCO REFERENCIAL.

6.1. Delimitación de campo de estudio.

La evaluación se redujo al campo de la industria alimenticia, ya que consistió en la elaboración de una bebida fermentada como es la cerveza artesanal. Esta evaluación busca darle un valor agregado al maíz local de San Marcos y de la zona occidente de Guatemala, al mismo tiempo que la producción de miel, en el mismo campo de alimentos, ya que son materias primas producidas y cosechados localmente en su mayoría, dirigidas al consumo propio de los hogares, en especial en esta región del país, donde existe mayor diversidad del grano.

6.2. Localización del área de estudio.

El proceso de elaboración artesanal de cerveza con adjuntos de maíz y miel se realizó dentro de las instalaciones de la empresa local identificada como Bebidas Artesanales de occidente, San Marcos (BARTO) que cuenta con una planta de procesos alimenticios en Aldea San José Caben, del Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, cumpliendo las condiciones necesarias al ejecutar la investigación dentro del Municipio de San Marcos, así mismo el análisis fisicoquímico de la investigación se realizó dentro de las mismas instalaciones de la empresa, en las instalaciones del Centro Universitario de San Marcos, específicamente en el laboratorio de cómputo se llevó a cabo el análisis sensorial; cata y degustación de la cerveza artesanal con adjuntos de maíz con miel contando con la participación de 12 catadores.

1. Ilustración; Planta de procesos BARTO.



Fuente: Fotografía Isaac Miranda, USAC-CUSAM 2023.

VII. OBJETIVOS.

7.1. General.

Evaluar cuatro razas locales de maíz (*Zea mays L.*) para el uso como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal con miel de abejas (*Apis mellifera*) como estrategia de conservación de las razas locales de maíz, en el Municipio de San Marcos.

7.2. Específicos.

1. Realizar análisis fisicoquímicos de los productos en cuanto al grado de alcohol (%vol.), grados brix (°Bx) y pH al inicio y final de la fermentación de los cuatro tratamientos según las razas locales de maíz.
2. Analizar sensorialmente las propiedades organolépticas (aroma, carbonatación, color, sabor, sensación en la boca en grado alcohólico, retrogusto e impresión general) utilizando la metodología de la prueba sensorial descriptiva cuantitativa con evaluación de varios datos sensoriales del producto final.
3. Determinar el grado de aceptación del uso de maíz y miel como adjuntos a través de la cata y degustación de la cerveza artesanal.

VIII. HIPÓTESIS

8.1 Hipótesis nula.

Ho 1:

No se encuentran cambios significativos entre las propiedades fisicoquímicas como: pH, grados brix y volumen alcohólico entre las cuatro razas locales usadas como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal.

Ho 2:

No se encuentran cambios perceptibles entre las propiedades organolépticas analizadas por los evaluadores, entre las cuatro razas locales de maíz usadas como adjunto en la fermentación.

Ho 3:

De las cuatro cervezas artesanales con adjuntos de maíz y miel elaboradas, ninguna fue aceptable por los evaluadores.

8.2. Hipótesis alternativa.

Ha 1:

Al menos una raza local presentara cambios significativos entre las propiedades fisicoquímicas como: pH, grados brix y volumen alcohólico, encontradas en las cuatro razas locales usadas como adjunto para la elaboración de cerveza artesanal.

Ha 2:

Al menos una raza local presentara cambios perceptibles entre las propiedades organolépticas analizadas por los evaluadores entre las cuatro razas locales usadas como adjuntos en la fermentación.

Ha 3:

De las cuatro cervezas artesanales con adjuntos de maíz y miel elaboradas al menos una fue aceptable para los evaluadores.

IX. MATERIALES Y METODOS:

9.1. Materiales.

En el siguiente apartado se presenta el equipo y los insumos que se utilizaron para la investigación.

Cuadro No. 6 Recursos utilizados para el desarrollo de la investigación.

Recursos físicos	Recursos de oficina	Recursos humanos
<ul style="list-style-type: none">• Malta de cebada• Maíz local (negro, blanco, amarillo y rojo.)• Variedad de lúpulo• Agua purificada• Miel de abeja• Levadura de cerveza• Gas.• Botellas• Corcholatas• Equipo de procesos industriales.	<ul style="list-style-type: none">• Libreta de campo• Tablas de registro• Computadora• Impresora• Paquete Office• Internet• Software Infostat• Software Beersmith 3	<ul style="list-style-type: none">• Asesor principal (CUSAM-USAC)• Asesor adjunto (CUSAM-USAC)• Asesor auxiliar (AICASA S.A.)• Maestro cervecero (BARTO)• Tesista (CUSAM-USAC)

Fuente: Metodología de campo y trabajo de gabinete USAC-CUSAM 2023.

9.1.1. Localización de la obtención de materias primas evaluadas.

En aldea San Antonio Serchil, localizada a 23 kilómetros de la cabecera departamental del Municipio de San Marcos se encuentran un gran número de productores dedicados a la agricultura familiar donde se encontró las cuatro variedades locales siendo estas maíz negro, maíz blanco, maíz amarillo, y maíz rojo, producidos bajo el sistema milpa, cuenta con las siguientes condiciones climáticas: temperatura máxima es de 22°C y la mínima es de 15°C calculando una temperatura media de 20°C durante todo el año. Posee una altitud de 2,893 metros sobre el nivel del mar, brindando las condiciones adecuadas para el cultivo de maíces libres de pesticidas y conservando un buen material genético que se ha venido sembrando en tres generaciones en Granja Agroecológica San Isidro.

2. Ilustración: Razas de maíces identificados.



Fuente: Trabajo de campo USAC-CUSAM 2022.

9.1.2. Razas utilizadas en la investigación como material experimental.

- **Maíz blanco ICTA (Compuesto Blanco):** Se puede cultivar en las localidades ubicadas en un rango de altitud de 2,000 hasta 2,600 metros sobre el nivel del mar, en los departamentos de Quiché, Sololá, Totonicapán, San Marcos y Quetzaltenango, ICTA Compuesto Blanco, se adapta a muchos microclimas del altiplano occidental. Entre sus cualidades, destaca su tallo, el cual es muy vigoroso. Otras características principales son:

- Color de grano Blanco
- Tipo de grano Semicristalino
- Días a cosecha 250
- Altura de planta 2.50 m
- Altura a mazorca 1.35 m (Agrícola I. d., 2021)

- **Maíz amarillo ICTA (San Marceño Mejorado):** Es una variedad de maíz de polinización libre (VPL) de grano amarillo, desarrollado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). En localidades de los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, San Marcos y Sololá, en un rango que va de

3. Ilustración: Mazorcas raza maíz blanco.



Fuente: B. Mazorcas de la variedad ICTA B-15^{ACP+Zn}.

2,000 a 2,600 metros sobre el nivel del mar. La variedad presenta excelente arquitectura de planta, porte mediano, buen potencial de rendimiento, responde a fertilizaciones altas, presenta tolerancia al acame de tallo y raíz, lo cual le permite que sea poco afectada por vientos fuertes. Otras características principales son:

- Color de grano Amarillo
- Tipo de grano Semidentado
- Días a cosecha 210
- Altura de planta 2.33 m
- Altura a mazorca 1.25 m (Agrícola I. d., Maíz ICTA San Marceño Mejorado, 2021)

- **Maíz rojo:** El maíz rojo (*Zea mays L*) es una mutación genética del maíz (*Zea mays*). Florece cultivado o en estado silvestre en diversos lugares de América. El maíz rojo (*Zea mays L*) se cultivaba en Perú desde épocas prehispánica, al igual que los indígenas de Mesoamérica y Yucatán, es uno de los maíces con poca cantidad de información bibliográfica por ello se dice que solo es una mutación (Bobadilla, 2016)

- **Maíz Negro:** El maíz negro (*Zea mays L*) es una mutación genética del maíz (*Zea mays*). Florece cultivado o en estado silvestre en diversos lugares de América. El maíz negro (*Zea mays L*) se cultivaba en Perú desde épocas prehispánica, al igual que los indígenas de Mesoamérica y Yucatán y las tribus indígenas Hopi y Navajos en los actuales Estados Unidos. (Bobadilla, 2016)

4. Ilustración: Mazorca raza maíz amarillo.



Fuente: ICTA, Mazorcas de la variedad san marceño.

5. Ilustración: Mazorca raza maíz rojo.



Fuente: Fotografía tomada por Isaac Miranda, 2022.

6. Ilustración: Mazorca raza de maíz negro.



Fuente: Fotografía tomada por Isaac Miranda, 2022.

Cuadro No. 7 Tratamientos evaluados.

TRATAMIENTOS	IDENTIFICACION	ESTILO USADO
Compuesto Blanco	T1	ADJUNTO MAIZ Y MIEL (ESPECIALIDAD).
San Marceño Mejorado	T2	
Maíz Rojo	T3	
Maíz Negro	T4	

Fuente: Metodología de campo y trabajo de gabinete USAC-CUSAM 2023.

9.1.3. Equipo y materiales de laboratorio.

- Durante la evaluación se contó con el equipo necesario como el uso de; Erlenmeyer, pipetas volumétricas, balanza analítica, papel filtro, balones aforados, estufa con agitador magnético, secador, molienda, refrigeradora, tanque de acero inoxidable, botellas de vidrio, sifón, trampas de aire, termómetros, reactivos varios.

