



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustria

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tema:

“OBTENCIÓN DE VODKA A PARTIR DE MAÍZ AMARILLO HIBRIDO (*Zea mays* – Emblema Ultra) Y MAÍZ BLANCO GRANO VITREO (*Zea mays*)
UTILIZANDO ENZIMAS HIDROLIZANTES”

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero/a Agroindustrial otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustria.

Autores:

Danny Jorge Oyato Chacha

Romero Villitanga Licia Nataly

Tutor:

Ing. Darwin Alberto Núñez Torres Mg.

Guaranda – Ecuador

2025

TEMA

“OBTENCIÓN DE VODKA A PARTIR DE MAÍZ AMARILLO HIBRIDO (*Zea mays* – EMBLEMA ULTRA) Y MAÍZ BLANCO GRANO VITREO (*Zea mays*)
UTILIZANDO ENZIMAS HIDROLIZANTES”

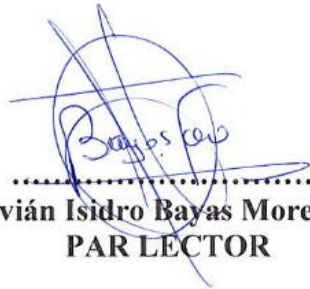
REVISADO Y APROBADO POR:



.....
Ing. Darwin Alberto Núñez Torres Mg.
TUTOR



.....
Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza Mg.
PAR LECTOR



.....
Ing. Favián Isidro Bayas Morejón PhD.
PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo Oyato Chacha Danny Jorge, con C.I. 0250202751 y Romero Villitanga Licia Nataly, con C.I. 0503540825, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



.....
Oyato Chacha Danny Jorge
C.I. 0250202751
e-mail: doyato.mailes@ueb.edu.ec
Teléfono: 0994539510



.....
Romero Villitanga Licia Nataly
C.I. 0503540825
e-mail: licia.romero@ueb.edu.ec
Teléfono: 0991459191





.....
Ing. Darwin Alberto Núñez Torres Mg.
e-mail: danunez@ueb.edu.ec
Teléfono: 0994444536

ESCRITURA N°20250201004P01206


DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:
DANNY JORGE OYATO CHACHA Y
LICIA NATALY ROMERO VILLATANGA
CUANTÍA: INDETERMINADA
Di 2 COPIA

P.A.

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy martes a los veinticinco días del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, ante mi **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, los señores **DANNY JORGE OYATO CHACHA** y **LICIA NATALY ROMERO VILLATANGA** de estado civil soltera, tes por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliado el primero en comparecer en la parroquia Puerto Pechiche, cantón Pueblo Viejo, provincia Los Ríos y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar, con celular número cero nueve nueve cuatro cinco tres nueve cinco uno cero; y, con correo electrónico doyato@mailes.ueb.edu.ec; y, la segunda en comparecer domiciliada en la parroquia Sigchos, cantón Sigchos, provincia Cotopaxi y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar, con celular número cero nueve nueve cuatro cinco nueve uno; y, con correo electrónico licia.romero@ueb.edu.ec; hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura, además a petición expresa de los comparecientes se adjunta sus documentos personales como son las cédulas de ciudadanía y certificados de votación, como documentos habilitantes. Los comparecientes me autorizan de conformidad con el artículo setenta y cinco de la Ley Orgánica de Gestión de la Identidad y Datos Civiles, a la obtención e impresión del Registro Personal Único cuyo custodio es la Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación, que incorporo a la presente escritura. Además, me facultan de conformidad con el artículo sesenta y seis, numeral diecinueve de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el artículo ocho, de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, a declarar y dar un tratamiento legítimo a sus datos personales en el presente instrumento público y además a petición expresa de las partes adjunto sus documentos personales como son cédulas de ciudadanía y certificados de votación, mismos que agrego a esta escritura como habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinadas que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada. Nosotros: **DANNY JORGE OYATO CHACHA** y **LICIA NATALY ROMERO VILLATANGA** de estado civil soltera, declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: **"OBTENCIÓN DE VODKA A PARTIR DE MAÍZ AMARILLO HIBRIDO (Zea mays- Emblema Ultra) Y MAÍZ BLANCO GRANO VITREO (Zea mays) UTILIZANDO ENZIMAS HIDROLIZANTES"**. Previo a la obtención del título de Ingenieros Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustria.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere y leída que les fue íntegramente a los comparecientes por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.-----


SR DANNY JORGE OYATO CHACHA.
C.C.



SRTA. LICIA NATALY ROMERO VILLATANGA.
C.C.



DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA




G.L.C.C.

Documento pre defensa Danny y Nathaly.docx

 My Files

 My Files

 Universidad Estatal de Bolívar

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:532897002

61 páginas

Fecha de entrega

25 nov 2025, 9:23 a.m. GMT-5

12.730 palabras

Fecha de descarga

25 nov 2025, 9:41 a.m. GMT-5

69.632 caracteres

Nombre del archivo

Documento pre defensa Danny y Nathaly.docx

Tamaño del archivo

711.9 KB


.....
Ing. Darwin Alberto Núñez Torres Mg
TUTOR

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Ing. Darwin Alberto Núñez Torres M
TUTOR

DEDICATORIA

El camino Universitario ha sido largo y lleno de desafíos: Días y noches de esfuerzos, estrés e incertidumbre, sin saber si sería capaz de lograrlo. Hoy al cumplir la meta quiero dedicar este trabajo de titulación a las personas que han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza.

A mis padres, María Cleofe Chacha y Lizardo Jorge Oyato, por ser el motor que impulsa mis sueños y por inculcarme el valor del estudio, el trabajo y la perseverancia. Gracias por su amor incondicional y por enseñarme que todo sacrificio tiene su recompensa.

A mis hermanos Angel, Ruben, Lourdes, Milton, Consuelo y Nelly, por sus consejos, su apoyo constante y por motivarme a no rendirme, impulsándome siempre a seguir adelante y a aspirar a convertirme en un gran profesional y empresario.

A mis maestros, quienes con su enseñanza y ejemplo contribuyeron a mi formación académica y personal, ayudándome a ser una persona de bien con solidos valores y conocimientos.

Y a mis amigos, por acompañarme en cada etapa, en los buenos y malos momentos demostrándome lealtad y compañerismo inquebrantable.

A todos ustedes, con gratitud y cariño dedico este logro.

Danny Oyato

DEDICATORIA

Dedico este proyecto, en primer lugar, a Dios por haberme brindado la fortaleza espiritual y emocional necesaria para perseverar en la culminación de uno de los proyectos más significativos de mi vida como también a mi niño de Isinche el cual es la finalización de mi carrera profesional.

A mi hermana Lisbeth mi niña y mi abuelita elena a quienes recuerdo con profundo amor y gratitud, su presencia, aunque intangible ha sido fuente constante de inspiración, motivación y luz. Este logro también le pertenece pues representa el cumplimiento simbólico de un sueño que compartimos, y que ella no tuvo la oportunidad de concretar. Estoy convencida de que de haber tenido esa posibilidad habría llegado aún más lejos.

A mis padres Gerardo y Josefina por su respaldo incondicional su guía permanente y por haber sido pilares fundamentales en mi desarrollo académico y personal. Su fe en mí ha sido esencial para alcanzar esta meta.

A mi hermana Maribel, por su acompañamiento constante, por sus sabios consejos y por ser un ejemplo de fortaleza en medio de las adversidades. Su apoyo ha sido clave para mantenerme enfocada y seguir adelante.

A mis hermanos Edwin, Marco, Klever y Byron, quienes han confiado plenamente en mi proceso formativo y me han brindado su respaldo de manera constante.

A mi tía Martha a quien considero una segunda madre le agradezco profundamente su apoyo integral y su presencia constante en cada etapa de este camino.

A mi querido tío Luis por sus oportunos consejos y por contribuir al fortalecimiento de mi carácter y convicciones.

Este logro académico es el resultado de años de esfuerzo dedicación y sacrificio, pero también del acompañamiento invaluable de cada uno de ustedes. A todo mi más sincero agradecimiento y a mi estrellita en el cielo, gracias por permitirme llegar hasta aquí y tenerlos en mi vida.

Nataly Romero

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por escuchar siempre mi suplicas, peticiones, fortaleciendo mi espíritu y darme la perseverancia necesaria para no rendirme en este camino académico.

A mi madre por su apoyo incondicional, tanto económico como físico, por su amor, esfuerzo y constante motivación. A mi padre y hermanos, gracias por estar siempre presente, por su comprensión, compañía y por brindarme su apoyo en cada momento. Estor inmensamente agradecido con ustedes.

A la universidad mi sincero reconocimiento por abrirme las puertas del conocimiento y la excelencia, por contar con docentes comprometidos que han compartido su sabiduría con dedicación. Al Centro de Investigación, por su colaboración y por facilitar los equipos necesarios para el desarrollo de esta tesis.

De manera especial expreso mi agradecimiento al Ing. Jorge Cordero por sus valiosos consejos, orientación y apoyo constante durante la elaboración de este proyecto.

Finalmente, mi gratitud a todas las personas que de una u otra manera, me brindaron su ayuda, ánimos y compañía en este proceso. Que Dios me los bendiga y guie cada uno de nuestros caminos.

Danny Oyato

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, fuente de fortaleza y sabiduría, por haberme sostenido a lo largo de este proceso formativo. Extiendo este agradecimiento de manera especial a quienes considero mis ángeles en el cielo: mi querida hermana Lisbeth y mi abuelita Elena. Su memoria ha sido una inspiración constante y un motor emocional que me impulsó a continuar y cumplir con el compromiso que un día hice mirando al cielo: dedicar cada uno de mis logros a mi niña Lisbeth. Estoy convencida de que de haber tenido la oportunidad habría alcanzado metas aún más altas. Este es solo el primero de muchos logros que compartimos espiritualmente y que siempre le llevaré presente.

A mis padres, Gerardo y Josefina, les expreso mi más profundo agradecimiento por su acompañamiento permanente, apoyo incondicional y por no haberme dejado sola en ningún momento del proceso. Su presencia ha sido fundamental para alcanzar esta meta académica.

A mi hermana Maribel, gracias por su constante interés en mi bienestar por sus consejos sabios y por motivarme a perseverar, incluso en los momentos más complejos. Ha sido un sostén emocional invaluable y que sea un orgullo para mi sobrino Liam.

A mi hermano mayor, Edwin, por su atención, compromiso y respaldo permanente. Así mismo a mis hermanos Marco, Klever y Byron, quienes han estado presentes cuando más los he necesitado, brindándome su apoyo con generosidad y afecto.

Agradezco también a todas las personas que de una u otra forma formaron parte de este proceso brindándome su aliento y apoyo. De manera especial extiendo mi gratitud al Ing. Darwin Núñez tutor de esta tesis, por su guía académica, asesoramiento oportuno y por contribuir al desarrollo de este trabajo investigativo.

Nataly Romero

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivo Específico.....	5
1.4 HIPÓTESIS.....	6
1.4.1 Hipótesis Nula (H ₀)	6
1.4.2 Hipótesis Alternativa (H ₁).....	6
CAPITULO II	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Maíz.....	7
2.1.1. Ciclo de producción del maíz.....	7
2.1.2. Maíz Amarillo Variedad Emblema Ultra (<i>Zea mays</i> - Emblema Ultra)	8
2.1.2.1. Generalidades.....	8
2.1.2.2. Características de maíz amarillo (<i>Zea mays</i> - Emblema Ultra)8	
2.1.2.3. Clasificación taxonómica del maíz amarillo (<i>Zea mays</i> - Emblema Ultra).....	9
2.1.2.4. Estructura del maíz.....	9

2.1.2.5.	Composición química de maíz amarillo (<i>Zea mays</i> - Emblema Ultra)	10
2.1.2.6.	Producción del cultivo.....	11
2.1.3.	Maíz blanco grano vitreo - <i>Zea mays</i> (morocho).....	11
2.1.3.1.	Características del maíz blanco.....	11
2.1.3.2.	Clasificación taxonómica del maíz blanco (<i>Zea mays</i>).....	12
2.1.3.3.	Estructura del maíz blanco.....	12
2.1.3.4.	Composición química del maíz blanco (<i>grano vitreo</i>).....	13
2.1.3.5.	Producción de cultivo.....	13
2.2.	Levaduras.....	14
2.2.2.	Tipos de levaduras.....	14
2.2.2.1.	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	14
2.2.2.2.	<i>Saccharomyces pastorianus</i>	14
2.2.2.3.	<i>Saccharomyces bayanus</i>	14
2.3.1.1.	Incubación <i>Saccharomyces bayanus</i>	14
2.3.	Enzimas.....	15
2.3.2.	Función de las enzimas.....	15
2.3.3.	Tipos de enzimas.....	15
2.3.3.1.	<i>Alphamyl SBI</i>	15
2.3.3.2.	<i>Endozym AMG</i>	16
2.4.	Hidrólisis.....	16
2.5.	Destilación.....	17
2.5.1.	Destilación Fraccionada.....	17
2.5.1.1.	Ley de Raoult y equilibrio líquido-vapor.....	18

2.5.1.2.	Ecuación de McCabe–Thiele	18
2.5.1.3.	Relación de reflujo	19
2.5.1.4.	Balance global de la columna	19
2.6.	Bebidas alcohólicas.....	20
2.6.1.	Clasificación de bebidas alcohólicas.....	20
2.7.	Fermentación.....	21
2.7.1.	Fases de la fermentación	21
2.7.2.	Tipos de fermentación.....	22
2.7.2.1.	Fermentación de almidones.....	22
2.7.2.2.	Fermentación de azúcares	22
2.8.	Tipos de alcohol	22
2.8.1.	Alcohol etílico o etanol	22
2.8.2.	Alcohol metílico o metanol.....	23
2.8.3.	Alcohol isopropílico o isopropanol.....	24
2.8.4.	Fulfurante	25
2.9.	Vodka	25
2.9.1.	Características del vodka.....	25
2.9.2.	Normas INEN para la elaboración del vodka	26
2.9.3.	Tipos de vodka	26
2.9.3.1.	Vodka de cereales	26
2.9.3.2.	Vodka de tubérculos.....	27
2.9.3.3.	Vodka de maíz.....	27
2.9.3.4.	Vodka de frutas	27
2.9.3.5.	Vodka de maíz amarillo	28

2.9.3.6. Vodka de maíz blanco grano vítreo	28
2.10. Análisis de costo de producción.....	28
2.11. Cromatografía Gaseosa	28
CAPITULO III.....	30
3. MARCO METODOLÓGICO.....	30
3.1. Ubicación de la investigación	30
3.1.1. Localización de la investigación	30
3.1.2. Situación geográfica y edafoclimática	30
3.1.3. Zona de vida.....	31
3.2. Metodología	31
3.2.1. Material en estudio.....	31
3.2.2. Factores de estudio.....	33
3.2.3. Tratamientos.....	33
3.2.4. Características del experimento	33
3.2.5. Tipo de diseño experimental	34
3.2.6. Manejo de la investigación.....	34
3.2.6.1. Análisis bromatológicos de la materia prima.....	34
3.2.6.2. Análisis cromatográfico	35
3.2.6.3. Técnica para el análisis en cromatografía gaseosa.....	35
3.2.6.4. Simulación del proceso de destilación.....	35
3.2.6.5. Proceso de elaboración del vodka.....	36
3.2.6.6. Descripción del proceso de elaboración de vodka.....	37
3.2.7. Métodos de evaluación.....	38
CAPITULO IV.....	40

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1. Interpretación de resultados	40
4.1.1. Caracterizar bromatológicamente la materia prima	40
4.1.2 Determinar el mejor tratamiento para la elaboración del vodka a partir de maíz amarillo y maíz blanco con base en la eficiencia de fermentación y rendimiento de alcohol.....	41
4.1.2.1 Eficiencia de fermentación.....	41
4.1.2.2. Rendimiento de alcohol.....	45
4.1.3. Analizar los alcoholes superiores del mejor tratamiento	49
4.1.4. Realizar un análisis de costo de producción	50
4.2. Comprobación de hipótesis	51
CAPITULO V	53
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
5.1. CONCLUSIONES	53
5.2. RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	DETALLE	Pág.
1	Taxonomía del maíz amarillo.....	9
2	Porcentajes de composiciones químicas del maíz.....	10
3	Taxonomía del maíz blanco variedad grano vitreo	12
4	Composición del maíz.....	13
5	Ficha técnica de la enzima <i>Alphamyl SBI</i>	16
6	Ficha técnica de la enzima <i>Endozym AMG</i>	16
7	Localización de la investigación	30
8	Descripción geográfica del lugar de estudio	30
9	Factores de estudio.....	33
10	Combinación de tratamientos de los factores.....	33
11	Características del experimento	33
13	Análisis bromatológicos de la materia prima.....	34
14	Análisis bromatológico del maíz amarillo	40
15	Análisis bromatológico del maíz blanco	41
16	ANOVA de la eficiencia de fermentación	42
17	Prueba de rangos múltiples	43
18	ANOVA para el rendimiento de alcohol.....	45
19	Medias por Mínimos Cuadrados para dilución con 95% de confianza.....	46
20	Prueba de rangos múltiples para dilución	47
21	Resultados análisis cromatográfico.....	49
22	Comparación de los resultados con la NTE INEN 369.....	50
23	Comprobación de los valores F en el rendimiento de alcohol	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	DETALLE	Pág.
1	Maíz amarillo Emblema Ultra.....	8
2	Partes de la semilla del maíz.....	10
3	Grano de maíz variedad grano vitreo.....	11
4	Partes del grano de maíz variedad vitreo.....	13
5	Sistema de destilación fraccionada en laboratorio.....	17
6	Diagrama de las fases de la fermentación alcohólica.....	22
7	Fórmula desarrollada del alcohol etílico.....	23
8	Fórmula desarrollada del alcohol metílico.....	24
9	Fórmula desarrollada del alcohol isopropílico.....	24
10	Fórmula desarrollada del fulfural.....	25
11	Simulación del proceso de destilación fraccionada.....	35
12	Diagrama de flujo para la elaboración de vodka.....	36
13	Gráfica de medias.....	43
14	Gráfico de medias del factor B.....	44
15	Gráfica de interacciones entre los factores de estudio.....	44
16	Gráfica de medias para dilución Factor A.....	47
17	Gráfica de medias para dilución Factor B.....	48
18	Gráfica de interacciones entre los factores de estudio.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	DETALLE	Pág.
1	Mapa y coordenadas del laboratorio de vinculación de la UEB	72
2	Mapa y coordenadas del laboratorio general de la UEB.....	72
3	Análisis bromatológico del maíz amarillo	73
4	Análisis bromatológico del maíz blanco	74
5	Análisis del contenido de almidón	75
6	Análisis de cromatografía gaseosa	76
7	Normativa Técnica Ecuatoriana. Bebidas alcohólicas. Vodka. Requisitos	77
8	Ecuación para la estandarización	78
9	Evidencia fotográfica del desarrollo del trabajo de investigación	79

