

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO DE GRADO



**ELABORACIÓN DE RON JOVEN A PARTIR DE LA
MELAZA PRODUCIDA EN EL INGENIO AZUCARERO DE
BERMEJO.**

Por:

ALEX EMMANUEL PERALES

**Proyecto de Grado (Modalidad: Investigación Aplicada) presentado a
consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL
SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura
en Ingeniería Química.**

Abril de 2022

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

M.Sc. Ing. Aurelio José Navia Ojeda
Sánchez

DECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

M.Sc. Ing. Marlene Beatriz Simons

VICEDECANA

Facultad de Ciencias y Tecnología

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. René Emilio Michel Cortes

Ing. Mario Gallardo Muñoz

Ing. Karina Cervantes Calbimonte

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a la persona que me cuida y guía desde el cielo, mi madre, Ely Arce Estrada, que con sus enseñanzas, amor, valores y ejemplo me dio las herramientas, con las cuales logro mis metas y afronto la vida.

A mi hermanito, Luis Edmundo Aldana Arce, por ser mi fuente de inspiración y alegría.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por los dones recibidos, la experiencia vivida, por la familia que me dio y el aprendizaje.

A mi padre, Edmundo Perales Gareca, por el apoyo moral y económico.

A mis queridos Tíos y segundos padres, Yuli Arce y Fernando Aldana por estar a mi lado y apoyarme cada día en mi carrera universitaria.

A todos mis familiares, por su apoyo y compañía a lo largo de mis años de estudio.

A mis amigos y compañeros de la Carrera de Ingeniería Química, por los momentos vividos y el apoyo recibido.

A mis docentes de la Carrera de Ingeniería Química, por la paciencia y el conocimiento brindado.

PENSAMIENTO

“No anhelaré menos problemas, sino más habilidades para enfrentarme a ellos”

“El pesimista ve el vaso medio vacío, el optimista medio lleno. El ganador, va por más agua”

Mario Luna

ÍNDICE

Página

CAPÍTULO I INTRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 HISTORIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	5
2.2 TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	5
2.3 MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZUCAR.....	6
2.3.1 Sistema radical.....	6
2.3.2 El tallo.....	7
2.3.3 Hoja.....	9
2.3.4 La flor.....	10
2.4 PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR.....	10
2.4.1 Producción Mundial.....	10
2.4.2 Producción de caña en Bolivia.....	11
2.5 MELAZA.....	12
2.5.1 Definición.....	12
2.5.2 Composición.....	12
2.5.3 Clasificación.....	13
2.5.4 Proceso de Obtención.....	14

2.5.5	Usos de la melaza.....	17
2.5.6	Pretratamiento de la melaza antes de la fermentación.....	17
2.6	El Etanol.....	18
2.6.1	Contracción volumétrica etanol-agua.....	18
2.7	EL RON.....	19
2.7.1	Definición.....	19
2.7.2	Características Organolépticas.....	19
2.7.3	Composición Fisicoquímica.....	20
2.7.4	Congéneres del Ron.....	20
2.7.5	Clasificación.....	22
2.7.6	Proceso de Elaboración.....	23
2.8	FERMENTACIÓN.....	24
2.8.1	Fermentación de la glucosa.....	25
2.8.2	Saccharomyces Cerevisae.....	27
2.8.3	Condiciones a medir y controlar en el proceso de fermentación.....	29
2.8.4	Eficiencia fermentativa.....	30
2.9	DESTILACIÓN.....	30
2.9.1	Destilación simple.....	30
2.9.2	Destilación fraccionada.....	31
2.9.3	Destilación por lotes.....	31
2.10	AÑEJAMIENTO.....	31
2.10.1	Métodos de añejamiento.....	32

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.	PARTE EXPERIMENTAL.....	34
3.1	INTRODUCCIÓN.....	34
3.2	SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN DE RON A PARTIR DE MELAZA DE CAÑA.....	34