7. Ilustración: Equipo de laboratorio.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2. Metodología.

9.2.1. Formulación para la elaboración de 100 litros de cerveza artesanal con adjuntos de maíz y miel:

Para la formulación de cerveza artesanal con adjuntos de maíz y miel se calculó a través de la aplicación “Beersmith 3”; una de las cuales cuenta la empresa BARTO y con la ayuda de un maestro cervecero se realizó una formulación básica la cual es la siguiente:

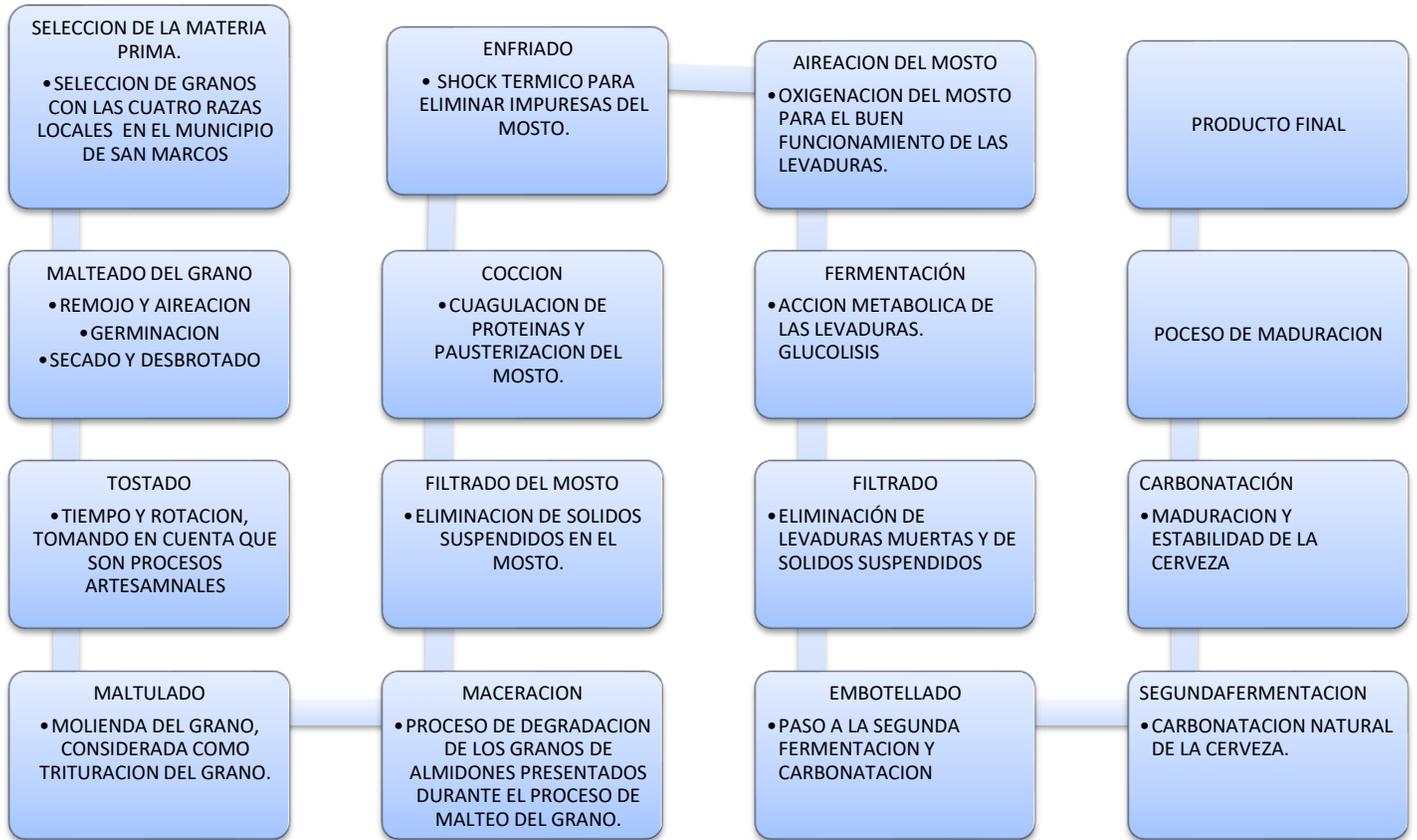
Cuadro No. 8. Formulación de receta básica.

CODIGO	NOMBRE	RECETA	CANTIDAD
T1	COMPUESTO BLANCO	a) Agua 100 litros en maceración. b) Malta de cebada 88 libras. c) Malta especial de maíz compuesto blanco 5.6 libras. d) Miel de montaña multiflora 20 libras. e) Lúpulo 10 Onzas. f) Levadura (<i>Saccharomyces cerevecae</i>)100 gramos.	100 LITROS TERMINADOS.
T2	SAN MARCEÑO MEJORADO	a) Agua 100 litros en maceración. b) Malta de cebada 88 libras. c) Malta especial de maíz san marceño mejorado 5.6 libras. d) Miel de montaña multiflora 20 libras. e) Lúpulo 10 Onzas. f) Levadura (<i>Saccharomyces cerevecae</i>)100 gramos.	100 LITROS TERMINADOS.
T3	MAIZ ROJO	a) Agua 100 litros en maceración. b) Malta de cebada 88 libras. c) Malta especial de maíz rojo 5.6 libras. d) Miel de montaña multiflora 20 libras. e) Lúpulo 10 Onzas. f) Levadura (<i>Saccharomyces cerevecae</i>)100 gramos.	100 LITROS TERMINADOS.
T4	MAIZ NEGRO	a) Agua 100 litros en maceración. b) Malta de cebada 88 libras. c) Malta especial de maíz negro 5.6 libras. d) Miel de montaña multiflora 20 libras. e) Lúpulo 10 Onzas. f) Levadura (<i>Saccharomyces cerevecae</i>)100 gramos.	100 LITROS TERMINADOS.

Fuente: Metodología de campo y trabajo de gabinete USAC-CUSAM 2023.

9.2.2. Flujo grama de procesos elaboración de cerveza artesanal de maíz con miel.

Figura No. 5 Pasos del proceso de elaboración de cerveza artesanal.



Fuente: trabajo de gabinete USAC-CUSAM 2023.

9.2.3. Elaboración de cerveza artesanal.

9.2.3.1. Malteo del grano:

El proceso inicio con el malteo de los granos de maíz para poder despertar los granos de almidones que se encuentran dentro del endospermo del grano a través de la germinación y provocando la degradación de proteínas y carbohidratos proceso llamado malteo de los granos de maíz (*Zea mays L.*) durante un período de 10 días, para luego pasar por el secado y des brotado de las raicillas y el monocotiledón.

8. Ilustración: Malteo del grano de maíz



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.3.2. Tostado del grano:

Los granos luego de secados se sometieron a un proceso de tostado donde se controló el tiempo, temperatura y rotación para obtener las características deseadas según el estilo a utilizar la malta especial de maíz para posteriormente realizar el molturado, la maceración y cocción.

9. Ilustración: Proceso de tostado.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.3.3. Molturado del grano:

Se lleva a cabo la molienda o molturado para tener mejor acceso a los granos de almidón contenidas en la malta de maíz.

10. Ilustración: Proceso de molienda del grano.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.3.4. **Maceración:**

El grano molturado se pasa al proceso de maceración donde se realiza la pasta o la incorporación de agua más grano (infusión), se controla la temperatura y el tiempo de extracción de las beta y alfa amilasas de los granos.

11. Ilustración: Proceso de maceración



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.3.5. **Filtración del mosto:**

En este proceso se le conoce como lavado del grano y se realiza para obtener un mosto limpio y dejar impurezas para luego pasar a la olla de hervor.

12. Ilustración: Proceso lavado del grano.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.3.6. Cocción del mosto:

En este paso se somete el mosto a temperaturas de hervor mayores a 95 grados centígrados, acá es importante mencionar que se realiza la adicción de la miel y lúpulos para caracterizar los perfiles o estilos de las cervezas.

13. Ilustración: Proceso de hervor del mosto.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.3.7. Shock térmico y trasiego:

Esta mezcla (mosto) se enfría de 95°C a 25°C al momento del shock termino se enfría para conservar las características obtenidas en cuanto a aroma, grados brix, pH y evitar la degradación de otros componentes posteriormente se deposita en el fermentador acoplado con una trampa de aire para los gases producidos en la

fermentación y evitar la entrada de aire ambiental con propiedades no inocuas para iniciar el proceso de fermentación.

14. Ilustración: Proceso de fermentación.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.3.8. Inoculación y fermentación:

En este proceso se realizó la hidratación de la levadura, así como la colonización y reproducción de la misma por medio de la gemación, al momento de ingresar al fermentador, dando inicio a la biotransformación conocido como fermentación anaeróbica.

9.2.3.9. Embotellado y maduración:

Tras un período fermentativo de 15 días, se inicia el proceso de filtración del contenido del fermentador y la cerveza resultante de la filtración se empaca y se lleva a la etapa de maduración.

15. Ilustración: Proceso de embotellado y maduración.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.3.10. **Medición, seguimiento y monitoreo durante el proceso de elaboración:**

Para sus análisis fisicoquímicos, durante todo el proceso se realizó las mediciones de pH, grados Brix y Densidad.

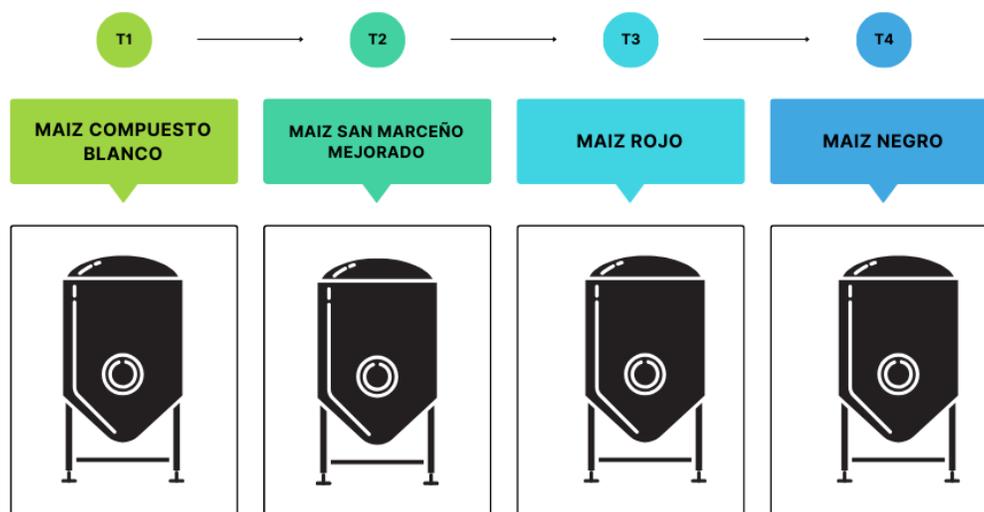
16. Ilustración: Toma de datos durante todo el proceso de transformación.



Fuente: Metodología de campo y datos recopilados USAC-CUSAM 2023.

9.2.3.11. **Croquis de la distribución experimental:**

17. Ilustración: Distribución de los tratamientos dentro de la planta de procesos.



Fuente: Metodología de campo y datos recopilados USAC-CUSAM 2023.

9.2.4. **Técnica cuantitativa.**

9.2.4.1. **Medición de pH.**

Por lectura del potenciómetro: Durante el procedimiento de elaboración, monitoreo y validación se realizó las mediciones de pH durante todo el proceso de la transformación del

maíz en cerveza artesanal, se utilizaron bitácoras para la recopilación al ir midiendo el pH con la lectura de un potenciómetro digital HI 8314 de instrumentos Hanna.

9.2.4.2. Medición De Grados Brix.

Para la medición de grados brix se ocupó el uso de un refractómetro previamente calibrado, colocando una gota del producto a temperatura ambiente según lo requiera el equipo luego dio a una lectura de su grado brix tanto inicial como al final de la fermentación.

9.2.4.3. Medición De Grado De Alcohol.

Para el análisis de los grados de alcohol, representados en; alc. % vol. Se realiza a través de un densímetro graduado para uso cervecero, a través de diferencias de densidades inicial y final se calculará el grado de alcohol obtenido, estas vienen calibradas para ser utilizadas únicamente y especialmente para este tipo de líquidos.