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo obtener vodka a partir de maíz amarillo híbrido (*Zea mays* – Emblema Ultra) y maíz blanco de grano vítreo (*Zea mays*), empleando enzimas hidrolizantes Alphamyl SB1 (α -amilasa termoestable) y Endozym AMG (glucoamilasa) para la conversión de almidones y *Saccharomyces cerevisiae* como agente fermentador. La investigación se fundamentó en el limitado aprovechamiento agroindustrial del maíz en Ecuador, lo que restringe las posibilidades de diversificación económica y expone a los productores a la dependencia de precios de mercado, generando desventajas competitivas. Se realizaron análisis bromatológicos de humedad, cenizas y almidón de las materias primas, conforme a la NTE INEN 187 (2013). A nivel experimental se evaluaron las variedades de maíz y la temperatura de fermentación, determinando su incidencia en la eficiencia fermentativa y el rendimiento alcohólico. Del tratamiento más eficiente, y de acuerdo con la NTE INEN 2014, se determinó mediante cromatografía de gases la fracción volumétrica de alcohol, así como la presencia de metanol, furfural y alcoholes superiores. Los datos fueron procesados mediante ANOVA multifactorial y comparación de medias al 95 % de confianza. Los resultados mostraron que el maíz amarillo presentó mayor contenido de almidón (67,31 %) respecto al blanco (64,94 %), mientras que este último registró un mayor contenido de cenizas (1,53 % frente a 1,19 %). En ambos casos, la humedad se mantuvo alrededor del 11 %, cumpliendo con la NTE INEN 187 (2013). El mejor tratamiento correspondió al uso de maíz amarillo a una temperatura de fermentación de 28 °C, alcanzando un volumen de 230,66 ml tras triple destilación, con un contenido alcohólico de 92 % v/v. Los resultados cromatográficos evidenciaron un nivel de alcoholes superiores de 0,5 mg/100 cm³ AA, un contenido alcohólico final de 43 % v/v, y concentraciones de metanol y furfural < 0,01 mg/100 cm³ AA. En función de estos hallazgos, el producto obtenido cumplió con los requisitos establecidos en la Norma Ecuatoriana INEN 369 (2016) para vodka.

Palabra claves: Maíz, enzimas, levadura, fermentación, destilación, alcohol.

SUMMARY

The objective of this study was to obtain vodka from hybrid yellow corn (*Zea mays* – Emblema Ultra) and white vitreous corn (*Zea mays*), using Alphamyl SB1 (thermostable α -amylase) and Endozym AMG (glucoamylase) hydrolyzing enzymes for starch conversion and *Saccharomyces cerevisiae* as a fermenting agent. The research was based on the limited agro-industrial use of corn in Ecuador, which restricts the possibilities for economic diversification and exposes producers to dependence on market prices, creating competitive disadvantages. Bromatological analyses of moisture, ash, and starch in the raw materials were performed in accordance with NTE INEN 187 (2013). At the experimental level, corn varieties and fermentation temperature were evaluated, determining their impact on fermentation efficiency and alcohol yield. From the most efficient treatment, and in accordance with NTE INEN 2014, the volumetric fraction of alcohol was determined by gas chromatography, as well as the presence of methanol, furfural, and higher alcohols. The data were processed using multifactorial ANOVA and comparison of means at a 95% confidence level. The results showed that yellow corn had a higher starch content (67.31%) than white corn (64.94%), while the latter had a higher ash content (1.53% vs. 1.19%). In both cases, moisture content remained around 11%, complying with NTE INEN 187 (2013). The best treatment was the use of yellow corn at a fermentation temperature of 28°C, reaching a volume of 230.66 ml after triple distillation, with an alcohol content of 92% v/v. Chromatographic results showed a level of higher alcohols of 0.5 mg/100 cm³ AA, a final alcohol content of 43% v/v, and methanol and furfural concentrations < 0.01 mg/100 cm³ AA. Based on these findings, the product obtained met the requirements established in Ecuadorian Standard INEN 369 (2016) for vodka.

Keywords: Corn, enzymes, yeast, fermentation, distillation, alcohol.

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La producción de bebidas alcohólicas destiladas ha sido una práctica milenaria que ha evolucionado con el tiempo mediante la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos. Entre estas bebidas, el vodka se destaca por su pureza, neutralidad sensorial y versatilidad en su producción, la cual puede realizarse a partir de una amplia gama de materias primas ricas en almidón, como papas, granos y, en particular, el maíz. La elección del tipo de grano, el tratamiento previo y el proceso de fermentación y destilación, son factores determinantes en la calidad del producto final (López S. , 2023).

En este contexto, el maíz representa una alternativa viable y estratégica para la elaboración de vodka, debido a su alta disponibilidad, contenido de almidón y adaptabilidad agronómica. En Ecuador, variedades como el maíz amarillo híbrido (*Zea mays* – Emblema Ultra) y el maíz blanco de grano vítreo (*Zea mays*) se cultivan extensamente y presentan características adecuadas para su aprovechamiento industrial, no solo como alimento, sino también como materia prima en la industria de bebidas alcohólicas (Weiss & et al , 2023).

El proceso de obtención de vodka a partir de maíz implica una conversión eficiente del almidón en azúcares fermentables, lo cual puede optimizarse mediante el uso de enzimas hidrolizantes. Estas enzimas, como la alfa-amilasa y la glucoamilasa, permiten una hidrólisis más controlada y eficiente del almidón, mejorando el rendimiento en etanol y la calidad sensorial del producto. La aplicación de estos biocatalizadores en procesos biotecnológicos representa un avance en la eficiencia y sostenibilidad de la producción de destilados (Ordóñez, 2022).

En Ecuador, si bien existe una amplia tradición en la producción de bebidas fermentadas y destiladas artesanales, como la chicha de jora, el pájaro azul o las puntas, aún es limitado el desarrollo industrial de productos destilados a partir de cultivos nacionales con valor agregado. En este sentido, la presente investigación busca contribuir al aprovechamiento del potencial agrícola del maíz, explorando su transformación en un producto de alta calidad como el vodka, mediante un proceso biotecnológico que involucra el uso de enzimas hidrolizantes (Chipre , 2021).

Por tanto, esta tesis tiene como objetivo principal la obtención de vodka a partir de maíz amarillo híbrido (*Zea mays* – Emblema Ultra) y maíz blanco grano vítreo (*Zea mays*), evaluando el rendimiento fermentativo y destilativo, así como las características fisicoquímicas y organolépticas del producto final. Este estudio busca aportar al desarrollo de una alternativa innovadora y sustentable en la industria de bebidas alcohólicas ecuatoriana, promoviendo el uso eficiente de los recursos agrícolas locales.

1.2 PROBLEMA

El maíz constituye uno de los cereales más importantes a nivel global, no solo por su relevancia en la seguridad alimentaria, sino también por su papel en la industria pecuaria y en la producción de biocombustibles. Sin embargo, el cultivo enfrenta desafíos significativos relacionados con la baja diversificación de sus usos en determinados mercados, lo que genera dependencia de sectores específicos y limita el desarrollo de cadenas de valor más amplias. A esto se suman los problemas de volatilidad en los precios internacionales, la competencia entre granos para consumo humano y animal, así como la presión por innovar en productos derivados que permitan mayor sostenibilidad económica para los productores. En este sentido, la falta de valor agregado en muchas regiones productoras de maíz se traduce en menores márgenes de rentabilidad y en vulnerabilidad frente a las dinámicas del comercio mundial (Peña , 2020).

En América Latina, el maíz es un cultivo estratégico tanto en términos económicos como culturales, ya que forma parte de la dieta básica y de la economía agrícola de millones de familias. Sin embargo, gran parte de la producción regional, especialmente del maíz amarillo, se destina casi de manera exclusiva a la alimentación animal y a la elaboración de balanceados. Esta situación genera una fuerte dependencia de la industria pecuaria y limita el aprovechamiento del potencial del maíz en áreas como la innovación agroindustrial, la producción de insumos para la industria alimentaria y el desarrollo de bioproductos. Asimismo, los productores latinoamericanos enfrentan desventajas comerciales debido a la falta de políticas que aseguren precios justos y mecanismos de comercialización eficientes, lo que repercute en ingresos reducidos y en una competitividad limitada frente a mercados internacionales con mayor nivel de transformación industrial (Estrada M. , 2021).

En el caso de Ecuador, el maíz amarillo es el cultivo transitorio más extendido, con una producción estimada de 1,38 millones de toneladas en el año 2021, de las cuales entre el 78% y 80% corresponden a maíz duro destinado a la alimentación animal. De manera paralela, el maíz blanco (particularmente el morocho) presenta un uso casi exclusivo en la preparación de bebidas tradicionales, con escasas aplicaciones

en otros sectores productivos. Este limitado aprovechamiento del grano reduce las posibilidades de diversificación económica y aumenta la dependencia de precios de mercado que, según el Banco Central del Ecuador, suelen ser desfavorables para los agricultores, ya que los comerciantes frecuentemente no respetan los valores oficiales de compra. En consecuencia, los productores ven reducida su rentabilidad y limitada su capacidad de innovación. Esta problemática evidencia la necesidad de explorar alternativas de valor agregado que diversifiquen el uso del maíz amarillo y del morocho, fomentando su transformación en productos de mayor demanda y estabilidad económica (Chávez & et al , 2020).

Por lo que, para esta investigación planteamos la siguiente pregunta, ¿Cómo se pueden desarrollar alternativas de aprovechamiento para el maíz amarillo y el morocho que permitan diversificar su uso más allá de la alimentación animal y las bebidas tradicionales, respectivamente, contribuyendo así a maximizar su potencial económico y productivo?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Obtener vodka a partir de maíz amarillo híbrido (*Zea mays* – Emblema Ultra) y maíz blanco grano vitreo (*Zea mays*) utilizando enzimas hidrolizantes.

1.3.2 Objetivo Específico

- Caracterizar bromatológicamente la materia prima.
- Determinar el mejor tratamiento para la elaboración del vodka a partir de maíz amarillo y maíz blanco con base en la eficiencia de fermentación y rendimiento de alcohol.
- Analizar los alcoholes superiores del mejor tratamiento.
- Realizar un análisis de costos de producción.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis Nula (H_0)

No existe una diferencia significativa en el rendimiento de alcohol del vodka obtenido entre el maíz amarillo híbrido (*Zea mays*-Emblema Ultra) y el maíz blanco grano vítreo (*Zea mays*) al utilizar enzimas en el proceso.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

1.4.2 Hipótesis Alterna (H_1)

Si existe una diferencia significativa en el rendimiento de alcohol del vodka entre ambos tipos de maíz al utilizar enzimas en el proceso.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Maíz

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, no solo por su uso como alimento para humanos y animales, sino también por ser materia prima en la elaboración de diversos productos industriales. Esta planta, conocida comúnmente como maíz, deriva su nombre de la palabra taína *mays*, utilizada por los indígenas del Caribe para referirse a ella. *Zea mays* es una gramínea anual originaria de América que fue introducida en Europa en el siglo XVI. Actualmente, es el cereal con mayor producción global, superando al trigo y al arroz. El término *Zea* tiene su origen en el griego *Zeo*, que significa "vivir". Además, dependiendo de la región, este cereal recibe distintos nombres en español, como oroña, danza, zara, millo, mijo o panizo (Jaime, 2024).

2.1.1. Ciclo de producción del maíz

El ciclo de producción del maíz (*Zea mays L.*) comprende un conjunto de etapas fenológicas que inician con la siembra y culminan con la cosecha, las cuales están determinadas por factores genéticos, ambientales y de manejo agronómico. Dicho ciclo puede variar entre 90 y 180 días, dependiendo de la variedad cultivada y de las condiciones agroclimáticas del entorno (Granados & et al, 2023).

En la fase de establecimiento, se realiza la preparación del suelo mediante labores de arado y nivelación, seguidas de la siembra, que puede efectuarse de manera manual o mecanizada. La germinación ocurre generalmente entre los 5 y 10 días posteriores, siempre que existan niveles adecuados de humedad y temperatura. Posteriormente, se desarrolla la etapa vegetativa, caracterizada por el crecimiento de hojas, raíces y tallo. Durante este período, el maíz requiere un suministro constante de nutrientes, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, así como un manejo adecuado del riego y el control de malezas y plagas (Andrade & et al, 2023).

La fase reproductiva se divide en la floración y el llenado de grano. En la floración, ocurre la emisión de la espiga y la seda, proceso crítico para la polinización y el cuajado de granos. La sincronía entre la liberación de polen y la receptividad de las

sedas es determinante para lograr altos rendimientos. En el llenado de grano, se da la acumulación de almidón, proteínas y lípidos, factores que definen tanto la calidad como el rendimiento del cultivo. Finalmente, en la fase de madurez fisiológica, los granos alcanzan su contenido máximo de materia seca y disminuyen progresivamente sus niveles de humedad, permitiendo su cosecha. Este momento es clave para evitar pérdidas postcosecha y garantizar la conservación del producto (Guamán & et al, 2020).

Figura 1

Maíz amarillo Emblema Ultra



Nota. Tomando de (Mancheno & et al, 2024).

2.1.2. Maíz Amarillo Variedad Emblema Ultra (*Zea mays* - Emblema Ultra)

2.1.2.1. Generalidades

El maíz Emblema Ultra es un híbrido de maíz amarillo (*Zea mays*) desarrollado por la empresa Interoc en Ecuador. Fue lanzado al mercado ecuatoriano en mayo de 2022, durante un evento en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos. En los últimos años el maíz amarillo (*Zea mays* Emblema Ultra) duro que se cultiva principalmente en la costa ha tenido incrementos importantes es el rendimiento, a las innovaciones el uso de semillas certificadas, técnicas de nutrición de cultivo, riego y cadena de valor (Albán & et al, 2023). Ahora su cultivo se ha extendido a muchos países de las regiones templadas y cálidas del mundo, tanto como planta alimenticia, también es excelente para forraje y para aplicaciones industriales (Mestanza & et al , 2025).

2.1.2.2. Características de maíz amarillo (*Zea mays* - Emblema Ultra)

Según Interoc (2022) el maíz amarillo emblema Ultra se caracteriza por su alto rendimiento y resultados superiores en comparación con otras variedades. Aunque las fuentes disponibles no detallan todas las características específicas del Emblema

Ultra, se sabe que está diseñado para adaptarse a las condiciones agroclimáticas de las zonas maiceras de Ecuador, ofreciendo a los agricultores una opción tecnológica avanzada para mejorar su producción. Su alto rendimiento y adaptabilidad a las condiciones locales, brindando a los agricultores una opción eficiente para optimizar su producción de maíz.

2.1.2.3. Clasificación taxonómica del maíz amarillo (*Zea mays* - Emblema Ultra)

Según Conterón (2021) la clasificación taxonómica se define en:

Tabla 1

Taxonomía del maíz amarillo

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae Barnhart
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>Z. Maíz</i>

Nota. Tomado de Conterón (2021).

2.1.2.4. Estructura del maíz

- **Pericarpio:** Es la capa externa que envuelve al grano, actuando como una barrera protectora contra agentes externos como hongos y bacterias. Está compuesto principalmente por fibra cruda (aproximadamente 86%) y se caracteriza por su dureza y aspecto brillante (Praseptiangga et al., 2022).
- **Endospermo:** Alrededor del 82 por ciento del peso seco del grano de maíz consiste en endospermo. El almidón es la fuente principal y la parte más utilizada del grano. Se lo conoce como el componente clave en combustibles, edulcorantes, bioplásticos y otros productos.
- **Germen:** Se localiza en la zona más baja del grano, ocupa una buena parte del grano de maíz, para ser más exactos un 9 a 12% del volumen del grano. Tiene como objetivo funcionar a modo de semilla, ya que se encarga de generar mediante la germinación una nueva planta de maíz. Esta parte del grano se encuentra en la zona mas baja la cual ocupa una gran parte del maíz

y tiene como objetivo ser utilizado modo semilla ya que es el lugar donde se genera la zona de germinación una nueva vida o planta. (Analuisa & et al, 2023).

Figura 2

Partes de la semilla del maíz



Nota. Tomado de (Estrada & et al, 2023)

2.1.2.5. Composición química de maíz amarillo (*Zea mays* - Emblema Ultra)

El maíz amarillo (*Zea mays*) es un cereal de gran importancia nutricional y económica un estudio realizado en 2020 por la Universidad Autónoma de Querétaro se centró en la caracterización física, química y nutraceutica de tres variedades de maíz criollo pigmentado (blanco, amarillo y negro). Aunque este estudio no aborda específicamente la variedad “Emblema Ultra”, proporciona datos valiosos sobre la composición química del maíz amarillo criollo (Martínez, 2023).