3.3	EQUIPOS.....	34
3.4	MATERIALES DE LABORATORIO.....	35
3.5	REACTIVOS.....	35
3.6	DISEÑO FACTORIAL.....	36
3.6.1	Construcción del diseño factorial 2k.....	36
3.7	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE RON A PARTIR DE MELAZA DE CAÑA.....	41
3.7.1	Recepción de la materia prima: Melaza de Caña.....	42
3.7.2	Selección del volumen a utilizar y dilución de la melaza.....	43
3.7.3	Pasteurización de la melaza diluida.....	43
3.7.4	Acidificación del mosto.....	44
3.7.5	Fermentación del mosto.....	45
3.7.6	Trasiego del mosto fermentado.....	46
3.7.7	Destilación del mosto fermentado.....	47
3.7.8	Añejamiento del destilado.....	48
3.7.9	Dilución final y Clarificación.....	49
3.7.10	Envasado.....	50

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	51
4.2	ENSAYOS DE OBTENCIÓN DE RON A PARTIR DE MELAZA DE CAÑA DE IABSA.....	51
4.2.1	Registro de las curvas de fermentación.....	52
4.2.2	Grado alcohólico.....	55
4.2.3	Eficiencia de la fermentación.....	55
4.3	RESULTADOS DEL DISEÑO FACTORIAL.....	56
4.3.1	Análisis de varianza Univariante.....	56
4.3.2	Determinación del Modelo Matemático.....	58

4.4	CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO.....	62
4.4.1	Caracterización fisicoquímica.....	62
4.5	BALANCE DE MATERIA.....	64
4.5.1	Balance de materia en la Dilución de la materia prima.....	65
4.5.2	Balance de materia en la acidificación del mosto.....	66
4.5.3	Balance de materia en la fermentación del mosto.....	67
4.5.4	Balance de materia en el trasiego del mosto fermentado.....	68
4.5.5	Balance de materia en la destilación.....	69
4.5.6	Balance de materia en el añejamiento.....	70
4.5.7	Balance de materia en la dilución final.....	71
4.5.8	Resumen del balance de materia.....	72
4.5.9	Cálculo del rendimiento del proceso Tecnológico.....	73
4.6	ANÁLISIS DE COSTOS.....	74
4.6.1	Costo del estudio.....	74
4.6.2	Costo de producción.....	76

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1	CONCLUSIONES.....	79
5.2	RECOMENDACIONES.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1 Taxonomía de la caña de azúcar.	6
Tabla II-2 Lista de los principales países en producción de caña de azúcar	11
Tabla II-3 Composición de la melaza de caña de azúcar.	13
Tabla II-4. Tabla de dilución de alcoholes Gay Lussac.....	18
Tabla II-5 Características Organolépticas	20
Tabla II-6 Composición fisicoquímica del Ron.	20
Tabla III-1: Descripción del material utilizado.....	35
Tabla III-2: Factores y dominio experimental	37
Tabla III-3: Matriz de experimentos	38
Tabla IV-1: Análisis fisicoquímico de la melaza de caña de IABSA.	51
Tabla IV-2 Resultados del avance fermentativo.....	52
Tabla IV-3 Promedio de los resultados en los ensayos de la fermentación.	52
Tabla IV-4: Resultados de la medición del grado alcohólico en el mosto fermentado.	55
Tabla IV-5: Resultados de la eficiencia de la fermentación para cada ensayo. ..	55
Tabla IV-6: Matriz de experimentos con los datos experimentales obtenidos. ...	56
Tabla IV-7 Factores Inter-Sujetos.	57
Tabla IV-8: Pruebas inter-sujeto	57
Tabla IV-9: Resumen del modelo matemático	58
Tabla IV-10 Resultados del Análisis ANOVA.....	58
Tabla IV-11: Coeficientes del modelo matemático.....	59
Tabla IV-12 Resultado de Grado alcohólico Observado y Calculado	61
Tabla IV-13: Resumen de los Resultados de la caracterización fisicoquímica del Ron joven.....	64