9.2.4.4. Variables de estudio.

Parámetros fisicoquímicos del producto final en cuanto al grado de alcohol (%vol.), grados brix (°Bx) y pH de las cuatro razas locales de maíz.

9.2.5. Análisis estadístico.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa estadístico Infostat. Para cada uno de los atributos sensoriales a través del análisis de varianza “ANOVA” y se aplicó la prueba LSD Fisher, (diferencia mínima significativa) donde descartamos si los tratamientos son iguales o diferente, para estimar las diferencias significativas entre las características organolépticas, para un 95% y 99% de confianza ($p < 0,0.5$ y $p < 0,0.1$). Se utilizó para la validación de la hipótesis estadística, comparando las propiedades sensoriales que presentaron las cervezas de las variedades nativas de maíz.

9.2.6. Plan de análisis de los resultados.

El plan de análisis de los resultados utilizado y desarrollado se presenta a continuación.

9.2.7. Métodos y modelos de los datos.

Para las determinaciones de las diferentes propiedades de los productos terminados se lleva a cabo a través del análisis sensorial; **cata y degustación de las cervezas con adjuntos de maíz y miel**, por diferentes personas, a las cuales se les capacita previo para el uso de la hoja de cata en el perfil de cervezas básicamente es una encuesta (escala no estructurada) para calificar las cervezas con adjuntos de maíz y miel.

18. ilustración: Capacitación a panel de jueces.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.7.1. Prueba Sensorial.

En la investigación se aplicó la prueba sensorial descriptiva cuantitativa con evaluación de varios datos sensoriales.

Los atributos sensoriales que se observan en la hoja de análisis sensorial¹ donde se evalúan cada raza local de maíz empleando la técnica conocida como: “caracterización mediante escala no estructurada”.

9.2.7.2. El panel sensorial:

En una evaluación sensorial el jurado es el verdadero aparato de medida, donde cada juez es considerado una repetición de la medida. El jurado es un captador multisensorial más eficaz que un solo juez, son muy importantes pues de ellos depende en gran parte la validez de las pruebas.

1: Hoja de análisis sensorial en anexo 1.

19. Ilustración: Conformación del panel evaluador.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.7.3. Cantidad de jueces consumidores según las repeticiones:

La cantidad de jueces para obtener una respuesta válida es fundamental debido a que mientras más sea especializado el juez mayor será la veracidad y confiabilidad de los datos obtenidos, mientras más numerosos sean mejor se podrá sobrellevar la diferencia de sensibilidad entre los individuos, por la falta de experiencia los evaluadores se conformaron por 12 personas, siendo una base de 12 repeticiones por atributo y un total de 48 repeticiones por atributo de los cuatro tratamiento que se evaluaron.

9.2.7.4. Entrenamiento de los jueces:

En pruebas de análisis descriptivo requiere gente entrenada, pero siempre es necesario trabajar con personas motivadas y dispuestas a aprender, antes de iniciar la degustación se realizó el entrenamiento y brinda lo básico en información de los productos a degustar y catar, para ello los jueces seleccionados se capacitaron previa a la cata de cervezas artesanal.

20. Ilustración: Formación de los catadores.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.7.5.Sala de degustación:

El lugar donde se realizó la cata y degustación se normalizo donde la idea principal fue buscamos minimizar ruidos, olores extraños y se contó con buena luz y temperatura regulada.

9.2.7.6.Preparación de las muestras:

Es de gran importancia y depende mucho los resultados por la cual se servirán la muestra con respectivo código a través de tres cifras que irán al azar y una copa de Catación para cada muestra, servidas lo más homogéneo posible.

21. Ilustración: Código de las muestras.



Fuente: Metodología de campo USAC-CUSAM 2023.

9.2.8. **Diseño experimental**

Se utilizo el diseño completamente al azar, DCA por las características de la investigación, ya que el “diseño completamente al azar” se emplea cuando un grupo de jueces evalúan y califican muestras en distintas sesiones. (Rojas Tello, 2014)

9.2.9. **Modelo estadístico.**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} =cualquier observación (color, sabor, aroma, cuerpo...)

μ =media poblacional

τ_i =efecto del i-esimo tratamiento (maíces)

ϵ_{ij} =error experimental

$i=1,2,\dots,t$; donde t =número de tratamientos (maíces)

$j=1,2,\dots,r$; donde r =número de panelistas (repeticiones).

9.2.10. **VARIABLES DE ESTUDIO.**

Parámetros sensoriales de las propiedades organolépticas (aroma, Vivacidad, color, sabor, alcohol en la boca, retrogusto e impresión general) y aceptabilidad de la cerveza artesanal con adjuntos de maíz y miel.

X. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

10.1. Tabulación, ordenamiento y procesos de la información obtenida.

En la siguiente tabla de comparación utilizado en la medición del mosto inicial y en el producto final el cual presentan las propiedades fisicoquímicas a evaluadas en las cervezas artesanales de maíz y miel.

Cuadro No. 9. Tabulación de datos fisicoquímicos inicio y final de fermentación.

Propiedad	Tratamiento 1 Compuesto Blanco.	Tratamiento 2 San Marceño Mejorado.	Tratamiento 3 Maíz Rojo.	Tratamiento 4 Maíz Negro.
MEDICION DE pH				
pH inicial.	5.31	5.50	5.45	5.60
pH final.	4.03	4.03	4.04	4.05
MEDICION DE °Bx				
Grados brix inicial.	10	10.3	11.6	12
Grados brix final	0.73	0.20	0.20	0.73
MEDICION DE DENSIDADES				
Densidad inicial.	1.045	1.050	1.055	1.065
Densidad final.	1.014	1.010	1.010	1.012
GRADOS DE ALCOHOL ALCANZADO.				
Grados de alcohol representados en. (Alc. % Vol.)	4.13	5.34	6.05	6.98

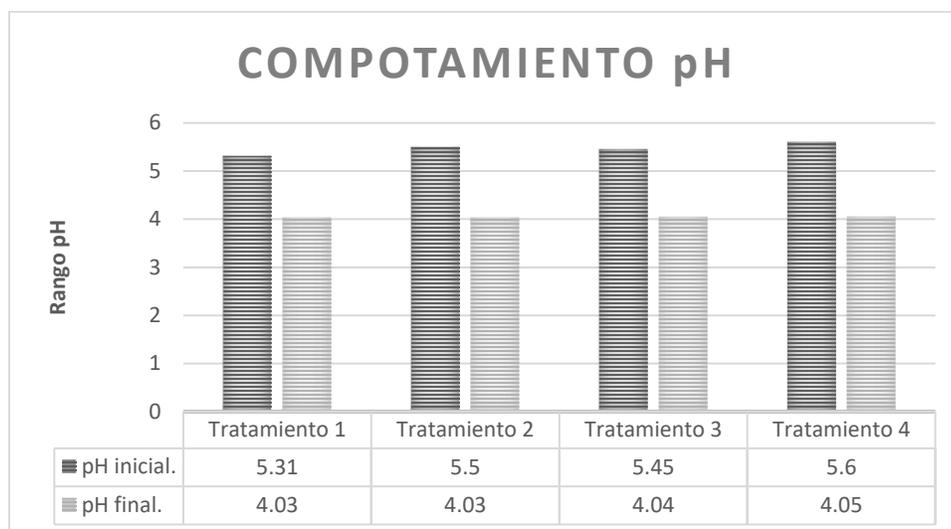
Fuente: Metodología de campo y datos recopilados técnica cuantitativa, USAC-CUSAM 2023.

Variables de estudio.

- Parámetros fisicoquímicos del producto final en cuanto al grado de alcohol (% vol.), grados brix (°Bx), densidad inicial y/o final, así como el pH de las cuatro razas locales de maíz.

10.1.1. Comportamiento de pH inicial y final durante la elaboración de cerveza artesanal:

Gráfico 1. Comparación del pH Inicial y pH Final



Fuente: Cuadro No. 8 datos recopilados técnica cuantitativa, USAC-CUSAM 2023.

Análisis:

- Según el comportamiento del pH grado de acides permitido, al inicio de la fermentación se obtiene una media de 5.46 el cual es apta para que la levadura pueda reproducirse (colonizar) y poder comer los azúcares fermentables como la beta y alfa amilasa.
- Según el comportamiento del pH del grado de acides al final de la fermentación se obtiene una media de 4.03 la cual es apta para la conservación de los alimentos en especial esta bebida que limita la floculación de otro microorganismo.

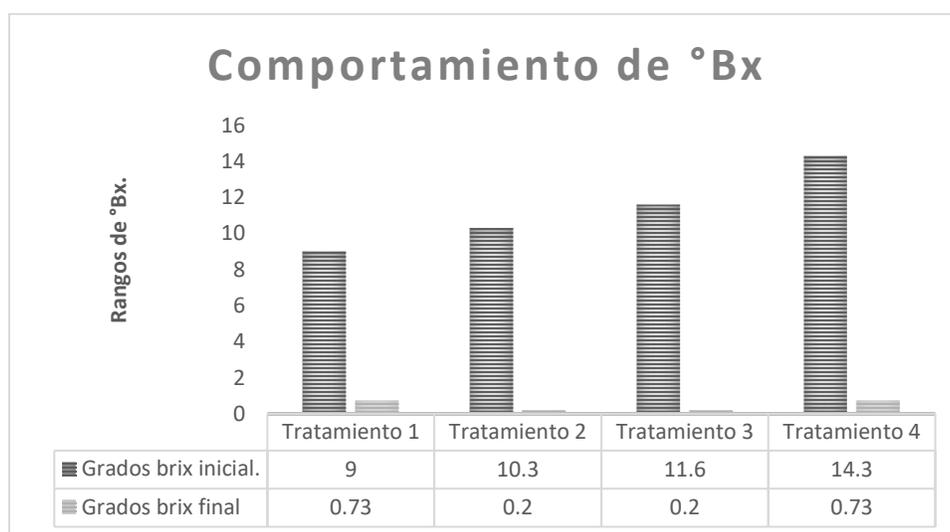
Discusión de los resultados a y b.

Con las bases brindadas por el manual de producción de cerveza de la empresa BARTO y el Codex Alimentarius (2005) explica que el nivel del pH para el inicio del proceso de fermentación no debe ser mayor de 5 a 5.6 durante la colonización de la levadura (Inoculación), así como al terminar la fermentación se espera un pH dentro de los rangos de 4 a 4.5 destinados para la cerveza terminada. Según (Drapala, 2018) en la actualidad hay empresas que exigen un mínimo de 4 grados en la escala de pH de una cerveza terminada. En el grafico 1 el nivel mínimo de todos los tratamientos no tiene un incremento y diferencias significativas para el procesamiento de tal manera que los adjuntos de maíz y miel no afectan

drásticamente en relación a la tabulación de datos fisicoquímicos inicio y final de la fermentación al proceso de la elaboración de cerveza artesanal.