Según la calidad nutricional y las propiedades nutraceuticas del maíz. Esta fuente ofrece información general sobre la composición química y el valor nutricional del maíz, incluyendo aspectos como el contenido de proteínas, carbohidratos, almidón y carotenoides en variedades de maíz amarillo (Martínez, 2023).

Tabla 2

Porcentajes de composiciones químicas del maíz

Componente	Porcentaje%
Almidón	72-73
Proteínas	8-11
Grasas	3
Ceniza	1,43
Azúcar	1-3

Nota. Tomado de Gopal (2022).

2.1.2.6. Producción del cultivo

La producción de maíz en Ecuador generó ventas que alcanzaron los 228,6 millones de dólares. En el sector de Quimis, provincia de Manabí, productores han reportado los beneficios del uso de Emblema Ultra, destacando rendimientos de hasta 225 quintales por hectárea con una densidad de siembra de 78.000 plantas por hectárea (Analuisa, Análisis y caracterización de la cadena de valor del maíz duro en la provincia de Manabí –Ecuador, 2022). A nivel nacional, Ecuador cuenta con un área promedio de siembra anual de 250.000 hectáreas, lo que representa una producción aproximada de 1,4 millones de toneladas, siendo las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas las principales zonas productoras (Albán & et al, 2024).

2.1.3. Maíz blanco grano vitreo - *Zea mays* (morocho)

En el Ecuador, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) desarrolló la variedad mejorada INIAP-160 a partir de la población básica Morocho Blanco (Pool Andino 7). Esta variedad fue seleccionada por sus altos rendimientos y estabilidad, tras evaluaciones en 31 localidades durante siete años (Salvador & Pedrosa , 2020).

Figura 3

Grano de maíz variedad grano vitreo



Nota. Tomado de (Zambrano & et al, 2019).

2.1.3.1. Características del maíz blanco

El maíz blanco, conocido en Ecuador como "morocho", es una variedad de *Zea mays* caracterizada por sus granos de color blanco y textura harinosa. La variedad mejorada INIAP-160 de maíz morocho blanco muestra una mayor precocidad en comparación con las variedades locales, lo que permite una cosecha más temprana (Ramírez & et al, 2021).

2.1.3.2. Clasificación taxonómica del maíz blanco (*Zea mays*)

El maíz blanco, conocido en Ecuador como (morocho) es una variedad de *Zea mays* que se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera (Velasco & et al, 2020).

Tabla 3

Taxonomía del maíz blanco variedad grano vitreo

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea maíz</i>

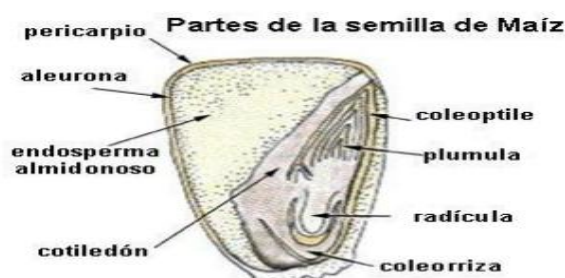
Nota. Tomado de (Morales, 2021).

2.1.3.3. Estructura del maíz blanco

- **Pericarpio:** Es la capa externa que envuelve al grano, actuando como una barrera protectora contra agentes externos como hongos y bacterias. Está compuesto principalmente por fibra cruda (aproximadamente 86%) y se caracteriza por su dureza y aspecto brillante (Praseptiangga & et al, 2022).
- **Endospermo:** Alrededor del 82 por ciento del peso seco del grano de maíz consiste en endospermo. El almidón es la fuente principal y la parte más utilizada del grano. Se lo conoce como el componente clave en combustibles, edulcorantes, bioplásticos y otros productos.
- **Germen:** Esta parte se encuentra ubicado en la parte inferior del grano y representa aproximadamente entre el 9 y el 12 % de su volumen total lo cual su función principal es actuar como la parte reproductiva ya que a través de la germinación permite el desarrollo de una nueva planta de maíz. El germen contiene elevadas concentraciones de vitaminas, minerales, proteínas, lípidos y azúcares.

Figura 4

Partes del grano de maíz variedad vitreo



Nota. Tomado de Gutiérrez (2024).

2.1.3.4. Composición química del maíz blanco (*grano vitreo*)

El maíz blanco, conocido en Ecuador como "morocho", es una variedad de *Zea mays*. que se caracteriza por su composición química rica en nutrientes esenciales como: proteínas, grasas, fibra, almidón, minerales, vitaminas y aminoácidos esenciales. Aunque el maíz es deficiente en ciertos aminoácidos como lisina y triptófano, las variedades mejoradas han mostrado un aumento en estos componentes, mejorando la calidad proteica del grano (Chan & et al , 2020).

Tabla 4

Composición del maíz

Componente	Porcentaje%
Almidón	72-73
Proteínas	8-11
Grasas	3
Ceniza	1,43
Azúcar	1-3

Nota. Tomado de (Gopal & et al, 2022).

2.1.3.5. Producción de cultivo

En 2021, Ecuador sembró aproximadamente 355,000 hectáreas de maíz, con una producción estimada de 1,38 millones de toneladas. De esta producción, entre el 78% y el 80% corresponde a maíz duro, mientras que el 20% al 22% es maíz suave (Zambrano & Caviedes, 2022). El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha desarrollado tecnologías y variedades de maíz para mejorar la productividad y adaptabilidad del cultivo en diversas regiones del país.

2.2. Levaduras

Las levaduras son un microorganismo unicelular, generalmente un hongo, que se utiliza en diversos procesos biotecnológicos, como la fermentación para la producción de pan, cerveza, vino y otros productos. La especie más comúnmente utilizada es *Saccharomyces cerevisiae*, aunque existen otras variedades con aplicaciones específicas en la industria alimentaria, farmacéutica y biotecnológica (Maicas, 2020).

2.2.2. Tipos de levaduras

2.2.2.1. *Saccharomyces cerevisiae*

Es la levadura más utilizada en la fermentación alcohólica debido a su alta tolerancia al alcohol y su capacidad para fermentar una amplia gama de azúcares. Contribuye a la producción de etanol y puede influir en el perfil de sabor del destilado (López & García , 2020).

2.2.2.2. *Saccharomyces pastorianus*

Utilizada en la producción de cervezas lager, esta levadura es conocida por su capacidad para fermentar a temperaturas más bajas, lo que puede resultar en perfiles de sabor más limpios y menos esteroides (Timouma & et al, 2021).

2.2.2.3. *Saccharomyces bayanus*

Esta levadura es resistente a altas concentraciones de alcohol y se emplea en la fermentación de vinos espumosos y champán. Su uso en la destilación de vodka podría influir en la eficiencia de la fermentación y en la producción de alcohol (Rodas & et al, 2024).

2.2.2.4. Incubación *Saccharomyces bayanus*

Según Dimopoulou y colaboradores (2023) durante la fermentación alcohólica, *S. bayanus* convierte los azúcares presentes en el mosto en etanol y dióxido de carbono. Además, esta levadura produce compuestos volátiles como ésteres y alcoholes superiores, que pueden influir en el perfil aromático de la bebida, es conocida por su tolerancia a bajas temperaturas de fermentación, típicamente entre

10 °C y 15 °C lo que ayuda a reducir la formación de compuestos no deseados y a preservar un perfil de sabor limpio en el producto final.

2.3. Enzimas

Las enzimas son proteínas que actúan como catalizadores biológicos, acelerando las reacciones químicas dentro de los organismos vivos. Son esenciales en procesos biológicos como la digestión, la síntesis de moléculas y la descomposición de compuestos. Las enzimas tienen un sitio activo específico donde se unen con las moléculas llamadas sustratos y las convierten en productos a través de reacciones químicas (Lewis & Stone, 2023).

2.3.1. Función de las enzimas

Según Yu y colaboradores (2023) las enzimas desempeñan un papel fundamental en la producción de vodka, facilitando la conversión de almidones presentes en materias primas como granos o patatas en azúcares fermentables, que posteriormente se transforman en alcohol. El calor activa las enzimas naturales presentes en los granos, como las amilasas, que descomponen los almidones en azúcares simples fermentables.

Las enzimas continúan facilitando la descomposición de moléculas complejas, asegurando una fermentación eficiente y una mayor producción de alcohol. Las enzimas son esenciales en la producción de vodka, ya que catalizan la transformación de almidones en azúcares fermentables, permitiendo una fermentación efectiva y la obtención de un destilado de alta calidad.

2.3.2. Tipos de enzimas

2.3.2.1. Alphamyl SB1

Según Barbosa y colaboradores (2024) Alphamyl SB1 es una enzima alfa-amilasa termoestable de origen bacteriano, específicamente derivada de *Bacillus licheniformis*. Su principal aplicación es en la industria cervecera, donde se utiliza durante la fase de maceración para facilitar la hidrólisis del almidón y su conversión en maltosa, glucosa y dextrinas solubles. Esto resulta en una reducción de la viscosidad de la masa de cereal y en la obtención de un mosto más concentrado, incrementando el rendimiento en la fase de maduración.

Tabla 5*Ficha técnica de la enzima Alphamyl SB1*

Ficha técnica	
Temperatura óptima de actividad	65 – 90°C (149 – 194°F)
Rango de pH óptimo	5,4 – 6,5 (óptimo 6,0)
Actividad enzimática	6000 TAU/g
Forma física	Líquida

Nota: Tomado de Avenue (2023).**2.3.2.2. Endozym AMG**

Es una preparación enzimática purificada basada en glucoamilasa, diseñada para la hidrólisis completa del almidón durante la producción de cerveza. Su acción permite la conversión total del almidón licuado en glucosa, facilitando la fermentación y la obtención de cervezas con bajo contenido de carbohidratos residuales (Baccin & Sfreddo, 2024).

Tabla 6**Ficha técnica de la enzima Endozym AMG.**

Ficha técnica	
Composición.	Glucoamilasa derivada de la fermentación controlada de una cepa fúngica de <i>Aspergillus niger</i> .
Forma física.	Líquida.
Temperatura óptima de actividad.	50-75°C / 122-167°F Óptimo: 65°C / 149°F
Rango de pH.	3,0 a 5,5 Óptimo: 4,0
Temperatura de aplicación.	Durante la maceración, en mosto frío, durante la fermentación o en el tanque de almacenamiento.

Nota: Tomado Avenue (2023).**2.4. Hidrólisis**

La hidrólisis es un proceso químico mediante el cual una molécula se descompone en dos o más fragmentos más simples a través de la reacción con una molécula de agua. En este mecanismo, el agua participa como reactivo, aportando un ion

hidroxilo (OH^-) y un protón (H^+), los cuales se incorporan a los productos resultantes de la reacción. Este fenómeno puede ocurrir de manera espontánea en condiciones naturales o ser inducido por la acción de catalizadores, tales como ácidos, bases o enzimas específicas (Liu & et al, 2025).

Desde el punto de vista bioquímico, la hidrólisis desempeña un papel fundamental en procesos metabólicos esenciales, como la degradación de carbohidratos, lípidos y proteínas en sus monómeros constituyentes, facilitando su absorción y utilización por los organismos vivos. En el ámbito industrial, este mecanismo se aplica en la producción de biocombustibles, la obtención de compuestos de interés farmacéutico y la modificación de polímeros naturales y sintéticos (Rogers & Parker, 2025).

2.5. Destilación

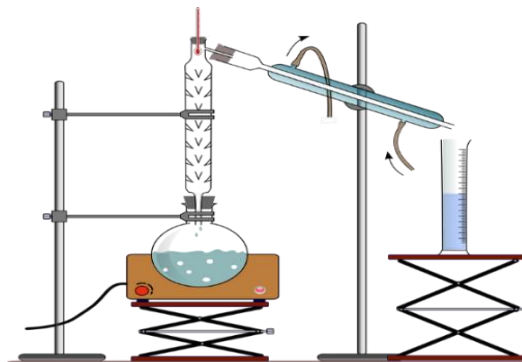
La destilación es una técnica de laboratorio utilizada en la separación de sustancias miscibles. El objetivo principal de la destilación consiste en separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus diferentes volatilidades, o bien, separar materiales volátiles de otros no volátiles (Hsieh & et al, 2023).

2.5.1. Destilación Fraccionada

Se realiza mediante una columna de fraccionamiento, que está formada por diferentes placas en las que se produce sucesivamente la vaporización y la condensación, garantizando una mayor pureza en los componentes separados (Pereira & et al, 2022).

Figura 5

Sistema de destilación fraccionada en laboratorio



Nota. Tomado de Hsieh (2023).

2.3.2.3. Ley de Raoult y equilibrio líquido-vapor

La Ley de Raoult describe el equilibrio líquido-vapor para soluciones ideales, donde la presión de vapor de un componente en la mezcla es directamente proporcional a su presión de vapor pura y su fracción molar en la solución. Este principio se fundamenta en la idea de que la presencia de un soluto reduce la presión de vapor de un disolvente, disminuyendo su tendencia a escapar hacia la fase de vapor (Soroush & Bahadori, 2017).

$$y_i = \frac{x_i \gamma_i P_i^{sat}(T)}{P}$$

Donde:

y_i : fracción molar en la fase vapor del componente i .

x_i : fracción molar en la fase líquida.

γ_i : coeficiente de actividad (desviación de la idealidad).

$P_i^{sat}(T)$: presión de vapor del componente i a la temperatura T .

P : presión total del sistema.

2.3.2.4. Ecuación de McCabe–Thiele

El método de McCabe-Thiele es un enfoque gráfico para el diseño de columnas de destilación que utiliza un diagrama para determinar el número de etapas teóricas, el plato óptimo de alimentación y la relación de reflujo (León & et al, 2024).

$$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_D}{R+1}$$

Donde:

y : composición del vapor.

x : composición del líquido.

x_D : fracción molar de etanol en el destilado.

2.3.2.5. +Relación de reflujo

La relación de reflujo de destilación es la proporción entre el líquido condensado que se regresa a la columna de destilación y el líquido que se extrae como producto, es un parámetro crucial en la destilación fraccionada que determina la eficiencia de la separación de componentes, permitiendo un mejor contacto entre el vapor ascendente y el líquido descendente para enriquecer los componentes más volátiles (Sánchez & et al, 2012).

$$R = \frac{L}{D}$$

Donde:

R: relación de reflujo

L: flujo de líquido que retorna a la columna.

D: destilado retirado.

2.3.2.6. Balance global de la columna

Un balance global de la columna de destilación es un cálculo fundamental en ingeniería química que aplica los principios de conservación de la materia para determinar las cantidades de flujo de entrada y salida, incluyendo la alimentación, los productos (destilado y residuo) y el reflujo. Este balance se enfoca en la columna completa como un único sistema, ignorando la separación de los componentes entre los platos y asumiendo que el sistema opera en equilibrio termodinámico (García & et al, 2017).

$$F = D + B$$

$$Fz_i = Dx_{D,i} + Bx_{B,i}$$

Donde:

F: flujo de alimentación.

D: flujo de destilado.

B: flujo de fondo.

x_i : composición de la alimentación.

$x_{D,i}, x_{B,i}$: composiciones en destilado y fondo.

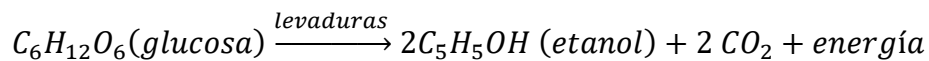
2.6. Bebidas alcohólicas

Una bebida alcohólica es aquella que contiene alcohol etílico (etanol) como ingrediente principal, el cual se obtiene generalmente a través de un proceso de fermentación o destilación de diferentes materias primas como frutas, granos, caña de azúcar o arroz. El alcohol y las bebidas alcohólicas contienen etanol, que es una sustancia psicoactiva y tóxica cuyas propiedades pueden producir dependencia. Entre las bebidas alcohólicas más comunes se encuentran la cerveza, el vino, el licor y el aguardiente (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.6.1. Clasificación de bebidas alcohólicas

Bebidas Fermentadas: Obtenidas mediante la transformación de sustratos orgánicos principalmente carbohidratos como glucosa, fructosa o maltosa en otros compuestos más simples gracias a la acción de enzimas microbianas. Dependiendo del microorganismo y de las condiciones, pueden producirse también ácidos orgánicos (láctico, acético), glicerol, ésteres y compuestos aromáticos que influyen en el sabor y aroma (Chong & et al, 2023).

Ecuación general de la fermentación alcohólica



En el proceso de glucólisis la glucosa se degrada en piruvato dentro de la célula microbiana. Posteriormente en la fermentación el piruvato se convierte en productos finales según el tipo de microorganismo, las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) producen etanol y CO₂ se obtienen productos como el vino, cerveza, chicha; las bacterias lácticas (*Lactobacillus*, *Streptococcus*) producen ácido láctico se obtiene productos como kumis, kéfir, yogurt bebible; las bacterias acéticas (*Acetobacter*) producen ácido acético que se obtiene a partir de la fermentación de bebidas alcohólicas (Darmawan & Aziz , 2022).

Bebidas Destiladas: Producidas a través de la destilación de líquidos fermentados, lo que aumenta su concentración de alcohol. Ejemplos son vodka, whisky, ron y ginebra (Gordillo & et al , 2022).