Tabla IV-14: Resultados de corrientes en el balance de materia.....	73
Tabla IV-15: Detalle de costos totales de Materia Prima y Reactivos.....	74
Tabla IV-16 Detalle del costo total de Materiales	74
Tabla IV-17 Detalle de costos de análisis de materia prima y producto	75
Tabla IV-18: Detalle de costos material de apoyo.....	76
Tabla IV-19: Detalle de costos Totales del estudio.....	76
Tabla IV-20: Detalle de los costos de materia prima.	77
Tabla IV-21: Detalle de los costos de energía de los equipos utilizados.	77
Tabla IV-22: Detalle del costo de consumo de agua.....	77
Tabla IV-23: Detalle del costo del consumo de gas natural.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Evolución de las importaciones de bebidas en Bolivia en la última década.....	2
Figura 2-1 Sistema radicular de la caña de azúcar.....	7
Figura 2-2. Tallos de la caña y su diferenciación.....	8
Figura 2-3 Componentes morfológicos que identifican el nudo y el entrenudo del tallo.....	8
Figura 2-4 Formas del entrenudo.....	9
Figura 2-5 Partes de la hoja de la caña.....	10
Figura 2-6 Proceso de obtención de melazas.....	14
Figura 2-7 Diagrama del proceso de elaboración del Ron.....	24
Figura 2-8 Reacción de fermentación alcohólica.....	24
Figura 2-9. Secuencia de reacciones enzimáticas en la conversión de la glucosa a piruvato y después a productos de fermentación.....	27
Figura 2-10 Vista macroscópica de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en medio YPG.....	28
Figura 3-1: Proceso de elaboración de Ron.....	41
Figura 3-2. Ubicación Geográfica de la procedencia de la materia prima.....	42
Figura 3-3 Selección de volumen de melaza de caña.....	43
Figura 3-4. Pasteurización de la melaza de caña.....	44
Figura 3-5 Mosto acidificado con ácido sulfúrico.....	45
Figura 3-6. Levaduras activadas para el proceso de fermentación.....	46
Figura 3-7. Restos solidos depositados, tras el trasiego del mosto fermentado.....	47
Figura 3-8. Sistema de destilación simple para la medición del grado alcohólico.....	48
Figura 3-9 Trasvase del Ron añejado en barril al recipiente de vidrio con virutas de roble francés.....	49

Figura 3-10. Filtración al vacío del Ron obtenido.....	50
Figura 3-11. Ron Clarificado, listo para envasar.....	50
Figura 4-1: Curva de fermentación experimento 1.....	53
Figura 4-2: Curva de fermentación experimento 2.....	53
Figura 4-3: Curva de fermentación experimento 3.....	54
Figura 4-4: Curva de fermentación experimento 4.....	54
Figura 4-5 Modelo lineal.....	60
Figura 4-6 Grado alcohólico Observado, calculado y error.....	61
Figura 4-7 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de Ron realizado.....	65
Figura 4-8 Resumen del balance de materia en la elaboración de Ron joven a partir de melaza.....	72

GLOSARIO DE ABREVIATURAS.

UAJMS:	Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
LOU:	Laboratorio de Operaciones Unitarias
CEANID:	Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo
CEVITA:	Centro Vitivinícola Tarija
° GL:	Grado Gay Lussac
AAFCO:	Asociación Americana de Control Oficial de Alimentos
NTP:	Normativa Técnica Peruana
C₁₂H₂₂O₁₁:	Sacarosa
H₂O:	Agua
C₆H₁₂O₆:	Glucosa
CO₂:	Dióxido de carbono
ATP:	Trifosfato de Adenosina
NADH:	Nicotamida Adenina Dinucleótido
ADP:	Adenosin Difosfato
C₂H₅OH:	Etanol
° C:	Grado Celsius
pH:	Potencial de Hidrogeno
SC:	Saccharomyces Cerevisiae
ml:	Mililitros
IBCE:	Instituto Boliviano del Comercio Exterior
g:	Gramo
l:	Litro
Bs:	Bolivianos
kW:	Kilovatio
Hr:	Hora
Pág:	Página