10.1.2. Comportamiento de grados Brix inicial y final durante la elaboración de cerveza artesanal:

Gráfico 2. Biotransformación de azúcares.



Fuente: Cuadro No. 8 datos recopilados técnica cuantitativa, USAC-CUSAM 2023.

Análisis:

- a) Según el comportamiento de los grados Brix inicial se observa diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el más alto en el tratamiento número 4 (maíz negro) seguido por el tratamiento número 3 (maíz rojo) seguido por el tratamiento número 2 (maíz san marceño) y el ultimo el tratamiento número 1 (compuesto blanco).
- b) Según el comportamiento de los grados Brix final podemos observar que el grado de atenuación de la levadura (bio transformación) fue más alto en los tratamientos número 2 y número 3, mientras que en los tratamientos 1 y 4 hubo diferencias significativas.

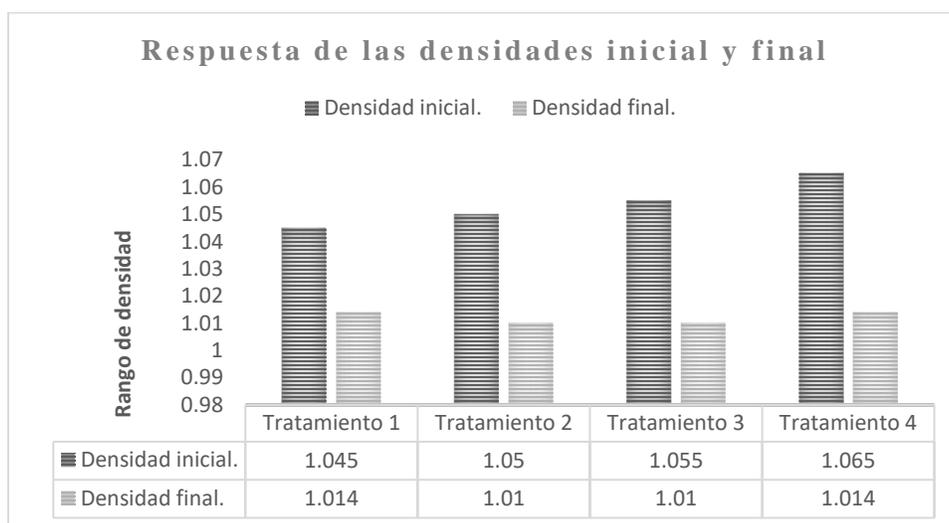
Discusión de los resultados a y b.

Con las bases brindadas por el manual de producción de cerveza de la empresa BARTO y el CODEX Alimentarius (2005) explica que el nivel de ° Brix destinados para la biotransformación de azúcares fermentables, mientras más alto es la acumulación de azúcares fermentables mayor será la producción de productos (alcohol, calor y co₂) dentro del gráfico

numero dos los tratamientos 3 (maíz rojo) y 4 (maíz negro) presentaron un aumento significativo de azúcares esto se puede atribuir a que los granos de maíz del tratamiento T4 y T3 contengan un aumento en los granos de almidón dentro del endospermo¹, presentando aumento en la extracción de alfa y beta amilasas, así como en los tratamientos 1 y 2 demostraron aumento de grados Brix en el que se encuentran con una diferencia no mayor de 1.3 grados.

10.1.3. Comportamiento de la densidad inicial y final durante la fermentación.

Gráfico 3. Análisis de la biotransformación.



Fuente: Cuadro No. 8 datos recopilados técnica cuantitativa, USAC-CUSAM 2023.

Análisis:

- a) Según el comportamiento de la densidad inicial de los mostos del tratamiento de 4 y 3 presentan diferencias significativas ya que entre ellos de 0.010 mientras que los mostos del tratamiento 1 y 2 presentan diferencia significativa de 0.05 dentro de la densidad inicial estos fueron tomados al momento de ingresar al fermentador a una temperatura de 25 grados centígrados.
- b) Según el comportamiento de la densidad final de los mostos en los tratamientos 1 y 4 presentan atenuación por parte de la levadura de 1.014 resultante de una atenuación del 86%, mientras que en los mostos de los tratamientos 2 y 3 presentan una atenuación por parte de la levadura de 98 % con una densidad final del 1.01, estos fueron tomados durante 10 días que duro el proceso de la fermentación.

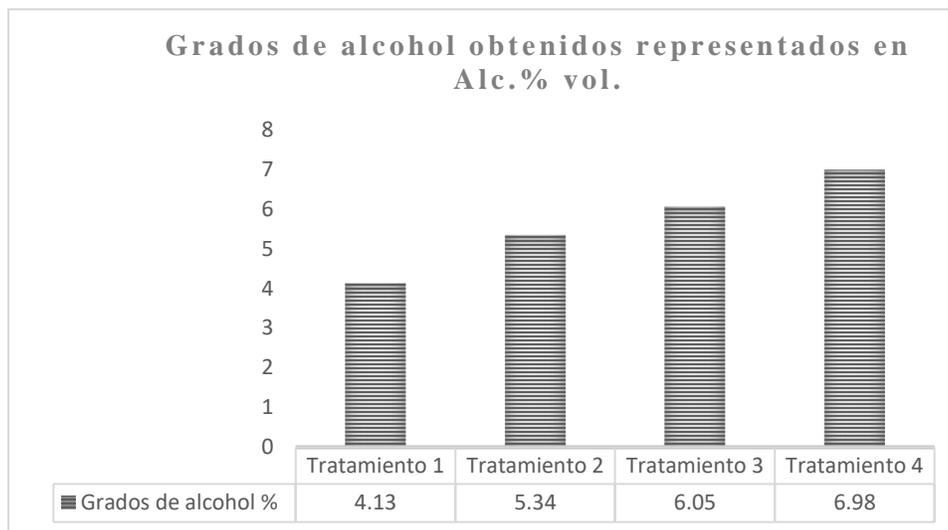
1. Estructura del grano de maíz, pagina 11.

Discusión de los resultados a y b.

Con las bases brindadas por el manual de producción de cerveza de la empresa BARTO explica que el nivel medido de densidad de los mostos de los tratamientos 1 y 4 presentan algunos azúcares residuales por el comportamiento de la levadura hacia el proceso de atenuación, dentro de la biotransformación aunque presentaron densidades iniciales con una diferencia de 0.020, así mismo los mostos de los tratamientos 2 y 3 presentaron mayor atenuación generando una biotransformación del 98% aunque los mostos presentaron una diferencia del 0.05 esta será comprobada con el % del grado alcohólico obtenido.

10.1.4. Comportamiento de grados de alcohol obtenidos después de la biotransformación al final de la fermentación.

Gráfico 4. Volumen Alcohólico alcanzado.



Fuente: Cuadro No. 8 datos recopilados técnica cuantitativa, USAC-CUSAM 2023.

Análisis:

- a) Según el comportamiento de los grados de alcohol obtenidos representados en Alc % Vol.¹ en los cuatro tratamientos se observa diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el más alto en el tratamiento número 4 (maíz negro) con un % del volumen alcohólico de 6.9% vol. Seguido por el tratamiento número 3 (maíz rojo) de 6% Vol. Seguido por el tratamiento número 2 (maíz san marceño) con 5.34% Vol. y el ultimo el tratamiento número 1 (compuesto blanco) con 4.13%. Vol.

1. Grado alcohólico y/o porcentaje de volumen alcohólico, pagina 29.

Discusión del resultado.

Con las bases brindadas por el manual y bitácoras de cocción de producción de cerveza de la empresa BARTO se explica que dentro de los maíces utilizados los de mayor pigmentación en este caso el maíz rojo y negro contienen un aumento en la concentración de almidones dentro del grano malteado aumentando las diferencias dentro de los grados brix y densidades iniciales en cada una de los tratamientos que por consecuencia presentan resultados diferentes en la biotransformación generando mayor porcentaje de Alcohol, Calor y Co₂.

10.2. Resultados del análisis sensorial de las cervezas artesanales con Adjuntos, para las variables de las características organolépticas

Se realizó la actividad del análisis sensorial de las cervezas artesanales con adjuntos de maíz y miel, priorizando los atributos organolépticos; aroma, Vivacidad, color, sabor, alcohol en la boca, retrogusto e impresión general como la aceptabilidad del producto.

Se presentaron 12 muestras codificadas (repeticiones) para cada tratamiento siendo un total de 48 repeticiones para cada característica realizado un total de 4 catas una de cada tratamiento junto a una hoja de análisis sensorial teniendo enmarcadas cada aspecto a evaluar, según el entrenamiento previo a los jueces.

- **Variables de estudio.**

Parámetros sensoriales de las propiedades organolépticas (aroma, Vivacidad, color, sabor, alcohol en la boca, retrogusto e impresión general) y aceptabilidad de la cerveza artesanal con adjuntos de maíz y miel.

10.2.1. Aspecto/ aroma.

A continuación, se presentan los resultados del análisis sensorial de las cervezas artesanales para el atributo de aroma, siendo esta una de las características organolépticas de mayor importancia para la aceptación o el rechazo de los tratamientos evaluados por el panel de jueces.

Cuadro 1. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo aroma.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AROMA	48	0.17	0.11	37.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3343.38	3	1114.46	2.95	0.0429
TRATAMIENTOS	3343.38	3	1114.46	2.95	0.0429
Error	16622.01	44	377.77		
Total	19965.39	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=15.99168

Error: 377.7729 gl: 44

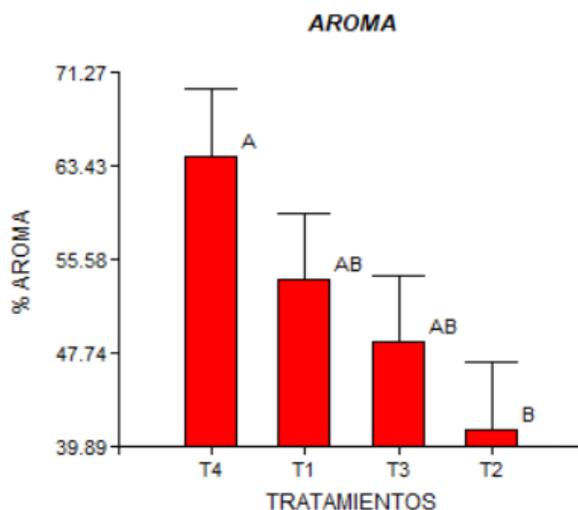
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T4	64.24	12	5.61	A
T1	53.82	12	5.61	A B
T3	48.61	12	5.61	A B
T2	41.32	12	5.61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En las determinaciones del aroma las muestras presentaron diferencia estadísticamente significativa, por esta razón se presenta la prueba de medias con el método LSD Fisher, La prueba de medias indica que si hay diferencias en la percepción del atributo aroma entre los maíces evaluados y lo observamos claramente en el siguiente gráfico número 5.