2.7. Fermentación

La fermentación es un proceso metabólico anaeróbico en el que los microorganismos descomponen sustancias orgánicas para obtener energía. Hablamos desde bacterias hasta levaduras u hongos que tienen un papel fundamental en la producción de determinados artículos en la industria alimentaria. Durante este proceso, liberan enzimas que descomponen los sustratos, como azúcares o almidones, en productos finales, los cuales pueden ser compuestos orgánicos más simples, gases o alcohol (Bazalais & et al, 2024).

2.7.1. Fases de la fermentación

La fermentación comprende un conjunto de etapas sucesivas que reflejan la adaptación, crecimiento y actividad metabólica de los organismos involucrados, las cuales son:

Fase de latencia o adaptación: en esta primera etapa, las levaduras se ajustan a las condiciones del sustrato. Se caracteriza por la activación enzimática necesaria para la degradación de azúcares simples y por un consumo inicial de oxígeno, indispensable para la síntesis de esteroides y ácidos grasos de membrana. Aunque no se observa una multiplicación celular significativa, se produce la preparación metabólica que permitirá el inicio del crecimiento (Lamas & et al , 2023).

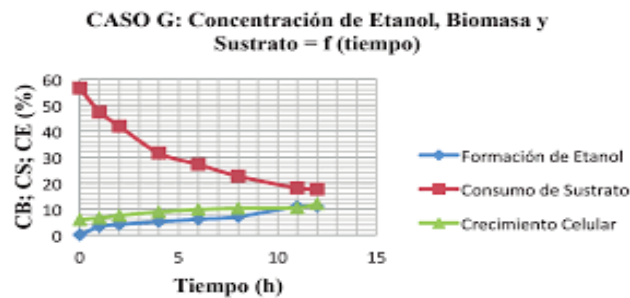
Fase exponencial o logarítmica: durante esta fase ocurre una rápida multiplicación de las células de levadura. El metabolismo glucolítico se intensifica, degradando los azúcares disponibles en el medio. Como resultado, se genera etanol y dióxido de carbono como productos principales, además de compuestos secundarios que influyen en el perfil sensorial de la bebida. Esta fase representa el momento de mayor actividad fermentativa (Stanzer & et al, 2023).

Fase estacionaria: el crecimiento celular se estabiliza debido al agotamiento progresivo de nutrientes y a la acumulación de etanol. En esta etapa predomina la síntesis de metabolitos y se alcanza la producción máxima de etanol. Asimismo, se incrementa la liberación de compuestos secundarios como glicerol, ácidos orgánicos y ésteres, que aportan características organolépticas específicas al producto (Cardona & et al, 2021).

Fase de declive o muerte celular: debido a la elevada concentración de etanol y la disminución de carbohidratos disponibles generan un ambiente hostil para las levaduras, lo que conlleva a la pérdida de viabilidad celular. Se observa la lisis de algunas células y la liberación de componentes intracelulares que pueden influir en la turbidez y composición química de la bebida (Valenzuela & et al, 2023).

Figura 6

Diagrama de las fases de la fermentación alcohólica



Nota. Tomado de (Mora & De la Rosa, 2015).

2.7.2. Tipos de fermentación

2.3.2.7. Fermentación de almidones

La fermentación de almidones es un proceso esencial en la elaboración del vodka, ya que convierte los almidones presentes en materias primas como cereales y tubérculos en azúcares fermentables, que posteriormente se transforman en etanol (Ferreira & et al, 2024).

2.7.2.1. Fermentación de azúcares

La fermentación de azúcares es un proceso biológico en el cual microorganismos, como levaduras o bacterias, transforman los azúcares presentes en frutas o vegetales en otros compuestos, como alcohol, ácidos orgánicos y gases, en ausencia de oxígeno (Paredes & et al, 2024).

2.8. Tipos de alcohol

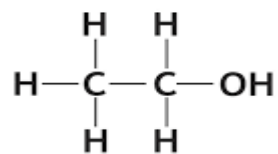
2.8.1. Alcohol etílico o etanol

El alcohol etílico, también denominado etanol (C_2H_5OH), es un compuesto orgánico perteneciente al grupo de los alcoholes, caracterizado por la presencia de

un grupo hidroxilo (-OH) unido a un carbono saturado. Se obtiene principalmente mediante procesos de fermentación alcohólica de azúcares simples, catalizada por levaduras, aunque también puede producirse de manera sintética a partir de derivados petroquímicos. Su relevancia radica tanto en su uso como disolvente y materia prima en la industria química, como en su aplicación en la elaboración de bebidas alcohólicas y en biocombustibles, debido a su alto poder energético y relativa baja toxicidad en concentraciones moderadas. Desde una perspectiva bioquímica, el etanol posee la capacidad de atravesar fácilmente membranas celulares por su naturaleza anfipática, lo que explica sus efectos fisiológicos en organismos vivos y su importancia como objeto de estudio en áreas relacionadas con la salud, la biotecnología y la industria alimentaria (Maslov & et al, 2021) .

Figura 7

Fórmula desarrollada del alcohol etílico



Nota. Tomado de (Centeno & et al, 2023).

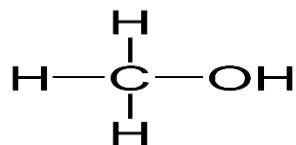
2.8.2. Alcohol metílico o metanol

El alcohol metílico, conocido también como metanol (CH₃OH), es el alcohol más simple dentro de la serie homóloga, caracterizado por un grupo hidroxilo (-OH) enlazado a un solo átomo de carbono. Se obtiene principalmente a través de la gasificación de biomasa o mediante procesos industriales basados en la síntesis a partir de monóxido de carbono e hidrógeno (síntesis de gas). Su uso es ampliamente extendido en la industria química como disolvente, materia prima en la producción de formaldehído, plásticos, pinturas y como aditivo en combustibles debido a su capacidad de aumentar el índice de octano. Sin embargo, a diferencia del etanol, el metanol es altamente tóxico para los organismos vivos, ya que en el metabolismo humano se oxida a formaldehído y ácido fórmico, compuestos responsables de efectos adversos graves como ceguera, daño neurológico y muerte. Por estas características, el metanol representa un compuesto de gran importancia tanto en la

investigación industrial como en los estudios toxicológicos y de seguridad química (Ashurst & et al, 2025).

Figura 8

Fórmula desarrollada del alcohol metílico



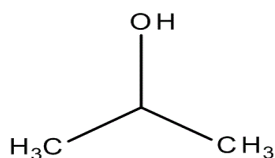
Nota. Tomado de (Chávez & et al, 2020).

2.8.3. Alcohol isopropílico o isopropanol

El alcohol isopropílico, denominado químicamente 2-propanol (C₃H₈O), es un alcohol secundario caracterizado por la presencia de un grupo hidroxilo (-OH) unido al carbono central de una cadena de tres átomos de carbono. Se produce principalmente mediante la hidratación indirecta o directa del propeno, lo que lo convierte en un compuesto de origen petroquímico de alta disponibilidad. Sus propiedades físico-químicas, como su rápida evaporación, miscibilidad con agua y capacidad desinfectante, lo han posicionado como un solvente versátil en la industria farmacéutica, cosmética, electrónica y de limpieza. En el ámbito biomédico, se utiliza ampliamente como antiséptico y desinfectante debido a su eficacia contra bacterias, virus y hongos, aunque su ingestión resulta tóxica para el ser humano, pudiendo provocar depresión del sistema nervioso central y alteraciones metabólicas. Por ello, el alcohol isopropílico constituye un insumo de relevancia en contextos industriales y sanitarios, siendo a la vez objeto de estudio en materia de seguridad química y aplicaciones tecnológicas (Ashurst et al., 2025).

Figura 9

Fórmula desarrollada del alcohol isopropílico



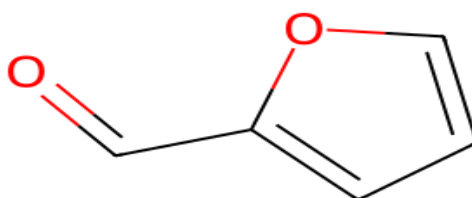
Nota. Tomado de (Dehmani & et al, 2025).

2.8.4. Fulfurante

El furfural ($C_5H_4O_2$), también denominado 2-furaldehído, es un compuesto orgánico heterocíclico perteneciente al grupo de los aldehídos, caracterizado por la presencia de un anillo aromático de furano con un grupo formilo (-CHO) en posición 2. Se obtiene principalmente a partir de la hidrólisis ácida de residuos lignocelulósicos, como cáscaras de arroz, maíz o bagazo de caña, en los que la pentosa xilosa se deshidrata para formar este aldehído. Su relevancia industrial radica en su empleo como solvente selectivo en procesos de refinación de aceites lubricantes, en la síntesis de resinas fenólicas y furanas, así como en la producción de otros compuestos químicos de valor agregado, tales como alcohol furfurílico y tetrahidrofurano. Desde una perspectiva ambiental y tecnológica, el furfural es considerado un producto plataforma de la biomasa, con potencial estratégico en el desarrollo de biorrefinerías sostenibles, aunque su manipulación requiere precauciones debido a su toxicidad y propiedades irritantes (Yong & et al, 2022).

Figura 10

Fórmula desarrollada del fulfural



Nota. Tomado de (Rodríguez & et al, 2020).

2.9. Vodka

El vodka es una bebida destilada de origen eslavo, conocida por su pureza y neutralidad, que ha trascendido fronteras y culturas, consolidándose tanto en su forma tradicional como en diversas preparaciones y usos contemporáneos (Hodel, 2023).

2.9.1. Características del vodka

El vodka es una bebida espirituosa incolora y completamente transparente, salvo en aquellas versiones saborizadas que incorporan colorantes o aditivos. Se distingue

por su neutralidad sensorial, al carecer de aromas intensos y sabores definidos, lo que proporciona una sensación suave y ligera en el paladar. Su graduación alcohólica suele oscilar entre 35% y 50% en volumen, dependiendo de la normativa del país productor y de la marca comercial. Esta característica de neutralidad lo convierte en una base versátil para la preparación de una amplia variedad de cócteles, entre los que destacan los cócteles Moscow Mule y Cosmopolitan. En cuanto a su elaboración, tradicionalmente se obtiene a partir de la fermentación de materias primas ricas en almidones o azúcares, como trigo, centeno, cebada, patata, uva o remolacha azucarera, las cuales aportan los azúcares fermentables necesarios para la producción de etanol (Truong & et al, 2024).

2.9.2. Normas INEN para la elaboración del vodka

De acuerdo con el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), en la (NTE INEN 369, 2016) se establecen los requisitos que debe cumplir el vodka, mientras que en la (NTE INEN 189, 2014) establece los requisitos de rotulado y etiquetado de las bebidas alcohólicas. En Ecuador, el vodka debe cumplir con los requisitos establecidos en las NTE INEN 369 y 189, ya que estos garantizan la preservación de su calidad y la inviolabilidad del producto.

2.9.3. Tipos de vodka

La composición química del vodka depende de la naturaleza de la materia prima utilizada en su elaboración, ya que esta determina el tipo y la concentración de carbohidratos fermentables, proteínas, lípidos y compuestos secundarios presentes en el mosto. Aunque el proceso de destilación busca obtener un destilado neutro compuesto casi exclusivamente por etanol y agua, siempre persisten trazas de congéneres que aportan características sensoriales y diferencian los vodkas elaborados a partir de cereales, tubérculos, maíz o frutas. Por lo que, el elegir un sustrato inicial no solo afecta la eficiencia fermentativa, sino también la composición final del destilado (Yan & et al, 2024).

2.3.2.8. Vodka de cereales

Los vodkas elaborados con trigo suelen tener un sabor más suave y ligero, mientras que los de centeno pueden presentar notas más robustas y especiadas. Además, la

calidad del agua utilizada en la producción es crucial, ya que constituye una gran parte del producto final (Donoso, 2023).

En el caso de los cereales como trigo, centeno o cebada, el principal sustrato es el almidón, que mediante hidrólisis enzimática se transforma en azúcares fermentables. Durante la fermentación y destilación, estos granos originan aldehídos (principalmente acetaldehído), alcoholes superiores (propanol, butanol, isoamílico) y ésteres ligeros. Dichos compuestos residuales pueden influir en el perfil final del destilado: el trigo genera un vodka químicamente más suave, mientras que el centeno produce mayores cantidades de compuestos fenólicos y aldehídicos, otorgando matices más especiados (Rodríguez G. , 2020).

2.3.2.9. Vodka de tubérculos

Los tubérculos, como la papa, presentan también un elevado contenido en almidón, aunque con baja concentración proteica. Químicamente, durante la fermentación, este tipo de materia prima tiende a generar más glicerol y alcoholes de cadena larga, lo cual se traduce en una textura sensorialmente más cremosa. A diferencia de los cereales, contienen menos compuestos fenólicos, lo que hace que el perfil químico del vodka sea más simple, aunque con riesgo de acumulación de congéneres pesados si no se controla adecuadamente el proceso fermentativo (Reyes & et al, 2024).

2.3.2.10. Vodka de maíz

El vodka de maíz ha ganado popularidad en los últimos años debido a su sabor suave y ligeramente dulce, resultado de la destilación del maíz. Este tipo de vodka se elabora moliendo, macerando y fermentando el maíz antes de destilarlo, lo que produce una bebida limpia y fresca (Amán & Yangua , 2024).

2.3.2.11. Vodka de frutas

El vodka elaborado a partir de frutas parte de azúcares simples como glucosa y fructosa, que fermentan con mayor rapidez que el almidón. Desde el punto de vista químico, estos destilados suelen presentar mayor diversidad de compuestos secundarios, tales como ésteres (acetato de etilo, hexanoato de etilo), aldehídos aromáticos (benzaldehído en frutas con hueso) y terpenos (linalool, limoneno en

uvas y cítricos). Aunque la destilación reduce notablemente su concentración, pequeñas cantidades permanecen en el producto final, otorgándole matices frutales característicos (Oña & et al, 2024).

2.3.2.12. Vodka de maíz amarillo

El maíz amarillo contiene carotenoides como β -caroteno, luteína y zeaxantina, los cuales, durante la fermentación, pueden degradarse en aldehídos y cetonas que permanecen en trazas tras la destilación, por lo que el vodka de maíz amarillo presenta un perfil ligeramente más dulce y suave en comparación con el derivado del maíz blanco (Reyes W. , 2023).

2.3.2.13. Vodka de maíz blanco grano vítreo

El maíz blanco, de grano vítreo y rico en amilosa, da lugar a una fermentación limpia, con baja producción de alcoholes superiores y aldehídos, lo que brinda al vodka un carácter químicamente más neutro (Navarrete , 2020).

2.10. Análisis de costo de producción

Los costos de producción comprenden todos los gastos asociados a las actividades necesarias para ofrecer un servicio o un producto como estos pueden clasificarse en costos fijos o variables. Los costos de producción sirven de base para que la empresa determine el precio final de su solución, considerando indicadores como rentabilidad, margen de contribución y punto de equilibrio (Tapia & et al, 2023).

2.11. Cromatografía Gaseosa

La cromatografía gaseosa (CG) es una técnica de separación instrumental que se emplea para el análisis de compuestos volátiles y semivolátiles. Su fundamento se basa en la distribución diferencial de los analitos entre una fase móvil gaseosa, constituida por un gas portador inerte (helio, hidrógeno o nitrógeno), y una fase estacionaria dispuesta en el interior de una columna cromatográfica. A medida que los compuestos son arrastrados por el gas portador, interaccionan en distinta magnitud con la fase estacionaria, generando diferencias en sus tiempos de retención que permiten su separación (Sabalenka & et al, 2023).

El desempeño de la CG depende de parámetros técnicos críticos, entre ellos la temperatura del horno, que puede mantenerse constante o programarse en gradiente, la velocidad de flujo del gas portador y las características de la columna (longitud, diámetro interno y espesor de la fase estacionaria). Estos factores determinan la resolución cromatográfica, la sensibilidad y la reproducibilidad del análisis (Charapitsa & et al, 2021).

Existen dos tipos principales de columnas en cromatografía gaseosa: las columnas empacadas, de mayor diámetro y rellenas con partículas sólidas recubiertas de fase estacionaria, y las columnas capilares o de pared recubierta (WCOT), que ofrecen una mayor resolución debido a su reducido diámetro interno y la uniformidad de la fase estacionaria. En la práctica moderna, las columnas capilares son las más utilizadas, ya que proporcionan separaciones más rápidas, eficientes y reproducibles (Mommers & Van Der Wal, 2020).

La detección de los compuestos separados puede realizarse mediante diferentes dispositivos, entre los cuales destacan el detector de ionización de llama (FID), ampliamente empleado para la cuantificación de compuestos orgánicos debido a su alta sensibilidad y respuesta casi universal, y el espectrómetro de masas (MS), que combina la separación cromatográfica con la identificación estructural basada en la fragmentación molecular. Esta combinación, conocida como CG-MS, constituye una de las herramientas analíticas más potentes para la caracterización cualitativa y cuantitativa de mezclas complejas (Niu & et al, 2020).

Técnicamente, la cromatografía gaseosa requiere una rigurosa preparación de la muestra, la cual debe ser volátil o transformada en derivados adecuados mediante reacciones de reprivatización. Además, es necesario un control preciso de parámetros operativos, como el flujo del gas portador, la programación de temperatura en el horno, las características de la fase estacionaria, las características de la columna (longitud, diámetro interno y espesor de la fase estacionaria), dado que estos factores inciden directamente en la resolución, sensibilidad y reproducibilidad del análisis (Duangdeewong & et al, 2022).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

El trabajo experimental se desarrolló en la planta Agroindustria perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar.

