

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario

Determinación del rendimiento de alcohol en tres variedades de caña
(*Saccharum officinarum*) (POJ, Caleña, Cenizosa) mediante la incorporación de
tres niveles de levadura (*saccharomyces cerevisiae*)

Tesis de grado previa la obtención del título de
Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTOR: Alfredo Jefferson Guerra Narváez

ASESOR: Decano, Ing. Jorge Mina

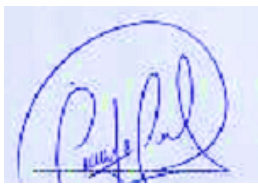
TULCÁN – ECUADOR

AÑO: 2015

CERTIFICADO.

Certifico que el/la estudiante Alfredo Jefferson Guerra Narváez con el número de cédula 0401750096 ha elaborado bajo mi dirección la sustentación de grado titulada: “Determinación del rendimiento de alcohol en tres variedades de caña (Saccharum officinarum) (POJ, Caleña, Cenizosa) mediante la incorporación de tres niveles de levadura (sacchoromyces cerevisiae)”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el reglamento de Grado del Título a Obtener, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jorge Mina', is enclosed within a light blue rectangular box. Below the box is a dashed horizontal line.


Ing. Jorge Mina. Msc.

Tulcán, 21 Julio del 2014.

AUTORÍA DE TRABAJO.

La presente tesis constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario de la Facultad de Industrias Agropecuarias Y Ciencias Ambientales

Yo, Alfredo Jefferson Guerra Narváez con cédula de identidad número 0401750096 declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



F.....

Alfredo Jefferson Guerra Narváez

Tulcán, Julio 21 de 2014

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS DE GRADO.

Yo Alfredo Jefferson Guerra Narváz, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la resolución del Consejo de Investigación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi de fecha 21 de julio del 2014 que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través o con el apoyo financiero, académico o institucional de la Universidad”.

Tulcán, Julio 21 de 2014



Alfredo Jefferson Guerra Narváz
CI 0401750096

DEDICATORIA

*A **Dios**, por permitirme cumplir unas de mis metas, la cual es una meta muy especial de mi vida y para toda mi vida, por las fuerzas que me brindó todos los días de vida y sus bendiciones, por todos los momentos de alegría y tristezas. Por la salud que me brinda cada minuto de mi vida.*

*A **mis padres**, Wilian Guerra e Flor Alba Narváez, por haberme dado todo su apoyo incondicional, por su amor, su esfuerzo físico y económico que día a día ha luchado por darme lo mejor de mi vida.*

*A **mis hermanos/nas** Dayana, Javier, Nayeli, Albita y Ariel quienes fueron mi apoyo para salir adelante y luchar hasta poder cumplir mi meta.*

A mis profesores, amigos, compañeros y a todas aquellas personas de alguna manera me ayudaron a llegar alcanzar mi meta, a todos les deseo lo mejor de la suerte en su vida.

AGRADECIMIENTO

*A la **Universidad Politécnica Estatal del Carchi** y en particular a la **Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario**, por permitirme formarme como profesional para servir a la sociedad, brindarnos conocimientos en el ámbito científico, educativo, cultural y ético.*

*De manera especial al **Ing. M.S.C. Jorge Mina**, director de tesis, quien se permitió brindarme su tiempo incondicional, su capacidad y experiencia profesional que condujo la investigación a un final exitoso.*

*Al **Ing. Fausto Montenegro** por su aporte valioso en la revisión estadística del proceso investigativo.*

*Al **laboratorio de Azúcares** de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi de la Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario.*

*A la **Dra. Jenny Yambay** por bríndeme sus conocimientos técnicos- científicos que condujeron la parte experimental de la investigación.*

INDICE GENERAL

Contenido	
CERTIFICADO.....	i
AUTORÍA DE TRABAJO.....	ii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS DE GRADO.	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE CUADROS	xxi
Índice de gráficos.....	xxiii
Índice de fotografías	xxv
Resumen ejecutivo	xxvi
Abstract.....	xxviii
Tukuyshek Ranaku	xxx
INTRODUCCIÓN	- 1 -
I. CAPITULO.....	- 2 -
1.1. EL PROBLEMA.....	- 2 -
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 2 -
1.3. DELIMITACIÓN.	- 3 -
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	- 3 -
1.5. OBJETIVOS.....	- 5 -
1.5.1 Objetivo General.....	- 5 -
1.5.2 Objetivos Específicos.....	- 5 -
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.	- 6 -