Gráfico 5. Diagrama de barras del atributo aroma, según su comportamiento.



Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En el gráfico se aprecia el atributo aroma siendo uno de los atributos de calidad importante en la cerveza artesanal, constituye la base de aceptación o rechazo por parte de los consumidores y del buen bebedor, como se observa en esta evaluación el tratamiento T4 es el que presentó mayor percepción en cuanto al atributo aroma, mientras que en los

tratamientos T1 y T3 no se diferencia la percepción entre ellos y con baja percepción se queda el tratamiento T2.

Discusión de los resultados de análisis sensorial/aroma.

El aroma puede influir en la percepción de otro sentido, por ejemplo: un aroma desagradable o poca presencia puede ser asociado con un sabor insípido o desagradable según: (Brewers Association & Shutterstock, 2003). Para el atributo aroma en las cervezas artesanales, el mayor porcentaje de percepción calificada es para el tratamiento T4 siendo este la raza de maíz negro con un porcentaje de percepción de 64.24%, posicionándose en primer lugar para los evaluadores, los tratamientos que les siguen y con mayor percepción son T1 raza de maíz compuesto blanco y T3 raza de maíz rojo mostrando diferencias estadísticamente significativas el porcentaje de percepción con el 53.82% y 48.61 % respectivamente, por último el tratamiento T2 Raza de maíz amarillo san marceño con un porcentaje de percepción de 41.32% quedando en el última posición comparados con los tres tratamientos, cabe resaltar la percepción de los jueces evaluadores fue de un aroma dulce con notas a caramelo y miel.

10.2.2. Aspecto/ vivacidad.

A continuación, se presentan los resultados del análisis sensorial de las cervezas artesanales para el atributo de vivacidad (carbonatación/espuma) siendo esta una parte importante según las características organolépticas evaluados.

Cuadro 2. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo vivacidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VIVASIDAD (CO2)	48	0.41	0.37	49.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13293.14	3	4431.05	10.06	<0.0001
TRATAMIENTOS	13293.14	3	4431.05	10.06	<0.0001
Error	19388.40	44	440.65		
Total	32681.54	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=17.27123

Error: 440.6455 gl: 44

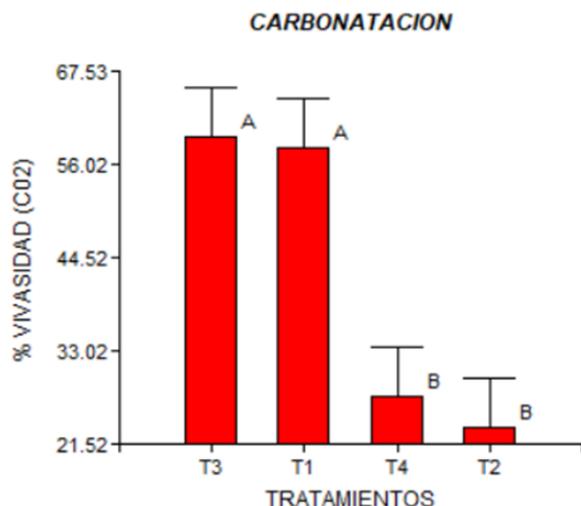
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T3	59.38	12	6.06	A
T1	57.99	12	6.06	A
T4	27.43	12	6.06	B
T2	23.61	12	6.06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En las determinaciones del aroma las muestras presentaron diferencia estadísticamente significativa, por esta razón se presenta la prueba de medias con el método LSD Fisher, La prueba de medias indica que si hay diferencias en la percepción del atributo de vivacidad entre los maíces evaluados y lo observamos claramente en el siguiente gráfico número 6.

Gráfico 6. Diagrama de barras del atributo vivacidad, según su comportamiento.



Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En el gráfico se aprecia el atributo de vivacidad conocido normalmente como carbonatación que se enfoca en el nivel de espuma de la cerveza, siendo uno de los atributos de calidad importante en la cerveza artesanal, ya que constituye presentación como la atracción que influye en la base de aceptación o rechazo por parte de los consumidores y del buen bebedor y como se observa en esta evaluación el tratamiento T3 y T1 es el que presentaron mayor percepción burbujeante en cuanto al atributo de vivacidad, mientras que en los tratamientos T4 y T2 la percepción es media entre ellos con relación al atributo de vivacidad.

Discusión de los resultados de análisis sensorial/vivacidad.

La vivacidad (carbonatación) puede influir en la percepción de otro sentido, por ejemplo: una baja carbonatación puede relacionarse a problemas de calidad o de contaminación, así como cervezas altas en contenido alcohólico, dentro de la cerveza artesanal, la vivacidad es uno de los atractivos visual con mayor detalle según: (Brewers Association & Shutterstock, 2003).

Para el atributo Vivacidad en las cervezas evaluadas el mayor porcentaje de percepción visual calificada es para el tratamiento T3 y T1 siendo este la raza de maíz rojo y maíz compuesto blanco con un porcentaje de percepción de 59.38% y 57.99% respectivamente, posicionándose en los primeros lugares con una vivacidad burbujeante de buena apariencia para los evaluadores.

Los tratamientos que les siguen son T4 y T2 siendo este la raza de maíz negro y maíz amarillo San Marceño, mostrando un porcentaje de percepción de 27.43% y 23.61 % respectivamente, posicionándose como los segundos lugares con una vivacidad media, este comportamiento se le atribuye a su contenido alcohólico que es mayor a los demás, cabe resaltar la percepción de los jueces evaluadores fue de una carbonatación con burbujas compactas y pequeñas.

10.2.3. Aspecto/ color.

A continuación, se presentan los resultados del análisis sensorial de las cervezas artesanales para el atributo de color, representados según las características organolépticas de los tratamientos evaluados.

Cuadro 3. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo color.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
COLOR	48	0.06	0.00	59.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1974.52	3	658.17	0.87	0.4655
TRATAMIENTOS	1974.52	3	658.17	0.87	0.4655
Error	33408.64	44	759.29		
Total	35383.16	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=22.67157

Error: 759.2873 gl: 44

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T2	56.94	12	7.95 A
T4	45.14	12	7.95 A
T1	44.10	12	7.95 A
T3	39.58	12	7.95 A

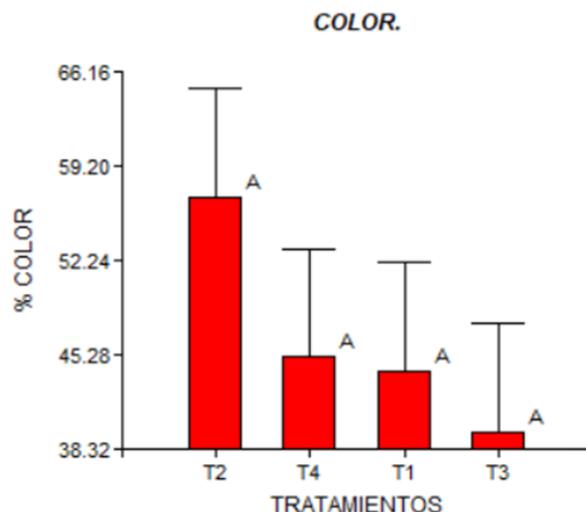
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En las determinaciones del color las muestras no presentaron diferencia estadísticamente significativa, por esta razón se analiza con la prueba de medias con el

método LSD Fisher, La prueba de medias indica que la percepción del atributo color entre los maíces evaluados y lo observamos claramente en el siguiente gráfico número 7.

Gráfico 7. Diagrama de barras del atributo color, según su comportamiento.



Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En el gráfico se aprecia el atributo color siendo uno de los atributos de calidad importante en la cerveza artesanal, constituye la base de aceptación o rechazo por parte de los consumidores y del buen bebedor, como se observa en esta evaluación el tratamiento T2 es el que presentó mayor percepción en cuanto al atributo color, mientras que en los tratamientos T4 y T1 no se diferencia la percepción entre ellos y con baja percepción se queda el tratamiento T3.

Discusión de los resultados de análisis sensorial/color.

El color puede influir en la percepción de otro sentido, por ejemplo: un oscuro a dorado puede influir con el sabor o aroma, pero no específicamente, hay cervezas con colores claros y saben o no a las de color oscuro según: (Brewers Association & Shutterstock, 2003).

Para el atributo color en las cervezas artesanales, el mayor porcentaje de percepción calificada es para el tratamiento T2 siendo esta la raza de maíz amarillo san marceño con un porcentaje de percepción de 56.94 %, posicionándose en primer lugar como uno de las cervezas favoritas de color dorado claro translucido para los evaluadores, como uno de los tratamientos con mejor color y claridad (apariencia), los tratamientos que les siguen y con mayor percepción en color son T4 y T1 raza de maíz negro y maíz compuesto blanco con 45.14% y 44.10% respectivamente, mostrando un cambio de color a ámbar oscuro y T3 raza

de maíz rojo mostrando un pequeño cambio de percepción con el 39.58% respectivamente, quedando en el última posición comparados con los tres tratamientos, cabe resaltar la percepción de los jueces evaluadores fue de un color dorado brillante con ligeros destellos a ámbar y ámbar oscuro.

10.2.4. Aspecto/ sabor.

A continuación, se presentan los resultados del análisis sensorial de las cervezas artesanales para el atributo de sabor, siendo estas percibidas por los jueces evaluadores según las características organolépticas de los tratamientos.

Cuadro 4. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo sabor.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SABOR	48	0.65	0.62	30.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26121.51	3	8707.17	26.77	<0.0001
TRATAMIENTOS	26121.51	3	8707.17	26.77	<0.0001
Error	14311.03	44	325.25		
Total	40432.54	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=14.83842
 Error: 325.2508 gl: 44

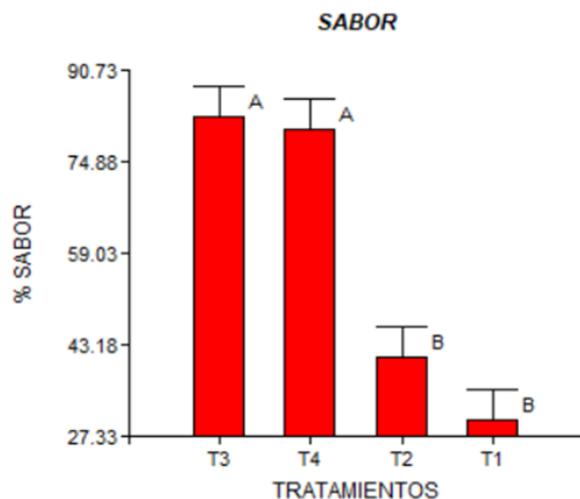
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T3	82.64	12	5.21	A
T4	80.56	12	5.21	A
T2	40.97	12	5.21	B
T1	30.21	12	5.21	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En las determinaciones del sabor las muestras presentaron diferencia estadísticamente significativa, por esta razón se presenta la prueba de medias con el método LSD Fisher, La prueba de medias indica que si hay diferencias en la percepción del atributo de sabor entre los maíces evaluados y lo observamos claramente en el siguiente gráfico número 8.