3.1.1. Localización de la investigación

Tabla 7

Localización de la investigación

Ubicación	Localidad
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sector	Laguacoto II
Dirección	Laguacoto II. (Guaranda Km. 1 ½ vía San Simón)

3.1.2. Situación geográfica y edafoclimática

Tabla 8

Descripción geográfica del lugar de estudio

Parámetros	Valores
Altitud promedio	2 630 msnm
Latitud	01° 36'52''S
Longitud	78° 59'54''W
Temperatura máxima	21 °C
Temperatura mínima	7 °C
Temperatura media	14,4 °C
Humedad relativa	70%
Velocidad de viento	6 m/s

Nota. Tomado de estación meteorológica Laguacoto II. UEB 2023.

3.1.3. Zona de vida

La zona de vida donde se va a llevar a cabo la investigación corresponde al bosque húmedo montano bajo (BHMB), De acuerdo a la clasificación del botánico y climatólogo Leslie Holdridge.

3.2. Metodología

3.2.1. Material en estudio

Material experimental.

- Maíz amarillo.
- Maíz blanco.

Material de bioseguridad.

- Mandil.
- Guantes.
- Cofia.
- Mascarilla.

Material de campo.

- Bandejas.
- Colador.
- Cuchara.
- Jarra litrera.
- Envase de fermentación.
- Trampa de aire.
- Cocina Industrial.
- Molino.

Material de laboratorio.

- Termómetro.

- Potenciómetro.
- Brixómetro.
- Alcoholímetro.
- Vaso precipitado.
- Balanza.
- Crisol.

Equipos.

- Incubadora.
- Destilador.
- Termufla.

Insumos – Reactivos.

- Endozym AMG 300.
- Endozym Alphamyl SB1.
- Levadura.
- Azúcar

3.2.2. Factores de estudio

Tabla 9

Factores de estudio

Factores	Código	Niveles
Variedades de maíz.	A	a1: Maíz amarillo. a2: Maíz blanco. a3: Mezcla 50 %: 50%
Temperatura de fermentación.	B	b1: Temperatura 28 °C. b2: Temperatura 20 °C.

Nota. Oyato. Romero (2025).

3.2.3. Tratamientos

Tabla 10

Combinación de tratamientos de los factores

Tratamiento	Combinaciones	Niveles
1	a1b1	Maíz Amarillo+ Temperatura 28 °C.
2	a1b2	Maíz Amarillo + Temperatura de 20 °C.
3	a2b1	Maíz Blanco + temperatura 28 °C.
4	a2b2	Maíz Blanco + temperatura 20 °C.
5	a3b1	Mezcla 50% maíz amarillo, 50% maíz blanco + Temperatura 28 °C.
6	a3b2	Mezcla 50% maíz amarillo, 50% maíz blanco + Temperatura 20 °C.

Nota. Oyato. Romero (2025).

3.2.4. Características del experimento

Tabla 11

Características del experimento

Características	Cantidad
Número de factores experimentales	2
Números de niveles factor A	3
Número de niveles factor B	2
Números de replicas	3
Tamaño de la muestra	1,5 L
Unidades experimentales	18
Variables de respuesta	2

Nota. Las variables respuestas son la eficiencia de fermentación y el rendimiento

3.2.5. Tipo de diseño experimental

Se aplicará un diseño experimental de arreglo factorial A x B con 3 repeticiones el cual se ajusta al siguiente modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = La media general.

α_i = El efecto debido al i-ésimo nivel del factor A.

β_j = El efecto del j – ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Representa al efecto de interacción en la combinación ij.

ε_{ijk} = Es el error aleatorio que se supone sigue una distribución.

3.2.6. Manejo de la investigación

Los métodos de ensayo que se usaron para la preparación de las materias primas, se realizaron conforme los parámetros que solicita la (NTE INEN 187, 2013) para el maíz en grano.

2.3.2.14. Análisis bromatológicos de la materia prima

Para determinar la calidad de las materias primas, estas fueron sometidas a análisis bromatológicos que permiten conocer la composición de las mismas. En la Tabla 13 se detallan los análisis bromatológicos y las Normativas en las que nos basamos.

Tabla 12

Análisis bromatológicos de la materia prima

Parámetro	Unidad	Método Interno	Método de referencia
Humedad	%	MFQ-04	AOAC 925,10/ Gravimetría, horno de aire
Ceniza	%	MFQ-03	AOAC 923,03/ Gravimetría, Directo
Almidón	%	MFQ-05	AOAC 920,83/ Volumetría hidrolisis Acida directa

Nota. Oyato, Romero (2025).

2.3.2.15. Análisis cromatográfico

Este análisis es esencial para garantizar la calidad, pureza y seguridad del producto final, en las cuales consta (etanol, metanol, fulfurante y alcoholes superiores). Conforme a lo establecido en la NTE INEN 2014 para la determinación de productos congéneres por cromatografía de gases (2015).

2.3.2.16. Técnica para el análisis en cromatografía gaseosa

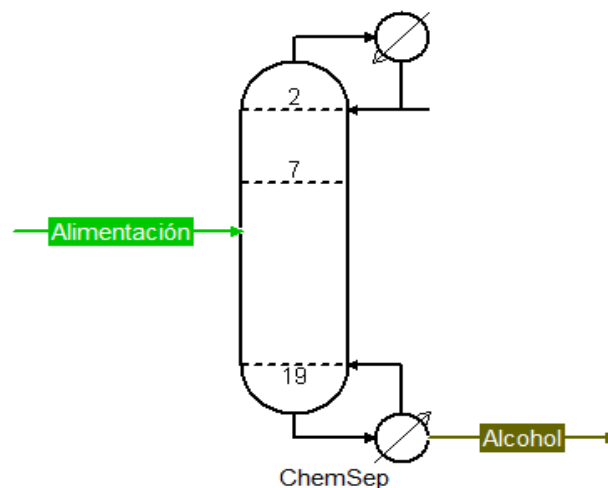
Se introdujo la muestra en el cromatógrafo mediante un inyector automático, una jeringa o desorción térmica (TD) una técnica que extrae compuestos orgánicos volátiles (COVs) y semivolátiles (SCOVs) mediante calentamiento o muestreo directo del aire.

La muestra se vaporiza y se estudiara su comportamiento al ser arrastrada por un gas inerte. Los componentes se separarán en la columna cromatográfica y se liberan gradualmente al aumentar la temperatura. Finalmente, llegan al detector, donde se ionizará para su identificación y cuantificación.

2.3.2.17. Simulación del proceso de destilación

Figura 11

Simulación del proceso de destilación fraccionada

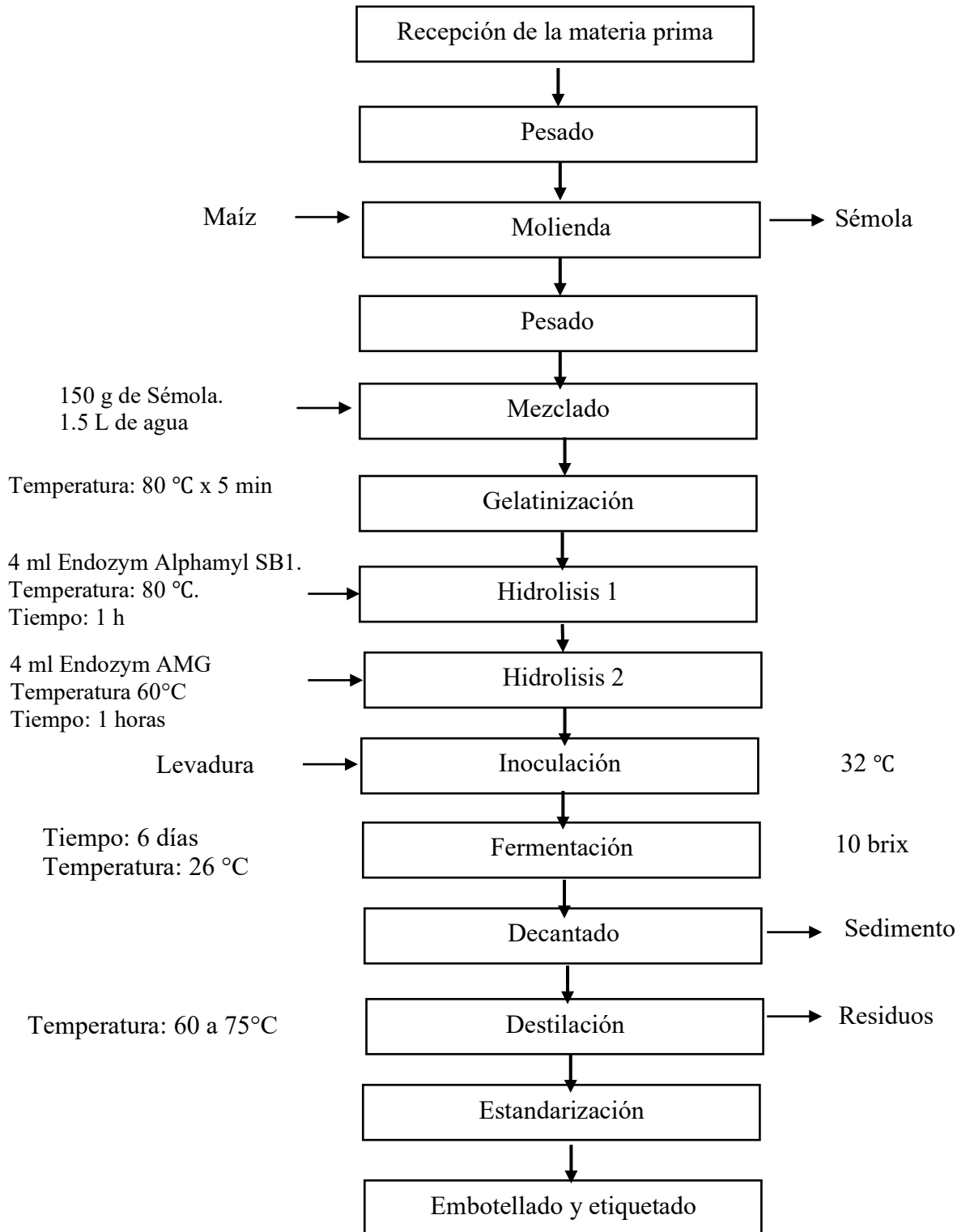


Nota. Oyato, Romero (2025).

2.3.2.18. Proceso de elaboración del vodka

Figura 12

Diagrama de flujo para la elaboración de vodka



2.3.2.19. Descripción del proceso de elaboración de vodka

- **Recepción de la materia prima:** Se adquirió la materia prima (maíz amarillo, maíz blanco) directamente de los agricultores, donde se separó todos los residuos para el procesamiento.
- **Pesado:** Se peso las respectivas cantidades para proceder a triturar el grano.
- **Molienda:** El grano se trituro con un grado semi triturado para reducir el tamaño de las partículas, denominado sémola.
- **Pesado:** Una vez obtenido la denominada sémola se realizó el segundo pesado para verificar si la cantidad es la requerida para su respectivo proceso.
- **Mezclado:** Se mezclo 150g de sémola en 1L de agua removiendo constantemente para evitar grumos.
- **Gelatinización:** Se realizó una hidratación a la sémola por 30 min, después se ejecutó una cocción rápida de 0-80°C por 5 min.
- **Hidrolisis 1:** En este proceso se controló una temperatura constante de 80°C por 1h dentro, del tiempo se agregó los 4 ml de enzima Endozym Alphamyl SB1 en un 1.5 L de agua. Lo cual es permitir que las enzimas rompan sus enlaces para convertir en azúcares naturales como también en la inactivación de esta enzima se debe activar a una temperatura de (90-100 °C) durante 10 a 15 minutos.
- **Hidrolisis 2:** Finalizado el tiempo de hidrolisis 1, se añadió la enzima Endozym AMG 4 ml en 1.5 L de agua a una temperatura controlada de 60 °C por 1 h, para permitir que la enzima se hidrolice con los enlaces correspondientes. En cuanto a la inactivación de esta enzima, es necesario someterlas a temperaturas superiores a las recomendadas (90-100 °C) durante 10 a 15 minutos.
- **Inoculación:** Se realizo el proceso mediante las especificaciones de la ficha técnica de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se agregó 3 g de levadura en 1.5 L de agua a una temperatura de 25 a 32°C para su posterior activación e inoculación.

- **Fermentación:** La fermentación se llevó a cabo en cada recipiente asignado, donde fue ubicado cada mosto durante 6 a 7 días a una temperatura controlada que es de 26°C, durante los días de fermentación se fue llevando un control de grados brix.
- **Decantación:** Una vez finalizada la fermentación, se procedió a trasvasar el mosto con el fin de eliminar los sedimentos acumulados.
- **Destilación:** Para la destilación se usó un destilador fraccionario a escala laboratorio con una temperatura de 60 a 75°C en la manta térmica.
- **Estandarización:** Una vez obtenido el alcohol destilado se diluyó con agua osmotizada para reducir su concentración a 40 % v/v.
- **Envasado y etiquetado:** Finalmente se envasó en una botella de 750 ml y se agregó su respectiva etiqueta cumpliendo con las normativas de los BPM.

3.2.7. Métodos de evaluación

Eficiencia de fermentación

La fermentación representa una etapa clave en la elaboración de vodka, puesto que durante en este proceso se genera etanol juntos con diversos metabolitos colaterales que inciden directamente en las cualidades sensoriales y la seguridad alimentaria. Una fermentación ineficiente y mal controlada puede derivar en una acumulación excesiva de congéneres como también alcoholes superiores, incluyendo aldehídos, esteroides y metanol, compuestos catalogados como impurezas nocivas o incluso tóxicas en altas concentraciones.

En la fermentación, microorganismos como *Saccharomyces cerevisiae* convierten los carbohidratos del mosto en etanol (C_2H_5OH) y CO_2 . No obstante desviaciones en las condiciones óptimas del medio (como fluctuaciones de temperatura, pH inadecuado o desbalance nutricional) pueden provocar respuestas metabólicas anómalas en las levaduras, incrementando la síntesis de subproductos indeseables.

Rendimiento de alcohol

Realizamos un análisis de rendimiento de alcohol en la producción de vodka es esencial para optimizar el proceso, garantizar calidad, cumplir normativas y maximizar la rentabilidad.

En la producción de vodka, en la tercera destilación alcanzó 92°GL. Para cumplir con la normativa INEN, que exige una graduación alcohólica de 40°GL, se realizó una dilución controlada con agua osmotizada. Mediante cálculos volumétricos y mezcla homogénea, se ajustó la concentración alcohólica, garantizando un producto final dentro de los estándares legales y de calidad.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron en el software Statgraphics Centurion 19, mediante el análisis de varianza (ANOVA), se determinarán los efectos significativos de los factores y su interacción. En caso de diferencias significativas se aplicó una prueba de comparación de medias (Tukey o LSD).

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Interpretación de resultados

4.1.1. Caracterizar bromatológicamente la materia prima

Los análisis bromatológicos de la materia prima maíz amarillo (*Zea mays* - Emblema Ultra) y maíz blanco de grano vítreo (*Zea mays*), se determinaron los valores de humedad y ceniza en el laboratorio Multianalítica S.A., mientras que el contenido de almidón fue analizado en el INIAP, en la Tabla 14 se detallan los valores obtenidos en cada parámetro.

Tabla 13

Análisis bromatológico del maíz amarillo

Parámetro	Resultado	Unidad	Método Interno	Método de referencia
Humedad	11,00	%	MFQ-04	AOAC 925,10/ Gravimetría, horno de aire.
Ceniza	1,19	%	MFQ-03	AOAC 923,03/ Gravimetría, Directo.
Almidón	67,31	%	MFQ-05	AOAC 920,83/ Volumetría hidrolisis Acida directa.

Fuente: Multianalityca S.A.(2025).

Para el análisis de humedad se realizó por la normativa AOAC 925.10 determinando un contenido (11 %) en el maíz amarillo en comparación al maíz blanco (10,75%) lo cual favorece la conservación; de la misma manera se distingue por su mayor contenido de almidón (67,31 %) en comparación al maíz blanco (64,94 %) al contener mayor porcentaje nos favorece en la hidrolisis; en cenizas tenemos un mayor porcentaje (1,53 %) en el maíz blanco en comparación del maíz amarillo (1,19%).

Según Oludoyin y colaboradores (2025) los resultado obtuvieron un contenido (1,12 % \pm 0.13) de ceniza; humedad (7,05 % \pm 0,07) en la investigación de Anyachukwu y colaboradores (2024) determinaron (5,40 % \pm 0,01) de humedad, en cenizas (1,15% \pm 0,02) y almidón (70,58% \pm 0,24) en comparación con nuestros análisis los resultados obtenidos indican que el maíz amarillo presentó características más favorables para la producción de etanol, gracias a su mayor contenido de almidón y humedad, lo que facilita la hidrólisis. Aunque su contenido

de cenizas es menor, este aspecto no limita su uso en procesos fermentativos. En conjunto, estas propiedades hacen del maíz amarillo una materia prima más eficiente para aplicaciones biotecnológicas en comparación con el maíz blanco.

Tabla 14

Análisis bromatológico de maíz blanco

Parámetro	Resultado	Unidad	Método Interno	Método de referencia
Humedad	10,75	%	MFQ-04	AOAC 925,10/ Gravimetría, horno de aire
Ceniza	1,53	%	MFQ-03	AOAC 923,03/ Gravimetría, directo
Almidón	64,94	%	MFQ-05	AOAC 920,83/ Volumetría hidrolisis ácida directa

Fuente: Multianalityca S.A.(2025).

García A. (2020) en su investigación registró los siguientes valores de humedad (10,23%) ceniza (2,33%); mientras que Martínez (2023) reportó (1,25%± 0,13) en cenizas de base seca, en almidón (61,61%± 0,16) presentaron mayor contenido de almidón, en comparación con nuestros análisis el maíz blanco obtuvo resultados menores al del maíz amarillo lo cual infiere en el proceso de hidroxilación y rendimiento de alcohol.