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	- 6 -
2.1.1. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL POR DOS CEPAS RECOMBINANTES Y UNA COMERCIAL DE <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> (FUNGI: ASCOMYCOTA) EN MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y MOSTOS DE BANANO DE RECHAZO DE URABÁ, COLOMBIA.....	- 6 -
2.1.2. Fermentación alcohólica de jugo de naranja con <i>S. cerevisiae</i>	- 6 -
2.1.3. "RENDIMIENTO AGRO INDUSTRIAL EN LA PRODUCCION DE PANELA GRANULADA DE VARIEDADES CERTIFICADAS DE CAÑA DE AZÚCAR, (<i>Saccharum officinarum</i>) DE ORIGEN CUBANO Y NACIONALES SEMBRADAS DESDE LOS 400 HASTA LOS 1 000 M.S.N.M. EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, ECUADOR".	- 7 -
2.1.4. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del Carbono.....	- 8 -
2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	- 9 -
2.3. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	- 11 -
2.3.1. Guarapo	- 11 -
2.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....	- 14 -
2.4.1. Caña	- 14 -
2.4.1.1. Definición	- 14 -
2.4.1.2. Origen de la caña.....	- 14 -
2.4.1.3.- TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	- 14 -
2.4.1.4.- MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	- 15 -
2.4.1.4.1. EL TALLO	- 15 -
2.4.1.4.4. COLOR DE LOS ENTRENUDOS DE LA CAÑA DE AZUCAR..	- 18 -
2.4.1.4.4.1. La antocianina.....	- 18 -

2.4.1.4.4.2. La clorofila.....	- 18 -
2.4.1.4.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS ENTRENUDOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR, LARGO Y GRUESO	- 18 -
2.4.1.4.6. CAPA DE CERA	- 19 -
2.4.1.4.7. MERSITEMO APICAL	- 19 -
2.4.1.4.8. Yema	- 20 -
2.4.1.4.9. HOJA	- 20 -
2.4.1.4.10. LÁMINA FOLIAR.....	- 21 -
2.4.1.4.11. FLOR	- 21 -
2.4.1.4.12. SISTEMA RADICAL.....	- 21 -
2.4.1.4.12.1. RAÍZ.....	- 21 -
2.4.1.4.12.2. Raíces primordiales	- 22 -
2.4.1.4.12.3. Raíces permanentes.....	- 22 -
2.4.1.4.13.- ECO-FISIOLOGÍA.....	- 22 -
2.4.1.4.13.1. LUZ.....	- 23 -
2.4.1.4.13.2. TEMPERATURA.....	- 23 -
2.4.1.4.13.3. PRECIPITACIÓN.....	- 23 -
2.4.1.4.13.4. VIENTOS.....	- 23 -
2.4.1.4.13.5. SUELO.....	- 23 -
2.4.1.4.13.6. CLIMA.....	- 24 -
2.4.1.4.13.7. ESTADO DE MADUREZ.....	- 24 -
2.4.1.4.14. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS y CLIMÁTICOS.....	- 24 -
2.4.1.4.14.1. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS.....	- 25 -
a. Lluvia	- 25 -

b.	Temperatura	- 25 -
c.	Humedad Relativa.....	- 26 -
d.	Luz Solar.....	- 26 -
2.4.1.4.14.2.	REQUERIMIENTOS EDÁFICOS	- 27 -
2.4.1.4.15.	CICLO DEL CULTIVO.....	- 27 -
2.4.1.4.16.	PLAGAS.....	- 27 -
2.4.1.4.16.1.	Insectos que pican o chupan las partes verdes.....	- 28 -
a)	Pulgones y cochinillas	- 28 -
b)	Insectos comedores y perforadores de hojas	- 28 -
c)	Barrenadores del tallo o taladros.....	- 28 -
c.1.	Caña de azúcar atacada por el barrenador <i>Proceras sacchariphagus</i> ..	- 28 -
2.4.1.4.17.	ENFERMEDADES.....	- 30 -
2.4.1.4.17.1.	Enfermedades fúngicas	- 30 -
a)	Pudrición de la raíz.....	- 30 -
b)	Pudrición del pie.....	- 31 -
c)	La marchitez.....	- 31 -
d)	Mancha de ojo.....	- 31 -
e)	Mancha anular o circular.....	- 31 -
f)	La cercosporiosis.....	- 31 -
g)	Roya o tizón.....	- 31 -
h)	Filariosis o Pokka Boeng (<i>Fusarium</i>).....	- 32 -
2.4.1.4.17.2.	ENFERMEDADES FÚNGICAS DE LOS TALLOS	- 32 -
a)	Pudrición roja (<i>Colletotrichum</i>)	- 32 -