Gráfico 8. Diagrama de barras del atributo sabor, según su comportamiento.



Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En el gráfico se aprecia el atributo de sabor conocido normalmente como notas que se enfoca en la biotransformación de la levadura según los componentes de la cerveza, siendo uno de los atributos de calidad de mayor importancia en la cerveza artesanal, ya que constituye a analizar la calidad y el ciclo de fermentación obtenida al mismo tiempo la aceptación o rechazo por parte de los consumidores y del buen bebedor, como se observa en esta evaluación el tratamiento T3 y T4 es el que presentaron alto porcentaje de percepción en cuanto al atributo de sabor, mientras que en los tratamientos T2 y T1 la percepción es media entre ellos con relación al atributo de sabor.

Discusión de los resultados de análisis sensorial/sabor.

El sabor puede influir en la percepción de otro sentido, por ejemplo: una baja calidad de notas en el sabor puede relacionarse a problemas de calidad o de contaminación, así como cervezas con problemas de fermentación, dentro de la cerveza artesanal el sabor es uno de los atractivos de mayor importancia ya que a través de este atributo sensorial se crea un nicho de mercado: (Brewers Association & Shutterstock, 2003).

Para el atributo sabor en las cervezas evaluadas el mayor porcentaje de percepción sensorial calificada es para el tratamiento T3 y T4 siendo este la raza de maíz rojo y maíz negro con un porcentaje alto a la percepción del sabor con un 82.64% y 80.56% respectivamente, posicionándose en los primeros lugares para los evaluadores.

Los tratamientos que les siguen son T2 y T1 siendo este la raza de maíz amarillo san marceño y compuesto blanco, mostrando un porcentaje de percepción media del sabor con un 40.97% y 30.21% respectivamente, posicionándose como los segundos lugares, cabe resaltar la percepción de los jueces evaluadores fue: sabor amargo medio con notas tostadas a maíz y dulzor de miel.

10.2.5. Aspecto/ alcohol en boca.

A continuación, se presentan los resultados del análisis sensorial de las cervezas artesanales para el atributo de sensación del alcohol en boca, en ella se analiza la percepción del grado de alcohol dentro de los tratamientos evaluados.

Cuadro 5. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo alcohol en boca.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% SENSACION DE ALCOHOL	48	0.09	0.02	34.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1601.52	3	533.84	1.38	0.2619
TRATAMIENTOS	1601.52	3	533.84	1.38	0.2619
Error	17043.52	44	387.35		
Total	18645.05	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=16.19317
 Error: 387.3528 gl: 44

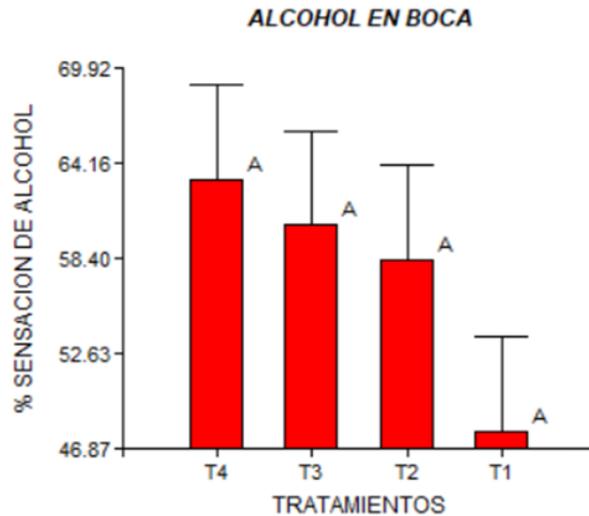
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T4	63.19	12	5.68 A
T3	60.42	12	5.68 A
T2	58.33	12	5.68 A
T1	47.92	12	5.68 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En las determinaciones del aspecto de la sensación del alcohol en boca las muestras no presentaron diferencia estadísticamente significativa, por esta razón se analiza con la prueba de medias con el método LSD Fisher, La prueba de medias indica que la percepción del atributo alcohol en boca entre los maíces evaluados y lo observamos claramente en el siguiente gráfico número 9.

Gráfico 9. Diagrama de barras del atributo alcohol en boca, según su comportamiento.



Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En el gráfico se aprecia el atributo de alcohol en boca siendo uno de los atributos de muy baja percepción, pero de gran importancia para la calidad en la cerveza artesanal, constituye la base de aceptación o rechazo por parte de los consumidores y del buen bebedor, como se observa en esta evaluación el tratamiento T4, T3 y T2 es el que presentaron mayor percepción en cuanto al atributo de alcohol en boca, mientras que en los tratamientos T1 no se diferencia la percepción entre ellos.

Discusión de los resultados de análisis sensorial/alcohol en boca.

El alcohol en boca puede influir en la percepción de otro sentido, por ejemplo: una alta concentración de alcohol puede influir con la retención de espuma (vivacidad) y la percepción del sabor y aroma, pero no específicamente, hay cervezas con muy poca concentración de alcohol llamada lager que se basa en ser refrescantes según: (Brewers Association & Shutterstock, 2003).

Para el atributo de alcohol en boca en las cervezas artesanales, el mayor porcentaje de percepción calificada es para el tratamiento T4 siendo esta la raza de maíz negro con un porcentaje de percepción de 63.19%, T3 siendo esta la raza de maíz rojo con un porcentaje de percepción de 60.42 %, y T2 siendo la raza de maíz san marceño con porcentaje de percepción de 58.33% posicionándose en los tratamientos con más sensación de alcohol en paladar para los evaluadores, para el T1 raza de maíz compuesto blanco con una percepción

del 47.92% quedando en el última posición comparados con los tres tratamientos, cabe resaltar la percepción de los jueces evaluadores fue del calentamiento en boca con perfil picante y notas a vino.

10.2.6. Aspecto/ retrogusto.

A continuación, se presentan los resultados del análisis sensorial de las cervezas artesanales para el atributo del retrogusto, en ella se evaluó el post gusto de los tratamientos en cuanto al balance de los atributos organolépticos de los tratamientos.

Cuadro 6. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo de retrogusto.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RETROGUSTO	48	0.17	0.11	37.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4395.47	3	1465.16	3.02	0.0399
TRATAMIENTOS	4395.47	3	1465.16	3.02	0.0399
Error	21379.97	44	485.91		
Total	25775.44	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=18.13660
 Error: 485.9085 gl: 44

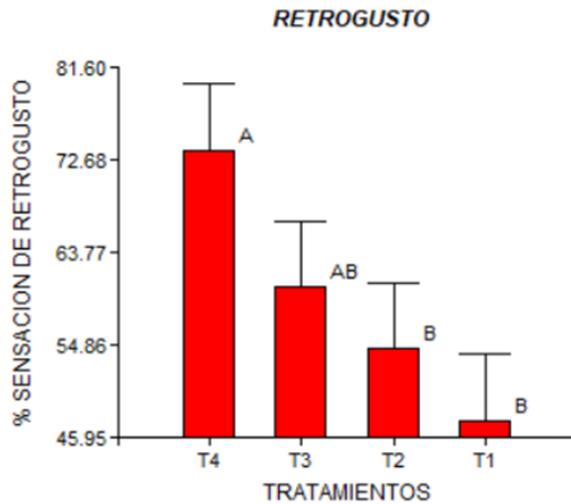
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T4	73.61	12	6.36 A
T3	60.42	12	6.36 A B
T2	54.51	12	6.36 B
T1	47.57	12	6.36 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En las determinaciones del retrogusto las muestras presentaron diferencia estadísticamente significativa, por esta razón se presenta la prueba de medias con el método LSD Fisher, La prueba de medias indica que si hay diferencias en la percepción del atributo de retrogusto entre los maíces evaluados y lo observamos claramente en el siguiente gráfico número 10.

Gráfico 10. Diagrama de barras del atributo de retrogusto, según su comportamiento.



Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En el gráfico se aprecia el atributo de retrogusto conocido normalmente como notas del post/gusto que se enfoca en las notas al terminar la degustación de la cerveza, siendo uno de los atributos de calidad de mayor importancia en la cerveza artesanal, ya que constituye a analizar la calidad y la aceptación del producto o rechazo por parte de los consumidores y del buen bebedor, como se observa en esta evaluación el tratamiento T4 presentó alto porcentaje de la percepción del retrogusto, T3 es el que presentó la segunda percepción en cuanto al atributo de retrogusto, mientras que en los tratamientos T2 y T1 la percepción es media entre ellos con relación al atributo del retrogusto.

Discusión de los resultados de análisis sensorial/retrogusto.

El sabor del post gusto (retrogusto) puede influir en la percepción de otro sentido, por ejemplo: un desbalance entre las notas al finalizar la degustación en el sabor del post gusto puede relacionarse a problemas de calidad o de contaminación, así como cervezas con problemas de fermentación, dentro de la cerveza artesanal el post gusto del sabor es uno de los atractivos de mayor importancia ya que a través de este atributo sensorial se crea un nicho de mercado: (Brewers Association & Shutterstock, 2003).

Para el atributo del retrogusto en las cervezas evaluadas el mayor porcentaje de percepción sensorial calificada es para el tratamiento T4 siendo este la raza de maíz negro con un porcentaje alto a la percepción en el sabor del post gusto con un 73.61% posicionándose en el primer lugar para los evaluadores.

Los tratamientos que les siguen son T3, T2 y T1 siendo estas las razas de maíz rojo, amarillo san marceño y compuesto blanco, mostrando un porcentaje de percepción media del del retrogusto con un 60.42%, 54.51% y 47.57% respectivamente, posicionándose como el segundo, tercer y cuarto lugar cabe resaltar la percepción de los jueces evaluadores fue: de un post gusto de sabor del balance entre amargo y dulce.

10.2.7. Aspecto/ impresión general (Aceptación).

A continuación, se presentan los resultados del análisis sensorial de las cervezas artesanales para el atributo de impresión general, en donde se evaluó las características organolépticas como; aroma, vivacidad, color, sabor, alcohol en boca y retrogusto dentro de ellas se determinara la aceptación de los tratamientos evaluados.