4.1.2 Determinar el mejor tratamiento para la elaboración del vodka a partir de maíz amarillo y maíz blanco con base en la eficiencia de fermentación y rendimiento de alcohol.

4.1.2.1 Eficiencia de fermentación

Tabla 15*ANOVA de la eficiencia de fermentación*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Factor A	14,7778	2	7,38889	8,31	0,0054
B: Factor B	29,3889	1	29,3889	33,06	0,0001
INTERACCIONES					
AB	4,77778	2	2,38889	2,69	0,1085
RESIDUOS	10,6667	12	0,88889		
TOTAL (CORREGIDO)	59,6111	17			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Conforme a los resultados del ANOVA, se determinó los tres mejores tratamientos el T1, T5 y T3 estos tratamientos llevaron a cabo de 6 a 7 días de fermentación siendo los valores más significativos en comparación a los demás tratamientos que se realizó con maíz amarillo y maíz blanco con 150 g en 1,5 litros de agua.

La diferencia de temperaturas de incubación y ambiente en los días de fermentación A y B tiene un efecto significativo. Esto se sustenta en que los dos valores -p son inferiores a 0,05 sobre días y fermentación un 95,0% de nivel de confianza.

Como lo mencionan Vásquez y Vásquez (2021) entre temperaturas de incubación y condiciones ambientales, el tipo de fermentación más importante es la fermentación alcohólica, en donde la acción de las enzimas segregada por la levadura convierte los azúcares simples como glucosa y la fructosa, en alcohol etílico y dióxido de carbono.

Pruebas de Múltiple Rangos para el mejor tratamiento

A continuación, se presenta la prueba de LSD para hacer comparaciones múltiples entre medias y verificar cuáles tratamientos difieren entre sí en relación los días de fermentación.

Tabla 16

Prueba de rangos múltiples

Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
A1	6	7	0.3849	X
A3	6	7.16667	0.3849	X
A2	6	9	0.3849	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A1 - A2	*	-2	1,186
A1 - A3		-0,166667	1,186
A2 - A3	*	1,83333	1,186

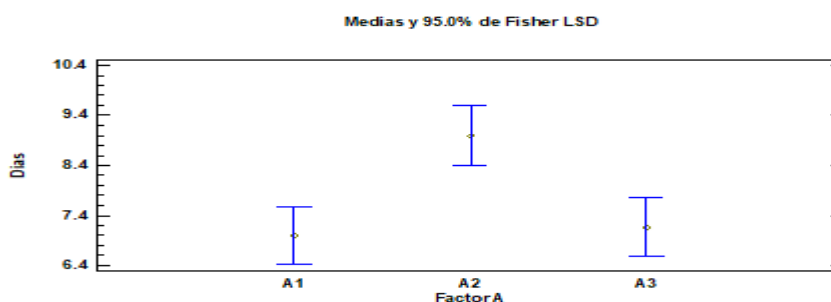
Nota: Indica una diferencia significativa.

Conforme a los resultados, la fermentación en temperatura ambiente e incubación muestran las diferencias entre cada par de medias junto con los límites de significancia y existe un nivel de confianza de 0,95 %.

Asimismo, en la investigación de Weiss y colaboradores (2023), minimizan los cambios de temperatura que pueden afectar la actividad enzimática y la viabilidad de la levadura, se evidenció que diferencias son estadísticamente significativas al 95 % de confianza. El análisis se basa en el método de Diferencia Mínima Significativa (LSD) de Fisher, el cual implica un 5 % de probabilidad de error al concluir que existe una diferencia entre medias cuando en realidad no la hay.

Figura 13

Gráfica de medias

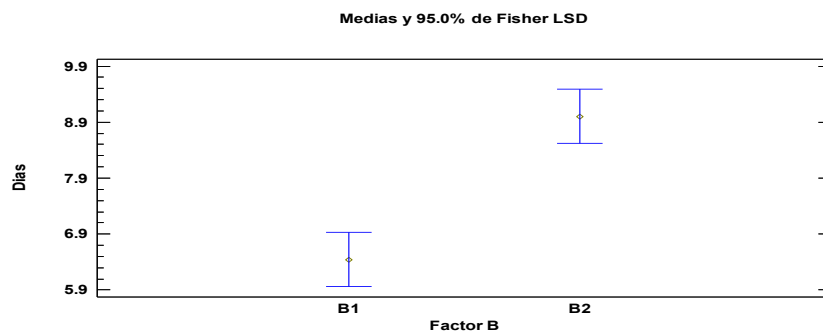


El gráfico de medias con intervalos de confianza al 95 % muestra que el tratamiento A2 presenta el valor más alto, con una media aproximada de 9,4 días, siendo estadísticamente diferente de los tratamientos A1 y A3, cuyos valores medios

rondan los 7.0 días. Esta diferencia se confirma por la falta de superposición entre los intervalos de confianza de A2 respecto a A1 y A3, lo que indica una diferencia significativa entre estos grupos. En cambio, los tratamientos A1 y A3 muestran intervalos que se superponen, lo que sugiere que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ellos.

Figura 14

Gráfico de medias del factor B

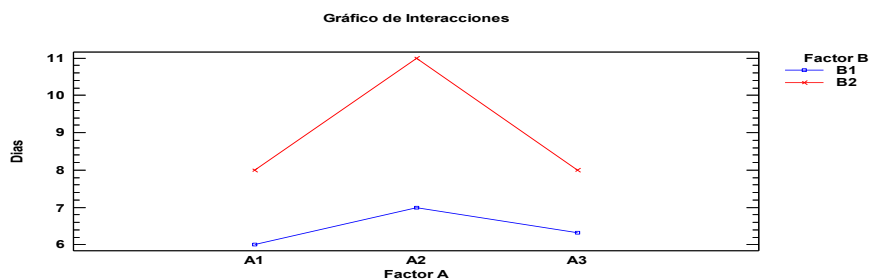


El comportamiento del Factor B1 se caracteriza por un tiempo promedio de alrededor de 6,1 días, con un margen de variación que va desde aproximadamente 5,9 hasta 6,9 días.

En contraste, el Factor B2 registra un promedio notablemente superior, cercano a los 8,7 días, acompañado de un intervalo de confianza que se extiende entre 8,5 y 9,5 días, lo que evidencia una mayor duración asociada a este factor.

Figura 15

Gráfica de interacciones entre los factores de estudio



El gráfico de interacción evidencia una interacción significativa entre los factores A y B, como lo indica las líneas, lo que sugiere que el efecto del Factor A varía según el nivel del Factor B. En el nivel B1 (línea azul), los valores se mantienen

relativamente estables, oscilando entre 6 y 7 días, con un leve aumento en A2, lo que indica un efecto mínimo del Factor A en este nivel. En contraste, en el nivel B2 (línea roja), se observa un comportamiento mucho más pronunciado, con un incremento marcado desde A1 (8 días) hasta A2 (11 días), seguido de una disminución en A3 (8 días). Este patrón refleja un efecto diferencial, donde el Factor A influye significativamente cuando está presente el nivel B2, alcanzando su máximo efecto en A2, mientras que su influencia en B1 es mínima.

4.1.2.2. Rendimiento de alcohol

Tabla 17

ANOVA para el rendimiento de alcohol

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Factor A	4705,33	2	2352,67	1,19	0,3381
B: Factor B	1901,39	1	1901,39	0,96	0,3464
INTERACCIONES					
AB	5955,11	2	2977,56	1,5	0,2612
RESIDUOS	23750,7	12	1979,22		
TOTAL (CORREGIDO)	36312,5	17			

Nota. Todas las razones -F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Se describe el resultado del rendimiento de alcohol de los 18 tratamientos se identificó los tres mejores tratamientos T1 con (230,66 ml), T4 (189 ml), y T5 (173 ml) para el mejor tratamiento, se realizó destilaciones triples en la primera obtuvimos 175 ml con 60 v/v, en la segunda obtuvimos 89 ml a 88 v/v y en la última destilación 71 ml a 92 v/v.

La diferencia tiene un efecto significativo en la dilución de los diferentes tratamientos según base a las normas INEN 369 para vodka que es de 40 v/v. El análisis se centra en los valores-P para determinar si los efectos observados son estadísticamente significativos. Como ningún valor-P es menor a 0,05, se concluye que ni los factores individuales ni sus interacciones afectan significativamente la variable “Dilución” al 95% de confianza.

Según Ruiz (2023) para determinar el contenido de alcohol en bebidas destiladas, como el vodka, se utilizan instrumentos como el alcoholímetro de vidrio volumétrico, ni su interacción explican diferencias reales en los grados finales de alcohol medidos.

Tabla 18

Medias por Mínimos Cuadrados para dilución con 95% de confianza

Nivel	Casos	Media	Error	Límite	Límite
			Est.	Inferior	Superior
MEDIA GLOBAL	18	178,5			
Factor A					
A1	6	199,5	18,1623	159,928	239,072
A2	6	175,833	18,1623	136,261	215,406
A3	6	160,167	18,1623	120,594	199,739
Factor B					
B1	9	188,778	14,8295	156,467	221,089
B2	9	168,222	14,8295	135,911	200,533
Factor A por Factor B					
A1, B1	3	230,667	25,6854	174,703	286,631
A1, B2	3	168,333	25,6854	112,369	224,297
A2, B1	3	162,667	25,6854	106,703	218,631
A2, B2	3	189	25,6854	133,036	244,964
A3, B1	3	173	25,6854	117,036	228,964
A3, B2	3	147,333	25,6854	91,3695	203,297

La media general fue de 178,5 unidades de dilución en 18 casos. El Factor A mostró una tendencia decreciente: A1 tuvo la media más alta (199,5), seguido de A2 (175,833) y A3 (160,167). En el Factor B, B1 presentó una media superior (188,778) respecto a B2 (168,222), con una diferencia de casi 20 unidades. La interacción A×B evidenció efectos combinados notables, destacando A1B1 con el mayor valor (230,667) y A3B2 con el más bajo (147,333), lo que indica una influencia conjunta entre ambos factores.

Tabla 19

Prueba de rangos múltiples para dilución

Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
A3	6	160,167	18,1623	X
A2	6	175,833	18,1623	X
A1	6	199,5	18,1623	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
A1 - A2		23,6667	55,9638	
A1 - A3		39,3333	55,9638	
A2 - A3		15,6667	55,9638	

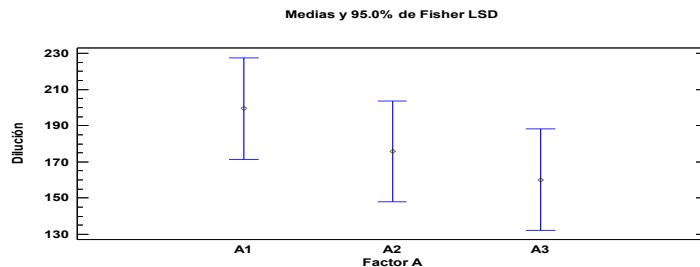
Nota. Indica una diferencia significativa.

En el estudio se observa que, la dilución para cada tratamiento según sus grados de alcohol para mantener su media estándar según las normas INEN tiene una diferencia significativamente entre todos los tratamientos. El par de medias junto con los límites de significancia y existe un nivel de confianza de 0,95 %.

Además, según MacGarry (2023), se reduce la intensidad o concentración del efecto irritante del etanol y permite una identificación más clara de los compuestos volátiles que debe tener el vodka de 40 v/v, lo que señala que no hay diferencias significativas entre esos niveles. El análisis se basa en el método LSD de Fisher, el cual tiene un 5 % de probabilidad de error al considerar diferentes dos medias que en realidad no lo son y un nivel de confianza del 95%.

Figura 16

Gráfica de medias para dilución factor A

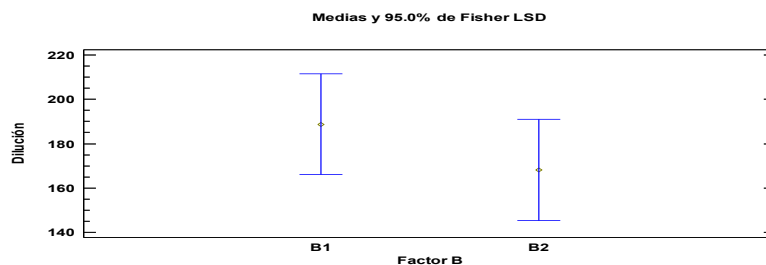


El análisis de medias con intervalos de confianza al 95 % muestra que el tratamiento A1 presenta la media más alta, cercana a los 200, con un intervalo de confianza amplio entre 170 y 230. Le sigue A2, con una media intermedia de

aproximadamente 180 y un intervalo más estrecho (155-205), mientras que A3 muestra la media más baja, alrededor de 165, con un intervalo entre 135 y 195. En cuanto a la significancia estadística, se observa una diferencia significativa entre A1 y A3, ya que sus intervalos no se superponen. Entre A1 y A2, los intervalos se cruzan ligeramente, lo que podría sugerir una diferencia marginal. En el caso de A2 y A3, los intervalos de confianza se superponen de manera considerable, indicando que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre estos dos tratamientos.

Figura 17

Gráfica de medias para dilución factor B

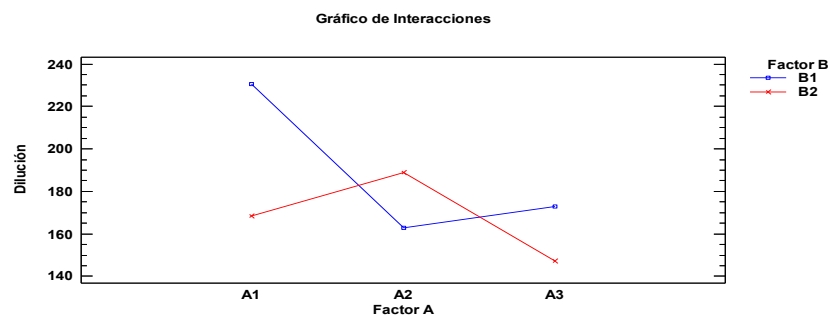


El Factor B1 se distingue por una media cercana al 185 ml de dilución, con un intervalo de confianza que varía entre aproximadamente 165 y 210 ml, lo que indica un nivel más alto en comparación con el otro factor.

Por su parte, el Factor B2 alcanza una media ligeramente inferior, en torno al 170 ml, con un rango de confianza que se extiende desde 145 hasta 195 ml, reflejando valores más bajos en general.

Figura 18

Gráfica de interacciones entre los factores de estudio



El gráfico de interacción revela una interacción significativa entre los factores A y B, evidenciada por el cruce de las líneas entre A1 y A2, lo que indica que el efecto del Factor A depende del nivel del Factor B. Al analizar el comportamiento por nivel, se observa que en B1 (línea azul), los valores disminuyen drásticamente de A1 (230) a A2 (160), y luego se mantienen relativamente estables en A3 (170), por el contrario, en B2 (línea roja), se presenta un aumento gradual desde A1 (165) hasta A2 (185), seguido de una disminución en A3 (145). Este patrón refleja una clara inversión del efecto entre los factores: en A1, B1 tiene un valor significativamente superior a B2 (diferencia de aproximadamente 65 unidades); en A2, esta relación se invierte, con B2 superando a B1; y en A3, el patrón vuelve a su configuración original, con B1 nuevamente por encima de B2, este comportamiento cruzado confirma una interacción fuerte y no aditiva entre los factores analizados.

4.1.3. Analizar los alcoholes superiores del mejor tratamiento

El mejor tratamiento fue el de maíz amarillo por incubación con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* perteneciente al T1, la muestra fue enviada al laboratorio Multianalitica S.A para evaluar sus características fisicoquímicas mediante cromatografía gaseosa, resultados que se reportaron en la Tabla 21.

Tabla 20

Resultados análisis cromatográfico

Parámetros	Resultados	Unidad	Método Interno	Método de referencia
Alcoholes superiores	0,5	mg/100cm ³ AA	MIN-87	NTE INEN 2014:2015/CG-FID.
Contenido de Alcohol	43	%	MIN-06	NTE INEN 340: 2016/ Método alcoholímetro vidrio.
Furfural	<0,01	mg/100cm ³ AA	MIN-88	NTE INEN 2014:2015/CG-FID.
Metanol	<0,01	mg/100cm ³ AA	MIN-24	NTE INEN 2014:2015/CG-FID.

Fuente: Multianalityca S.A.(2025).

En la tabla 20, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos, y como resultados para los alcoholes superiores del 0,5 mg/100cm³AA; contenido de alcohol con 43 % v/v y furfural, metanol con < 0,01 mg/100cm³AA, lo cual indica que estos resultados se encuentran dentro del rango establecido por la normativa

ecuatoriana INEN 369 esta bebida alcohólica nos garantiza calidad inocuidad y seguridad al momento de consumir.

Tabla 21

Comparación de los resultados con la NTE INEN 369

Requisitos NTE INEN 369	Unidad	MIN	MAX	Resultados	Método de referencia	Cumplimiento
Alcohol, fracción Volumétrica	%	37,5	-	43	NTE INEN 340: 2016/ Método alcoholímetro vidrio	Si cumple
Metanol	Mg/100 cm ³	-	1,5	<0,01	NTE INEN 2014:2015/ CG-FID	Si cumple
Furfural	Mg/100 cm ³	-	0,0	<0,01	NTE INEN 2014:2015/ CG-FID	Si cumple
Alcoholes superiores	Mg/100 cm ³	-	0,7	0,5	NTE INEN 2014:2015/ CG-FID	Si cumple

Nota: Oyato, Romero (2025).