Cuadro 7. Análisis de varianza y prueba de medias del atributo de aceptación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ACEPTACIÓN	48	0.04	0.00	28.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	655.14	3	218.38	0.56	0.6472
TRATAMIENTOS	655.14	3	218.38	0.56	0.6472
Error	17296.10	44	393.09		
Total	17951.24	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=16.31272

Error: 393.0933 gl: 44

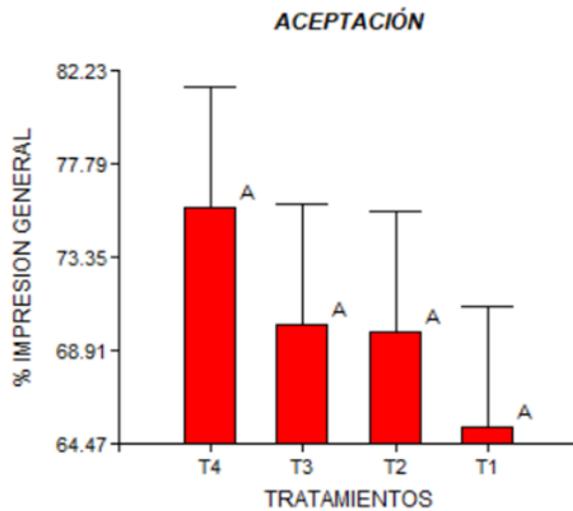
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T4	75.70	12	5.72 A
T3	70.14	12	5.72 A
T2	69.79	12	5.72 A
T1	65.28	12	5.72 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En las determinaciones del aspecto de la impresión general (aceptación) las muestras no presentaron diferencia estadísticamente significativa, por esta razón se analiza con la prueba de medias con el método LSD Fisher, La prueba de medias indica que la percepción del cual de los tratamientos entre los maíces evaluados es mejor aceptado por los jueces evaluadores y lo observamos claramente en el siguiente gráfico número 11.

Gráfico 11. diagrama de barras del atributo de aceptación, según su comportamiento.



Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados anexo 2, USAC-CUSAM 2023.

En el gráfico se aprecia el atributo de impresión general o la aceptación que estas han sido evaluadas por los jueces, siendo este de gran importancia para la calidad en la cerveza artesanal, constituye la base de aceptación o rechazo por parte de los consumidores y del buen bebedor, como se observa en esta evaluación el tratamiento T4, T3 T2 y T1 son los que presentaron mejor percepción en cuanto al atributo de impresión general, posicionándose con una aceptación del primero, segundo, tercero y cuarto lugar.

Discusión de los resultados de análisis sensorial/impresión general (aceptación)

La aceptación o impresión general combina los 6 atributos evaluados y nos da un mapa de lo que buscan los consumidores dentro de las características sensoriales de las cerveza artesanal, por ejemplo: una alta concentración de alcohol, o una carbonatación (vivacidad) elevada puede ser o no aceptada por algún tipo de consumidor así como un aroma extraño o muy agresivo al igual que un sabor desagradable, una apariencia opaca en el color o un retrogusto o post gusto ácido, amargo o picante, darán una mala aceptación del producto y lo posicionara como buena, mala o regular según: (Brewers Association & Shutterstock, 2003).

Para el atributo de aceptación de las cervezas artesanales evaluadas, el mayor porcentaje de percepción en cuanto a las propiedades organolépticas calificada es para el tratamiento T4 siendo este la raza de maíz negro con un porcentaje de percepción de 75.70%, T3 siendo este

la raza de maíz rojo con un porcentaje de percepción de 70.14 %, T2 siendo la raza de maíz san marceño con porcentaje de percepción de 69.79% y para el T1 la raza de maíz compuesto blanco con una percepción del 65.28% quedando en el última posición comparados con los tres tratamientos, siendo estos T4 primer lugar, T3 segundo lugar, T2 tercer lugar y T1 cuarto lugar, cabe resaltar la percepción de los jueces evaluadores fue de una cerveza refrescante, agradable y equilibrada dentro de sus características o atributos organolépticos evaluados a través de la cata y degustación de cervezas artesanales con adjuntos de maíz y miel.

XI. CONCLUSIONES

Dentro de la evaluación de la elaboración de cerveza artesanal con adjuntos de maíz y miel, las cuatro razas locales de maíz como adjunto mostraron resultados importantes para concluir lo siguiente:

A través de los análisis fisicoquímicos realizados y analizados se determinó los tratamientos T3 y T4, raza de maíz rojo y raza de maíz negro respectivamente son maíces que presentaron cambios significativos y aportan un aumento dentro de los grados °Brix que se les atribuye a un aumento en la concentración a los granos de almidón dentro del endospermo del grano de maíz, de la misma manera que afecto al aumento de alcohol obtenido ya que a mayor concentración de azúcares fermentables mayor será su densidad inicial y mayor será la biotransformación (glucólisis) y dentro de los rangos de pH ideales al inicio y final de la fermentación todos los tratamientos no presentaron ninguna alteración dentro de los procesos de elaboración de cerveza artesanal dentro de la formulación utilizada en esta investigación, siendo el maíz y la miel adjuntos ideales para la elaboración de cerveza artesanal, por lo que se comprueba y acepta la hipótesis alternativa número uno planteada al inicio de esta investigación.

Ha 1: Al menos una raza local presentara cambios significativos entre las propiedades fisicoquímicas como: pH, grados brix y volumen alcohólico, encontradas en las cuatro razas locales usadas como adjunto para la elaboración de cerveza artesanal.

Se realizó un análisis sensorial a través de un grupo de evaluadores semi-entrenados de 12 personas, se demostró que tratamiento T3 y T4 siendo estos la raza de maíz rojo y maíz negro, obteniendo punteos más altos dentro de los atributos organolépticos comparado con los tratamientos T1 y T2 razas de maíz compuesto blanco y maíz san marceño amarillo, que obtuvieron punteos más bajos para los atributos aroma, sabor, color, vivacidad, y retrogusto por lo que se comprueba y acepta la hipótesis alternativa número dos planteada al inicio de esta investigación.

Ha 2: Al menos una raza local presentara cambios perceptibles entre las propiedades organolépticas analizadas por los evaluadores entre las cuatro razas locales usadas como adjuntos en la fermentación.

En el atributo de impresión general (aceptación) engloba todos los atributos organolépticos de cada tratamiento donde se obtuvieron resultados con diferencias significativas los tratamientos T4 raza de maíz negro, T3 raza de maíz rojo, T2 raza de maíz amarillo san marceño y T1 raza de maíz compuesto blanco, con mayor aceptabilidad son T4 y T3 con porcentajes de aceptación de 75.70, y 70.14, respectivamente comparadas con: T2 y T1 con porcentajes de aceptación de: 69.79 y 65.28, respectivamente. Por lo que se aprueba la hipótesis alternativa número tres planteada en la investigación.

Ha 3: De las cuatro cervezas artesanales con adjuntos de maíz y miel elaboradas al menos una fue aceptable para los evaluadores.

Por ultimo sobre el impacto sociocultural obtenida de los jueces en la evaluación del uso de maíz como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal, fue aceptada a través del análisis de impresión general (aceptación) como una alternativa positiva en la utilización de estas razas de maíz siendo una estrategia guiada en el cuidado, la conservación y recuperación de estas razas dentro de los sistemas productivos familiares, que son parte importante dentro de la evolución cultural de los pueblos y las comunidades rurales específicamente del altiplano rural del Municipio de San Marcos, Por lo que se le da respuesta a las preguntas elaboradas en el planteamiento del problema de esta investigación.

¿Habría algún impacto sociocultural con el uso de las razas locales de maíz como adjunto?
¿Cuál de las cuatro razas de maíz a evaluar combinará con la elaboración de cerveza artesanal con miel?

XII. RECOMENDACIONES

Tomando como base los resultados fisicoquímicos y análisis sensorial de esta investigación es recomendable divulgar la utilización del maíz en la elaboración de cerveza artesanal, el uso como adjunto de los tratamientos T4 y T3 siendo la raza de maíz negro y raza de maíz rojo, presentaron un alto potencial para la utilización como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal brindando la oportunidad de proteger y conservar estos materiales genéticos que se encuentran limitados dentro de la producción familiar en nuestros sistemas productivos de subsistencia.

Se recomienda validar el uso de maíz negro o rojo para la utilización como adjunto o como fuente principal de almidones en la elaboración de cerveza artesanal con la implementación del análisis bromatológico en alimentos y fundamentar con base técnica las características que este aporta como adjunto en las bebidas fermentadas.

Se recomienda realizar un estudio técnico socio-económico, para lograr la industrialización del consumo de cerveza artesanal con adjuntos de maíz y miel a partir de las razas que presentaron mejor comportamiento en las características organolépticas como lo son el maíz negro y maíz rojo y que logre ubicarse en el mercado de la región, así como la protección y conservación de estas razas de maíces en nuestro medio y territorio.

Es indispensable difundir la transformación y el uso de maíces locales en productos de alta demanda como lo es la cerveza artesanal al generar una cultura de consumo local en beneficio a los productores, para mejorar los ingresos económicos mitigando los daños en sus cosechas generando un valor agregado a sus productos (cosechas), de la misma manera fomentando la conservación, recuperación y protección de estos materiales genéticos evitando la degradación y olvido de estas razas de maíces que presentan beneficios a través de la transformación en subproductos desconocidos para los consumidores y la sociedad.

Es recomendable analizar la conformación de los jueces catadores, con jueces de mejores conocimientos y experiencias en el análisis sensorial: Catación y degustación de cervezas artesanales, para mitigar el coeficiente de variación en el análisis de varianza y tener mejor manejo en la unidad experimental durante el jueceo de las muestras evaluadas, que presentaron un alto coeficiente de variación en los aspectos de color, vivacidad (carbonatación) y retrogusto, por la inexperiencia de los jueces fue muy difícil la identificación de estos aspectos que son muy precisos al evaluarlos.

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Asociación Comunitaria por el Agua y la Agricultura,. (2006). *Manual de Apicultura*. El Salvador.
- Agricola, I. d. (22 de junio de 2021). *Maíz ICTA San Marceño Mejorado*. Obtenido de Investigación para el desarrollo agrícola: <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/Maiz%20ICTA%20san%20marceno%20mejorado,,2014.pdf>
- Agricola, I. d. (22 de junio de 2021). *Maíz ICTA, compuesto blanco*. Obtenido de investigación para el desarrollo Agrícola: <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/Maiz%20ICTA%20compuesto%20blanco,%202014.pdf>
- Agricola, I. d. (27 de 04 de 2021). *Programa de maíz*. Obtenido de www.icta.gob.gt/maiz
- Agricultura., A. C. (2006). *Manual de Apicultura*. El salvador: Adociación Comunitaria por el Agua y la Agricultura.
- Alimentación, M. d. (2018). *Agro en Cifras*. Guatemala.: Dirección de Planteamiento Del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.
- Bobadilla, N. R. (2016). *Análisis De Las Propiedades Fisicoquímicas Que Aporta El Maíz Negro (Zea Mays L.) En La Elaboración De Cerveza A Tres Diferentes Temperaturas De Fermentación*. GUATEMALA: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
- Brewers Association & Shutterstock, L. (2003). *Guia de Buenas Practicas de Producción, Distribucion y Comercializacion Para la Cerveza Artesanal de Calidad*. . Estados Unidos.
- Comisión Guatemalteca de Normas, M. d. (s.f.). Norma Guatemalteca Obligatoria NGO 33 006. En M. d. Comisión Guatemalteca de Normas, *Bebidas alcohólicas fermentadas. Cerveza. Especificaciones*. (pág. 4). Guatemala.