4.1.4. Realizar un análisis de costo de producción

Tabla 22

Costos de producción

Insumos	Cantidad	Costo total	Cantidad para 1,5 litros	Total \$	Cantidad para 60 litros	TOTAL \$
Maíz Amarillo (g)	4000	1.5	150	0,06	3000	1,13
Levadura (g)	500	70	0,645	0,09	25	3,50
Enzima Alphamy SB1 (ml)	700	60	3	0,26	140	12,00
Enzima Endozym AMG (ml)	500	70	3	0,42	110	15,40
Azúcar (g)	9000	8	150	0,13	5000	4,44
Ácido Cítrico (g)	25	1,5	2	0,12	3	0,18
Bicarbonato (g)	25	1	2	0,08	0	0,00
Carbón activado (g)	25	2	7	0,56	14	1,12

Botellas de 750 ml	5	2,16		0,00	11,3	4,88
Botella de 100 ml	3	1,25	3	1,25	0	0,00
Etiqueta	3	1,5	3	1,50	5	2,50
Total				4,47		45,15

Costos indirectos (CI)	1	2
Depreciación de equipo 5 %	0,22	2,26
Energía y gas 4 %	0,18	1,81
Mano de obra 8 %	0,36	3,61
Total	0,76	7,68
Costo total CD + CI	5,23	52,83

Producto terminado (ml)	250	Pt (ml)	6000
Costo unitario (100 ml)	2,5	Cu (750 ml)	8,00
Costo/ml	0,02	C/ml	0,01
Utilidad (25%)	0,625	U/25%	2,00
PVP/100 ml	3,125	PVP (750ml)	10,00
PVP/ml	0,03	PVP/ ml	0,01
Ingreso total (PVP/ml*PT)	7,8125		80,00
Costo/beneficio (IT/CT)	1,49		1,51

Autor. Oyato, Romero (2025).

4.2. Comprobación de hipótesis

Tabla 23

Comprobación de los valores F en el rendimiento de alcohol

Factores	Valor F calculada	Valor F tabulada
A: Factor A	1,19	3,885
B: Factor B	0,96	4,747
INTERACCIONES		
AB	1,5	3,885

Nota: Oyato, Romero (2025)

En la tabla 23 se observa que los valores de F calculados son menores que los F tabulados al 95 % de confianza lo cual indica que el anova no mostro efecto estadísticamente significativos para los factores A y B por separado, el análisis de las medias por mínimos cuadrados revela que combinación A1B1 representa un rendimiento de alcohol claramente superior a la media global este comportamiento respaldado por la evaluación de la eficiencia de fermentación muestran

matemáticamente la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos por ende se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis bromatológico permitió identificar la calidad de la materia prima, maíz amarillo (*Zea mays* – Emblema Ultra) y maíz blanco grano vitreo (*Zea mays*). En el maíz amarillo se obtuvo 11 % de humedad, cenizas 1,19 % y almidón 67,31 %, mientras en el maíz blanco el 10,75 % en humedad, cenizas 1,53 % y almidón 64,94 %, al evidenciar estos resultados podemos identificar que el maíz amarillo por su alto contenido de almidón muestra un potencial ligeramente superior en producción de alcohol. Las muestras cumplen con los requisitos establecidos en la NTE INEN 187 (2013).
- El análisis estadístico permitió identificar que la temperatura de incubación es importante para una eficiencia fermentativa, permitiendo identificar que el tratamiento T1 es el adecuado respecto al rendimiento de alcohol con 6 días de fermentación. Aunque no exista diferencia significativa en la dilución final del alcohol en comparación con los demás tratamientos, alcanzando un volumen de 230,66 ml de triple destilación con un volumen de 92 % v/v, los resultados evidencian que un adecuado control de temperatura durante la fermentación y en la destilación es determinante para optimizar la producción de vodka.
- Se analizó el contenido de alcoholes mediante cromatografía gaseosa con base en la NTE INEN 2014 (2015) del tratamiento T1 que fue el mejor, los resultados del T1 alcoholes superiores del 0.5 mg/100cm³ AA; contenido de alcohol con 43 % v/v, furfural y metanol con < 0.01 mg/100cm³ AA dando como resultado un producto de calidad cumpliendo con los requisitos establecidos por la normativa ecuatoriana INEN 369 (2016).
- Según el estudio financiero al elaborar vodka a partir de maíz amarillo resulta financieramente favorable, la mayor parte de los gastos corresponden a las materias primas, mientras que los costos adicionales son bastante bajos, lo que permite mantener buenos márgenes de ganancia. Con una rentabilidad del 25%, se observa que por cada dólar invertido se obtiene

un retorno de 1,49 dólares en la fase experimental, que incluso mejora a 1,51 dólares al aumentar la producción. Como lo mencionan Ortiz y colaboradores (2024) el análisis económico comprueba que el proyecto es viable desde el punto de vista técnico y económico, también se produce en mayores volúmenes el costo del producto se reduce.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda priorizar el uso de maíz amarillo (*Zea mays* – Emblema Ultra) como materia prima en la producción de vodka, dado su mayor contenido de almidón (67,31%) lo cual se traduce en mayor disponibilidad de sustrato fermentable y favorece un rendimiento alcohólico más elevado. Es importante asegurar una homogeneidad en la calidad del grano, controlando parámetros con base en la NTE INEN 187 (2013) como humedad (<12%) y contenido de cenizas, para evitar variaciones en la eficiencia del proceso.
- Establecer un control riguroso de la temperatura de incubación durante la fermentación, optimizando el proceso bajo condiciones similares al tratamiento T1 (6 días de fermentación), ya que se ha comprobado que esta maximiza el rendimiento volumétrico de alcohol (230,66 ml a 92 % v/v). Asimismo, se sugiere implementar sistemas automatizados de monitoreo térmico tanto en fermentación como en destilación.
- Dado que el tratamiento T1 cumple con los límites establecidos por la norma INEN 369, se recomienda su adopción como parámetro de referencia para el control de calidad del producto final lo cual hace fundamental mantener un control estricto sobre la formación de compuestos volátiles indeseables (furfural y metanol <0,01 mg/100 cm³ AA) esto puede lograrse mediante una triple destilación controlada y una adecuada selección de cabezas y colas durante el proceso de destilación lo asegura un vodka con perfil organoléptico limpio y seguro para el consumo.
- Se recomienda escalar la producción de vodka a partir de maíz amarillo debido a su alta rentabilidad (25%) y favorable relación costo-beneficio (retorno de \$1,51 por dólar invertido a mayor escala), y optimizar los recursos como también se sugiere implementar un modelo de economía de escala, junto con estrategias de compra al por mayor de materias primas lo cual permitirá reducir costos unitarios, aumentar el volumen de producción, consolidar la viabilidad financiera del proyecto en el mediano y largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Albán , G., & et al. (2024). Estudio de la eficiencia productiva del maíz amiláceo y duro (*Zea mays* L.) en Ecuador. *Avances en Ciencias e Ingenierias* , 16(2). doi:<https://doi.org/10.18272/aci.v16i2.3401>
- Albán , M., & et al. (2023). Memorias del II Simposio Ecuatoriano del Maíz Ciencia Tecnología e Innovación. *Universidad San Francisco de Quito USFQ*(49). doi:<https://doi.org/10.18272/archivosacademicos.vi49.3109>
- Amán , R., & Yangua , K. (2024). Determinación del orden de reacción en la elaboración de una bebida tipo VODKA a partir del almidón de oca (oxalis tuberosa) y maíz (zea mays). Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/items/cf41c7e7-f10c-4fda-8db4-c89fe64549fe>
- Analuisa , I., & et al. (2023). La cadena de valor del maíz amarillo duro ecuatoriano. Retos y oportunidades. *Lecturas de Economía*, 98. doi:<https://doi.org/10.17533/udea.le.n98a347315>
- Analuisa, I. (2022). Análisis y caracterización de la cadena de valor del maíz duro en la provincia de Manabí –Ecuador. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=314985>
- Andrade , F., & et al. (2023). Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz. *Asociación de maíz y sorgo argentino*. Obtenido de https://www.maizar.org.ar/documentos/cultivo%20de%20maiz_version%20digital.pdf
- Anyachukwu, E., & et al. (2024). Physicochemical, in vitro starch digestibility and sensory characteristics of biofortified yellow maize-cowpea composite

- flours and biscuits. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6(15).
doi:<https://doi.org/10.1186/s43014-023-00201-9>
- Ashurst, J., & et al. (2025). Methanol Toxicity. Obtenido de
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482121/>
- Baccin, M., & Sfreddo, M. (2024). Elaboración de cerveza sin gluten utilizando maltas de arroz y quinoa. *Desarrollo de procesos agroindustriales*. Obtenido de <https://uniube.br/arquivos/2025/abril/artigo-edepa-2024-marina.pdf>
- Barbosa, M., & et al. (2024). Evaluation of Aerobic Propagation of Yeasts as Additional Step in Production Process of Corn Ethanol. *Stresses*, 4(2).
doi:<https://doi.org/10.3390/stresses4020025>
- Bazelaís, M., & et al. (2024). Agregado e insumos en segunda fermentación de cerveza artesanal. *Resvita Centro Azúcar*, 51(2). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v51n2/2223-4861-caz-51-02-e1061.pdf>
- Cardona, Y., & et al. (2021). Caracterización de la fermentación alcohólica del lactosuero a escala de laboratorio. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 5(9). Obtenido de <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/165>
- Centeno, M., & et al. (2023). Obtención de alcohol etílico mediante fermentación y destilación del jugo de caña de maíz y el empleo en relleno en bombonería. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(6).
doi:<https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i6.875>
- Chan, M., & et al. (2020). Caracterización química y nutricional de variedades de maíz (*Zea mays* L.) de alta calidad de proteína (QPM) desarrolladas en

Yucatán, México. *Biotecnia*, 23(2).

doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1334>

Charapitsa, S., & et al. (2021). The Method for Direct Gas Chromatographic Determination of Acetaldehyde, Methanol, and Other Volatiles Using Ethanol as a Reference Substance: Application for a Wide Range of Alcoholic Beverages. *Food Analytical Methods*, 14. doi:<https://doi.org/10.1007/s12161-021-02047-8>

Chávez , E., & et al . (2020). Estudio de diferentes variedades de Almidón, Endulzantes, y Levaduras en la Cinética Microbiana para proceso de elaboración de Vodka. *Red Investigación Santo Domingo*. Obtenido de Estudio de diferentes variedades de Almidón, Endulzantes, y Levaduras en la Cinética Microbiana para proceso de elaboración de Vodka.: <https://redisd.org/index.php/es/resumen-recibidos-mt1/797-estudio-de-diferentes-variedades-de-almidon-endulzantes-y-levaduras-en-la-cinetica-microbiana-para-proceso-de-elaboracion-de-vodka-2?>

Chávez , S., & et al. (2020). Destilación de alcohol etílico empelando energía solar. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 6(6). Obtenido de <https://zaloamati.azc.uam.mx/server/api/core/bitstreams/10abb15a-39c2-44d3-845f-9dfb029988e3/content>

Chipre , T. (2021). Elaboración de alcohol etílico a partir del corazón de la mazorca de choclo. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20078/1/UPS-GT003158.pdf>

- Chong, A., & et al. (2023). Fermented Beverage Benefits: A Comprehensive Review and Comparison of Kombucha and Kefir Microbiome. *Microorganism*, 11(5). doi:<https://doi.org/10.3390/microorganisms11051344>
- Darmawan , A., & Aziz , M. (2022). Capítulo 2 - Proceso y productos de la tecnología de conversión de biomasa. *Conversión innovadora de energía a partir de residuos de biomasa*. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85477-1.00004-X>
- Dehmani, Y., & et al. (2025). Catalytic oxidation of isopropanol: A critical review. *Journal of Molecular Liquids*, 426. doi:<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2025.127331>
- deposiphotos. (10 de Octubre de 2022). Recuperado el 07 de Mayo de 2025, de <https://depositphotos.com/es/photo/muscimol-moleculle-illustration-main-psychoactive-constituent-amanita-muscaria-fly-agaric-614468450.html>
- Dimopoulou, M., & et al. (2023). Influence of *Saccharomyces pastorianus* and *Saccharomyces bayanus* inoculation ratio to oenological characteristics of sauvignon blanc wine. *Applied Science*, 13(6). doi:<https://doi.org/10.3390/app13063393>
- Donoso, N. (10 de Octubre de 2023). *Mariano Madrueño*. Recuperado el 23 de Febrero de 2025, de Vodka de Grano: <https://marianomadrueño.es/tipos-de-vodka/>
- Duangdeewong , C., & et al. (2022). Direct determination of ethanol in alcoholic beverages based on its anti-aggregation of melamine-silver nanoparticle assembly. *Talanta*, 250. doi:<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123751>

- Endozym. (12 de Junio de 2023). *ENDOZYM Alphamyl*. Recuperado el 19 de Febrero de 2025, de https://www.aeb-group.com/media/catalog_sync/ENDOZYM_ALPHAMYL_SB1/TDS/CILE/ENDOZYM_ALPHAMYL_SB1_TDS_ES_2120623_BEER_Chile.pdf
- Estrada , M. (2021). Principales enfermedades del maíz (*Zea mays*, L.) en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 53-59. Obtenido de <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/469>
- Estrada, J., & et al. (2023). Madurez fisiológica en semillas de maíz (*Zea mays* L.) a través de marcadores morfológicos y contenido de humedad. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3). doi:<https://doi.org/10.15517/am.2023.53269>
- Ferreira , M., & et al. (2024). Natural fermentation of potato (*Solanum tuberosum* L.) starch: Effect of cultivar, amylose content, and drying method on expansion, chemical and morphological properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 261. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129608>
- García , A. (2020). Comparación de AQP entre maíz criollo y maíz blanco comercial. Obtenido de <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/25032>
- García , J., & et al. (2017). Diseño de una columna de destilación para la separación de una mezcla de aceites usados de motor. *Unidad Académica de Ciencias Químicas Universidad de Zacatecas* . Obtenido de <https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/JCQ/article/download/552/495/1774>

- Gopal, S., & et al. (2022). Physico-Chemical Properties Of Different Corn (*Zea Mays*) varieties. *IJFANS International Journal of Food and Nutritional Sciences*. Obtenido de <https://ijfans.org/uploads/paper/7579247697bfbe59b8fe954f3446c44b.pdf>
- Gordillo , G., & et al . (2022). Desarrollo, producción y análisis de bebidas alcohólicas destiladas empleando diez tipos de frutas autóctonas ecuatorianas. *Polo del Conocimiento*, 7(6). doi:10.23857/pc.v7i6.4073
- Granados , J., & et al. (2023). Efecto del ciclo de producción sobre el potencial de rendimiento y calidad nutricional del maíz forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342022001000207
- Guamán, R., & et al. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*. doi:<https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Hodel, J. (2023). Chapter 2 - Vodka. *Distilled Spirits*. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822443-4.00009-8>
- Hsieh, C., & et al. (2023). ¡Destilando paso a paso! Superando modelos de lenguaje más grandes con menos datos de entrenamiento y modelos de menor tamaño. *Ciencias de la computación* , 2. doi:<https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.02301>
- Inen, I. E. (2014). *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*. Obtenido de Normas INEN del Vodka: <https://www.normalizacion.gob.ec/>

- Interroc. (2022). *INTEROC*. Recuperado el 17 de Febrero de 2025, de Emblema Ultra, la nueva propuesta tecnológica en semillas híbridas de Interroc Ecuador: <https://www.interroc.biz/2022/05/25/emblema-ultra-la-nueva-propuesta-tecnologica-en-semillas-hibridas-de-interroc-ecuador/>
- Jaime, J. (2024). El maíz amarillo como eje de la seguridad y soberanía alimentaria en México. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 34(63). doi:<https://doi.org/10.24836/es.v34i63.1395>
- Lamas , Y., & et al . (2023). Análisis preliminar de la fermentación alcohólica utilizando mezclas de jugo de los filtros, miel final y meladura. *Centro Azúcar*, 50(3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612023000300035
- León , W., & et al. (2024). Aplicación del método de McCabe-Thiele mediante modelacion matemática en excel para determinar las etapas teóricas de una destilación binaria. Obtenido de <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/aplicacion-del-metodo-de-mccabe-thiele-mediante-modelacion-matematica-en-excel-para-determinar-las-etapas-teoricas-de-una-destilacion-binaria>
- Lewis, T., & Stone, W. (2023). Bioquímica, Proteínas Enzimas. *StatPearls*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554481/>
- Liu, C., & et al. (2021). Microwave-assisted catalytic pyrolysis of apple wood to produce biochar: Co-pyrolysis behavior, pyrolysis kinetics analysis and evaluation of microbial carriers. *Bioresource Technology*, 320. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124345>

- Liu, Z., & et al. (2025). Atom-Driven and Knowledge-Based Hydrolysis Metabolite Assessment for Environmental Organic Chemicals. *Molecules*, 30(2). doi:<https://doi.org/10.3390/molecules30020234>
- López, S. (2023). Fortalecimiento de los procesos de elaboración de alcohol etílico de origen agrícola en ASOEMPRAC mediante el análisis de operaciones unitarias y productos de consumo para contribuir en el desarrollo tecnológico del cantón Pangua. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24857>
- López, Y., & García, J. (2020). Producción de bioetanol a partir de residuos de fruta utilizando *Saccharomyces cerevisiae*: Una revisión de las diferentes condiciones y métodos de proceso. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1992/49015>
- MacGarry, S. (2023). The Effects of Ethanol on the Flavour of Whisky. Obtenido de https://napier-repository.worktribe.com/preview/3175294/MacGarry_MRES_40520291.pdf
- Maicas, S. (2020). The Role of Yeasts in Fermentation Processes. *Microorganism*, 8(8). doi:<https://doi.org/10.3390/microorganisms8081142>
- Mancheno, M., & et al. (2024). Caracterización de los sistemas de secado de maíz duro amarillo. *Revista Digital Novasinerгия*, 7(1). doi:<https://doi.org/10.37135/ns.01.13.08>
- Martínez, P. (2023). Caracterización física, química, nutracéutica y propiedades tecnofuncionales de tres variedades de maíz (*Zea mays*) criollo pigmentado

(blanco, amarillo y negro). Obtenido de <https://ring.uaq.mx/handle/123456789/4340>

Maslov, O., & et al. (2021). The study of the effect of ethyl alcohol concentrations on the antioxidant activity of ascorbic acid solutions. *Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry*, 19(2). doi:<https://doi.org/10.24959/ophcj.21.231947>

Mestanza, C., & et al. (2025). Distanciamiento de siembra en *Zea mays* L. durante la época seca y lluviosa en la costa central del Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida La Granja*, 41(1). doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n41.2025.10>

Mommers, J., & Van Der Wal, S. (2020). Column Selection and Optimization for Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography: A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 51. doi:<https://doi.org/10.1080/10408347.2019.1707643>

Mora, Y., & De la Rosa, A. (2015). Modelación cinética de la fermentación alcohólica del zumo de pomarrosa. *Revista Procesos y Energía*, 1(2). Obtenido de https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Frevistadigital.uce.edu.ec%2Findex.php%2Fprocesosyenergia%2Farticle%2Fdownload%2F6868%2F8558%2F38407&psig=AOvVaw3uxvtpDDFoXT_IMExG8a_N&ust=1758032953590000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBgQjhxqFwo

Morales, T. (2021). Caracterización de razas de maíz (*Zea mays* L.) procedentes del banco de germoplasma del INIAP, en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. Obtenido de

<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11610/2/03%20AGP%20305%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Navarrete , A. (2020). Efecto del tamaño del grano y la concentración de almidón en las características físicas, químicas y organolépticas de una bebida con morocho (Zea mays). Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/13440>

Niu, Y., & et al. (2020). Characterization of Odor-Active Volatiles and Odor Contribution Based on Binary Interaction Effects in Mango and Vodka Cocktail. *Molecules*, 25(5). doi:<https://doi.org/10.3390/molecules25051083>

NTE INEN 187. (2013). Cereales y Leguminosas. Maíz en grano. Requisitos .

NTE INEN 189. (2014). Rotulado de bebidas alcohólicas. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/PRTE-189.pdf>

NTE INEN 2014. (2015). Bebidas alcohólicas. Determinación de productos congéneres por cromatografía de gases. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/519394743/NORMAS-INEN>

NTE INEN 369. (2016). Bebidas alcohólicas. Vodka. Requisitos.

Oludoyin , O., & et al. (2025). Effect of Processing Methods on Quality Characteristics of Maize Flour. *Proceedings*, 118(1). doi:<https://doi.org/10.3390/proceedings2025118003>

Oña, T., & et al. (2024). Producción y caracterización de una bebida tipo vodka a partir del banano (*Musa paradisiaca*) y papa (*Solanum tuberosum*). *Journal of Science and Research*, 9(4). doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.14172054>

- Ordóñez, D. (2022). Desarrollo de una bebida alcohólica destilada tipo (vodka) a partir de dos variedades de tubérculos, papa china (*Colacasia esculenta*) y oca (*Oxalis tuberosa*). Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11671/1/17200.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2024). Alcohol. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/alcohol>
- Ortiz , C., & et al. (2024). Análisis de viabilidad económica y opciones de financiamiento público para la producción de palma africana: el caso de BanEcuador. *Revista de Ciencias Sociales y Económicas*, 8(2). doi:<https://doi.org/10.18779/csye.v8i2.842>
- Paredes , D., & et al . (2024). Sistema Embebido para un biorreactor: aplicación a la fermentación de azúcares. *Revista Elektron*, 8(2). doi:<https://doi.org/10.37537/rev.elektron.8.2.197.2024>
- Peña , A. (2020). *Diseño de una línea para la producción semi-industrial de derivados del maíz (Zea mays L.) en el cantón Balzar*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PE%C3%91A%20CASTRO%20ANTHONY%20RICARDO.pdf>
- Pereira, S., & et al. (2022). Influence of fractional distillation on the yield and quality of biofuels obtained through thermal catalytic cracking of crude palm oil. *Dyna Revista de la Facultad Nacional de Minas*, 88(218). doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v88n218.90154>
- Praseptiangga, D., & et al. (2022). Propiedades químicas y análisis de microestructura de harina compuesta a base de maíz amarillo y okara.

Revista de Física: Serie de Conferencias, 2344.
doi:<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2344/1/012018>

Ramírez , J., & et al. (2021). Respuesta de híbridos subtropicales de maíz a la densidad de población. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 44(2).
doi:<https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.173>

Reyes , V., & et al. (2024). Fermentación del almidón de papa nativa. *Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias*, 5(2). Obtenido de <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/pucag/article/view/2169>

Reyes , W. (2023). Evaluación del proceso de hidrólisis y fermentación de una bebida alcohólica a base de maíz amarillo (*Zea mays*) proveniente de Retalhuleu, Guatemala, a escala laboratorio, como alternativa de innovación en una industria de licores. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18352/>

Rodas , K., & et al. (2024). *Saccharomyces bayanus* y ácido ascórbico: un compuesto bioactivo en la industria cervecera. *Revista Venezolana de Investigación Estudiantil*, 14(2). Obtenido de *saccharomyces bayanus* y ácido ascórbico: un compuesto bioactivo en la industria cervecera: <https://zenodo.org/records/14564939>

Rodríguez , G. (2020). Creación de fábrica de vodka en la provincia de Huancayo. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8526/4/IV_FCE_313_TE_Rodriguez_Rojas_2020.pdf

- Rodríguez, A., & et al. (2020). Reacciones comunes de Furfural en procesos escalables de Biomasa Residual. *Ciencia en Desarrollo*, 11(1). Obtenido de <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n1.2020.10973>
- Rogers , J., & Parker, K. (2025). Hydrolysis of Organic Contaminants: Improving Laboratory Studies to Accurately Predict Environmental Transformation Rates. *Environmental Science & Technology*, 59(15). doi:<https://doi.org/10.1021/acs.est.5c00685>
- Ruiz, J. (2023). Efecto de la maceración térmica del cacao CCN-51 (Theobroma Cacao L.) en las características organolépticas y colorimétricas de una bebida alcohólica. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/437a54f4-bc76-42eb-848e-d0020ba1d0cb>
- Sabalenka, L., & et al. (2023). Proposals for the improving of the existing GC-FID methods for determination of methanol and volatile compounds in alcoholic beverages. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17. doi:<https://doi.org/10.1007/s11694-023-01868-x>
- Salvador, R., & Pedrosa , M. (2020). Maíz andino peruano: Características generales, propiedades nutricionales, compuestos bioactivos y usos culinarios. *Investigación alimentaria internacional*, 130. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108934>
- Sánchez, C., & et al. (2012). Herramientas geométricas para el diseño básico de columnas de destilación con mezclas azeotrópicas heterogéneas ternarias. I. Cálculo del reflujo mínimo. *Revista EIA*. Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372012000200012

Sipa. (Septiembre de 2020). *Sistema de Información Pública Agropecuaria, Cifras Agroproductivas*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: [file:///C:/Users/User/Downloads/GUIA%20CULTIVO%20DE%20MAIZ%202021-1%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/GUIA%20CULTIVO%20DE%20MAIZ%202021-1%20(4).pdf)

Soroush , E., & Bahadori, A. (2017). Capítulo cinco - Cálculos de equilibrio vapor-líquido (EVL). *Comportamiento de las fases fluidas en yacimientos de petróleo y gas convencionales y no convencionales*. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803437-8.00005-1>

Stanzer , D., & et al. (2023). Alcoholic Fermentation as a Source of Congeners in Fruit Spirits. *Foods*, 12(10). doi:<https://doi.org/10.3390/foods12101951>

Tapia , S., & et al. (2023). Analysis of Production Costs: An Approach to Decision-Making. *In Proceedings of the 5th International Conference on Finance, Economics, Management and IT Business, 1*. Obtenido de <https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220/0011857000003494>

Timouma, S., & et al. (2021). El perfil transcripcional del híbrido industrial *Saccharomyces pastorianus* revela un sesgo de expresión de alelos dependiente de la temperatura y ensamblajes de proteínas ortólogas preferenciales. *Molecular Biology and Evolution*, 38(12). doi:<https://doi.org/10.1093/molbev/msab282>

Truong , M., & et al. (2024). Assessing Vodka Authenticity and Origin in Vietnam's Market: An Analytical Approach Using FTIR and ICP-MS with

Multivariate Statistics. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*.
doi:<https://doi.org/10.1155/2024/5652559>

Valenzuela , C., & et al. (2023). Fermentación alcohólica por *Saccharomyces cerevisiae* y cuantificación de flavonoides del zumo de Citrus x clementina (naranja). *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, 50(3). doi:<https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v50n1.100225>

Vásquez, M., & Vásquez, L. (2021). Obtención de vodka a partir de dos tipos de maíz (zea mays): maíz amarillo amiláceo y maíz blanco de grano vitrio. Obtenido de <https://1library.co/document/zx9jknwz-obtencion-vodka-partir-tipos-amarillo-amilaceo-blanco-vitrio.html>

Velasco , Á., & et al. (2020). Análisis de la variabilidad morfológica de maíces nativos y exóticos en valles altos de México. *Revista Fitotecnica Mexicana* , 43(4), 2. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802020000500517&lang=pt

Weiss, T., & et al . (2023). Blue, red and white maize as a sustainable resource for production of distilled spirit. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100770>

Yan, Y., & et al. (2024). The insights into sour flavor and organic acids in alcoholic beverages. *Food Chemistry*, 460. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140676>

Yong, K., & et al. (2022). Furfural production from biomass residues: Current technologies, challenges and future prospects. *Biomass and Bioenergy*, 161. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106458>

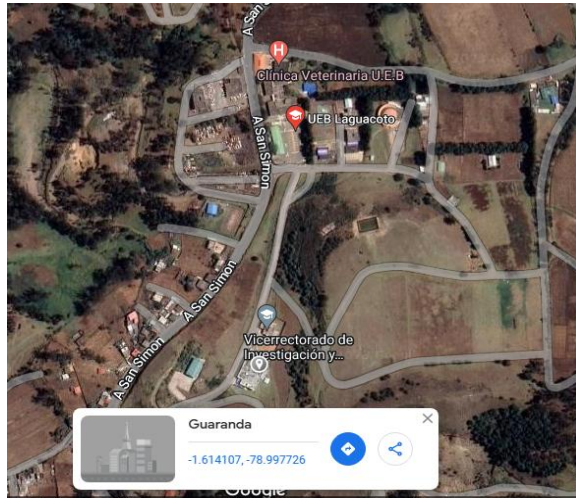
Yu , T., & et al. (2023). Enzyme function prediction using contrastive learning. *Science*, 379. doi:<https://doi.org/10.1126/science.adf2465>

Zambrano, J. L., & Caviedes, M. (15 de Junio de 2022). *Estado actual de la producción de maíz en Ecuador*. Recuperado el 18 de Febrero de 2025, de INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5886>

Zambrano, J., & et al. (2019). *INIAP*. Obtenido de Situación del cultivo de maíz en Ecuador: investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5457>

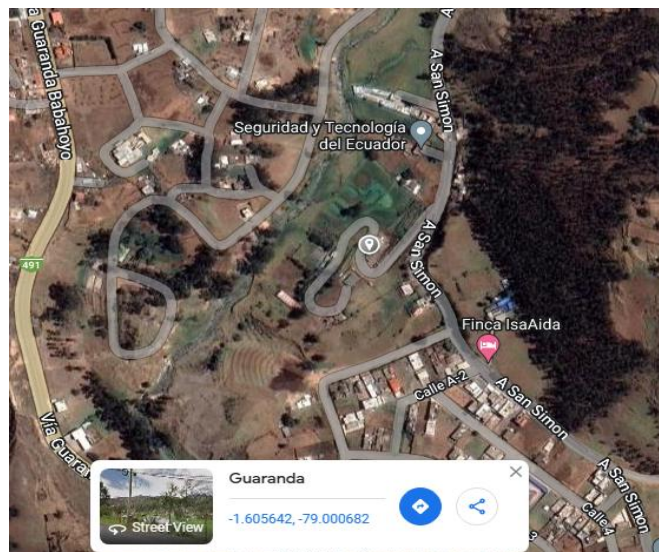
ANEXOS

Anexo 1 Mapa y coordenadas del laboratorio de vinculación de la UEB



Nota: Toma de la ubicación mediante “Google Maps”

Anexo 2 Mapa y coordenadas del laboratorio general de la UEB



Nota: Toma de la ubicación mediante “Google Maps”

Anexo 3 Análisis bromatológico del maíz amarillo



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.111698a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	Danny Oyato
Dirección:	Guaranda
Teléfono:	0994539510

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Maíz amarillo		
Lote:	---	Contenido declarado:	100g
Fecha de elaboración:	---	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de recepción:	2025/06/25	Hora de recepción:	14:47:35
Fecha de análisis:	2025/06/26	Fecha de emisión:	2025/06/27
Material de envase:	---		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Humedad	11,00	%	MFQ-04	AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire
Ceniza	1,19	%	MFQ-03	AOAC 923.03/ Gravimetría, directo

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis. Posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontradas en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).



Firmado electrónicamente por:
Ing. Teresa Ramirez

Ing. Teresa Ramirez
Directora de Calidad



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Anexo 4 Análisis bromatológico del maíz blanco



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.111698b

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	Danny Oyato
Dirección:	Guaranda
Teléfono:	0994539510

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Maíz blanco		
Lote:	---	Contenido declarado:	100g
Fecha de elaboración:	---	Fecha de vencimiento:	---
Fecha de recepción:	2025/06/25	Hora de recepción:	14:47:35
Fecha de análisis:	2025/06/26	Fecha de emisión:	2025/06/27
Material de envase:	---		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Humedad	10,75	%	MFQ-04	AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire
Ceniza	1,53	%	MFQ-03	AOAC 923.03/ Gravimetría, directo

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis. Posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontradas en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).



Firmado electrónicamente por:
Ing. Teresa Ramirez

Ing. Teresa Ramirez
Directora de Calidad



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/1

RFQ-7.8-01 / Edición RG: 12

Anexo 5 Análisis del contenido de almidón



DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD

Contenido de almidón total (% Base seca)

Muestra	Repetición 1	Repetición 2	Promedio
Maíz amarillo	67.68	66.94	67.31
Maíz blanco	65.58	64.30	64.94



PhD. Elena Villacrés
Investigadora Principal
Departamento de Nutrición y Calidad

Anexo 6 Análisis de cromatografía gaseosa



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ,112831a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	Danny Oyato
Dirección:	Guaranda
Teléfono:	0994539510

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Koxxo - vodka "Industria Oyato"		
Lote:	0002	Contenido declarado:	150 mL
Fecha de elaboración:	2025/07/27	Fecha de vencimiento:	2026/01/01
Fecha de recepción:	2025/08/04	Hora de recepción:	12:25:22
Fecha de análisis:	2025/08/08	Fecha de emisión:	2025/08/12
Material de envase:	Vidrio		
Toma de muestra realizada por:	EL CLIENTE		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Líquido	Conservación:	Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

RESULTADO FISICOQUIMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Alcoholes superiores	0,5	mg/100 cm ³ AA	MIN-87	NTE INEN 2014:2015/ CG-FID
Contenido de Alcohol	43	%	MIN-06	NTE INEN 340:2016 / Método alcoholímetro vidrio
Furfural	<0,01	mg/100 cm ³ AA	MIN-88	NTE INEN 2014:2015/ CG-FID
Metanol	<0,01	mg/100 cm ³ AA	MIN-24	NTE INEN 2014:2015/ CG-FID

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis. Posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GAD1 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

**Anexo 7 Normativa Técnica Ecuatoriana. Bebidas alcohólicas. Vodka.
Requisitos**



Quito - Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 369
Quinta revisión
2016-11

BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS

ALCOHOLIC BEVERAGES. VODKA. REQUIREMENTS

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para el vodka

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	37,5	-	NTE INEN 340
Metanol	mg/100 cm ³ *	-	1,5	NTE INEN 2014
Furfural	mg/100 cm ³ *	-	0,0	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores **	mg/100 cm ³ *	-	0,7	NTE INEN 2014
* El volumen de 100 cm ³ corresponde al alcohol absoluto				
** Alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico.				

5. MUESTREO

El muestreo debe realizarse de acuerdo con NTE INEN 339.

6. ROTULADO

El rotulado debe realizarse de acuerdo con NTE INEN 1933.

Anexo 8 Ecuación para la estandarización

$$V1 \times C1 = V2 \times C2$$

$$(3.3 \text{ l}).(80 \%) = (3.3 \text{ l} + X).(40\%)$$

$$264 = 132 + 40X$$

$$264 - 132 = 40X$$

$$132 = 40X$$

3.3 L H2O para diluir

Anexo 9 Evidencia fotográfica del desarrollo del trabajo de investigación

Selección de granos dañados



Molienda del grano



Pesado de la sémola



Gelatinización del maíz



Activación de la levadura



Fermentación del mosto



Separación de sedimento



Muestra a destilar



Destilando



Muestra destilada con 72 % v/v



Estandarización del alcohol



Desodorización



Verificación del grado de alcohol



Envasado



Producto final