- Drapala, A. C. (2018). *Elaboracion Cerveza De Maiz*. Mendoza, Argentina.: Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria.
- Grández, G. (2008). *Evaluacion Sensorial y Fisicoquimica de Nectares Mixtos de Frutas a diferentes Proporciones*. Obtenido de Inocua: <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>
- Instituto De Ciencia Y Tecnologias Agricolas. (2002). El Cultivo Del Maiz En Guatemala. En M. R. López, *El Cultivo Del Maiz En Guatemala* (pág. 5). Guatemala: ICTA.
- Naturaleza., C. N.-U. (2019). *Salvaguardar los parientes silvestres de cultivos mesoamericanos; Sintesis ejecutiva*. Mexico.
- Navarro, M. R. (2015). *Evaluación de tres periodos de secado en campo, en cuatro materiales del maíz (Zea mays L.) en Granja Zahorí, . Cuyotenango, Suchitepéquez.:* CUNSUROC.
- Protegidas., C. N. (22 de Enero de 2022). *El Maiz Patrimonio Cultrural de la Nación*. Obtenido de Dirección de Valoración y Conservación de la Diversidad Biológica del CONAP: <https://conap.gob.gt/el-maiz-patrimonio-cultural-de-la-nacion/>
- Ramírez-Rosas, J. G.-S.-J.-G. (2019). *Evaluacion fisicoquimica de la calidad en salsas de tomate*. Guanajuato.
- Rojas Tello, E. I. (2014). *Evaluacion del grado de aceptabilidad del nectar de fruta con diferentes porcentajes a partir de la granadilla y aguaymanto*. Obtenido de Universidad Nacional del Centro del Peru Facultad de Ingenieria y Ciencias Humanas: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3064>
- Silva, I. A. (2016). *Diagnostico De La Cadena De Miel*. Guatemala: Paisajes Productivos Resilientes Al Cambio Climático Y Redes Socioeconómicas Fortalecidas En Guatemala.

XIV. ANEXOS.

Anexo 1. Hoja de análisis sensorial; cata y degustación de cervezas artesanales.

ANALISIS SENSORIAL:
PRODUCTO: CERVEZA ARTESANAL DE MAIZ Y MIEL.

INSTRUCCIONES: Por favor de una calificación a cada muestra según el atributo sensorial que se le presenta a continuación, primero realice la catación y degustación, indique que características logra encontrar y seguidamente realice una intersección de forma vertical, en donde considere que corresponda e identifique cual de las variedades le da el puntaje correspondiente.

NOMBRE: _____

FECHA: _____ HORA: _____ BLOQUE: _____

ATRIBUTO	VALORACION	VARIEDAD 1	VARIEDAD 2	VARIEDAD3	VARIEDAD 4
1) AROMA	Muy lupulada				
	Lupulada				
	Dulce				
	Caramelo				
	Manzana				
	Tostado				
	Frutos				

puntaje: _____
Bajo Medio Alto

ATRIBUTO	VALORACION	VARIEDAD 1	VARIEDAD 2	VARIEDAD3	VARIEDAD 4
2)VIVASIDAD (CO2)	Burbuja pequeña				
	Burbuja mediana				
	Burbuja Gruesa				
	Ligera				
	Densa				
	Espesa				
	Compacta				

puntaje: _____
Baja Media Burbujeante

ATRIBUTO	VALORACION	VARIEDAD 1	VARIEDAD 2	VARIEDAD3	VARIEDAD 4
3) COLOR	Palida (pale)				
	Dorada (gold)				
	Ambar				
	Marrón (Brown)				
	Negra (Bock)				
	Rojiza				

puntaje: _____
Turbia Clara Traslucida

Anexo 2. Punteos asignados a cada muestra por evaluador, en análisis sensorial.

Repeticiones	AROMA				VIVACIDAD				COLOR			
	T1 COMPUUESTO BLANCO	T2 SAN MARCEÑO	T3 MAIZ ROJO	T4 MAIZ NEGRO	T1 COMPUUESTO BLANCO	T2 SAN MARCEÑO	T3 MAIZ ROJO	T4 MAIZ NEGRO	T1 COMPUUESTO BLANCO	T2 SAN MARCEÑO	T3 MAIZ ROJO	T4 MAIZ NEGRO
1	7.5	3	6	6	7.5	1	6	6	10	7	6	1
2	6	5	6	6	10	2	6	6	1	11	3	10
3	6	1	4.5	6.5	10	6	4.5	7.5	6	6	12	7
4	6	2	6	10	10	2	10	2	3	10	3	6
5	7	7	6.5	6	7	2	6	2	3	6	3	10
6	6	6	6	9	6	1	11	1	1	6	1	1
7	11	6	1	12	6	1	4	3	1	6	2	1
8	6	6	9	2	5	2	5	3	12	6	8	6
9	5	9	9	10	6	6	6	6	6	6	1	8
10	6	1	4	6	6	2	6	2	7	3	6	8
11	5	6	6	8	9	1	11	1	6	12	6	1
12	6	7.5	6	11	1	8	10	0	7.5	3	6	6
	AROMA DULCE CON TOQUES A CARAMELO				BURBUJAS COMPACTAS Y PEQUEÑAS				COLOR DORADO BRILLANTE CON LIGAERAS DESTELOS A AMBAR Y AMBAR OSCURO			

Repeticiones.	SABOR				ALCOHOL EN BOCA				RETROGUSTO			
	T1 COMPUUESTO BLANCO	T2 SAN MARCEÑO	T3 MAIZ ROJO	T4 MAIZ NEGRO	T1 COMPUUESTO BLANCO	T2 SAN MARCEÑO	T3 MAIZ ROJO	T4 MAIZ NEGRO	T1 COMPUUESTO BLANCO	T2 SAN MARCEÑO	T3 MAIZ ROJO	T4 MAIZ NEGRO
1	3	5	12	12	6	5	6	12	2	5	6	12
2	4.5	6	12	12	5	6	12	10	6	7	11	12
3	1	1	12	9	6	6	6	3	7	6	9	9
4	6	6	7	10	6	6	6	6	3	5	7	8
5	6	3	9	11	6	9	9	6	3	3	7	9
6	2	6	11	11	6	6	11	11	6	6	6	11
7	6	6	9	8	6	12	6	6	6	6	7	9
8	1	6	6	7	6	6	6	7	6	2	6	2
9	2	8	9	8	6	9	7	7	6	7	7	7
10	5	5	9	11	4	7	7	11	12	12	4	10
11	1	0	11	11	6	6	11	6	6	12	11	11
12	6	7	12	6	6	6	0	6	5.5	7.5	6	6
	AMARGA CON NOTAS TOSTADAS A MAIZ Y DULZOR A MIEL				CALENTAMIENTO EN BOCA CON PERFIL PICANTE Y NOTAS A VINO				BALANCE ENTRE AMARGO Y DULCE			

EVALUADORES	IMPRESIÓN GENERAL			
	T1 COMPUUESTO BLANCO	T2 SAN MARCEÑO	T3 MAIZ ROJO	T4 MAIZ NEGRO
1	9	8	6	6
2	6	7	6	11
3	6	6	7	9
4	9	5	10	10
5	9	10	7	11
6	6	6	11	11
7	12	12	9	11
8	7	9	8	5
9	5	6	7	8
10	5	12	12	10
11	11	12	12	11
12	9	7.5	6	6
	BUEN CUERPO CON EQUILIBRIO AGRADABLE ENTRE EL CARÁCTER LIVIANO EN LO AMARGO Y DULCE.			

Fuente: Metodología de gabinete y datos recopilados, USAC-CUSAM 2023.

Anexo 3. Valor nutricional del maíz amarillo.

NUTRIENTE	UNIDAD	VALOR CADA 100G. DE PARTE COMESTIBLE
AGUA	Gramos (g)	76
CALORÍAS	Kcal	86
PROTEÍNAS	g	3.3
LÍPIDOS TOTALES	g	1.3
CARBOHIDRATOS	g	19
FIBRA	g	2.0
CALCIO	mg	2.0
HIERRO	mg	05
MAGNESIO	mg	37
FÓSFORO	mg	89
POTÁSIO	mg	270
SODIO	mg	15
VITAMINA C	mg	6.8
VITAMINA B6	mg	0.1
VITAMINA A	U.I	187

Fuente: (Drapala, 2018)

Anexo 4. Componentes nutricionales de la miel de abeja.

Componente	Descripción	Porcentaje
Agua		17.2
Azúcares	Levulosa (d-fructuosa): 38.19 %; Dextrosa (d-glucosa) 31.28 %; Sucrosa (sacarosa): 1.31 %; Maltosa y otros; disacáridos reductores: 7.31 %. Azúcares totales: 79.59	79.59
Ácidos	Glucónico, cítrico, málico, succínico, fórmico.	0.57
Proteínas	Aminoácidos: ácido glutámico, alanina, arginina, glicina, leucina, isoleucina, ácido aspártico, valina, histidina y lisina.	0.26
Cenizas	Minerales: potasio, sodio, magnesio, calcio, fósforo, hierro, manganeso, cobre, etc.	0.17

Componentes menores	Que comprenden principalmente pigmentos, sustancias aromáticas, alcoholes de azúcar, taninos, enzimas y diastasas, entre ellas la amilasa, la peroxidasa, la succindeshidrogenasa, la fosfatasa y las invertasas; vitaminas, entre ellas la tiamina, la riboflavina, el ácido nicotínico, la vitamina k, el ácido fólico, la biotina, la piridoxina y el ácido pantoténico.	2.21
---------------------	---	------

Fuente: (NTG 34-097, 2024)

Anexo 5. Catación y degustación por los jueces, en análisis sensorial.



Fuente: Fotografía tomada por Isaac Miranda, USAC-CUSAM 2023.

Anexo 6. Productos terminados, en la elaboración de cerveza artesanal.



Fuente: Fotografía tomada por Isaac Miranda, USAC-CUSAM 2023.

Anexo 7. Seguimiento a sistemas productivos de maíz en granja agroecológica San Isidro.



Fuente: Fotografía tomada por Isaac Miranda, USAC-CUSAM 2022.