b)	Pudrición negra (<i>Ratostomella</i>)	- 32 -
c)	Carbón (<i>Ustilago scitaminea</i>).	- 32 -
d)	Tizón veloso o mildiu (<i>Sclerotinia sacchari</i>).	- 32 -
2.4.1.4.17.3.	Enfermedades víricas.....	- 32 -
a)	El virus del mosaico.....	- 33 -
b)	El virus del enanismo.....	- 33 -
2.4.1.4.18.	PRÁCTICAS CULTURALES	- 33 -
a)	Preparación del suelo.	- 33 -
b)	Siembra/ plantación	- 33 -
c)	Plantación en surco.	- 34 -
d)	Plantación de caballones.....	- 34 -
2.4.1.4.19.	Suelos.....	- 34 -
2.4.1.4.20.	Fertilización.	- 35 -
2.4.1.4.21.	Requerimientos nutricionales.....	- 35 -
2.4.1.4.22.	Malas hierbas	- 35 -
a)	Control de malas hiervas.....	- 36 -
b)	Herbicidas más utilizados en el cultivo de la caña de azúcar, dosis más recomendables y época de aplicación	- 36 -
2.4.1.4.23.	FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR ANTES DEL CORTE	- 36 -
a)	Calidad de la caña de azúcar	- 36 -
b)	La variedad de caña y su efecto en la calidad.....	- 37 -
c)	Las prácticas culturales y la calidad de la caña de azúcar	- 37 -
d)	Efecto de la edad al corte en la calidad de la caña.	- 37 -

2.4.1.4.24.	FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CAÑA DESPUÉS DEL CORTE.....	- 38 -
2.4.1.4.25.	MANEJO DE COSECHAS Y POSCOSECHAS.....	- 38 -
a)	Cosecha Manual.....	- 39 -
b)	Cosecha Mecánica.....	- 39 -
2.4.1.4.26.	Rendimiento.....	- 39 -
2.4.1.4.27.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	- 39 -
2.4.1.4.28.	Levadura.....	- 40 -
a)	Género <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	- 40 -
b)	Valor proteico de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	- 41 -
c)	Valor vitamínico.....	- 42 -
e)	Calorías.....	- 42 -
2.4.1.4.28.	Factores importantes en la actividad de las levaduras.....	- 43 -
a)	Temperatura.....	- 43 -
b)	PH.....	- 43 -
c)	Aireación.....	- 43 -
d)	Nutrientes y Activadores.....	- 44 -
e)	Humedad.....	- 44 -
f)	Vida microscópica.....	- 44 -
g)	Multiplicación de las células.....	- 44 -
h)	Influencia de la hidratación.....	- 45 -
i)	Influencia de la temperatura en la levadura.....	- 45 -
2.4.1.4.29.	Bagazo.....	- 45 -
2.4.1.4.30.	Cachaza.....	- 45 -

2.4.1.4.31.	Biomasa.....	- 46 -
2.4.1.4.32.	Jugo de la caña de azúcar.....	- 47 -
2.4.1.4.33.	Usos de la caña de azúcar	- 48 -
a)	Producción de Alcohol.....	- 48 -
b)	Producción de Miel	- 48 -
c)	Como Forraje.....	- 48 -
2.4.1.4.34.	Azúcar o tipos de azúcares de la caña de azúcar	- 48 -
a)	Producción de Azúcar.....	- 48 -
2.4.1.4.35.	Superficie cultivada de azucareras en distintas zonas del mundo	- 49 -
2.4.1.4.36.	Superficie cultivada de azucareras en distintas zonas del mundo (superficie total: 26,93 millones de ha)	- 49 -
2.4.1.4.37.	Producción de caña de azúcar en distintos países de América Central y del Sur.....	- 50 -
2.4.1.4.38.	Alcoholes	- 51 -
2.4.1.4.39.	Clasificación de los alcoholes	- 51 -
a)	Alcoholes primarios, secundarios y terciarios.....	- 51 -
2.4.1.4.40.	Etanol	- 52 -
2.4.1.4.41.	Miel pobre o melazas.....	- 52 -
2.4.1.4.42.	Miel rica	- 53 -
2.4.1.4.43.	Jugo directo	- 53 -
2.4.1.4.44.	Usos del etanol.....	- 53 -
2.4.1.4.45.	Importancia del bioetanol.....	- 53 -
2.4.1.4.46.	Fermentación.....	- 53 -
a)	Definición	- 53 -

2.4.1.4.47. Fermentación alcohólica	- 54 -
2.4.1.4.48. Destilación y tipos de destilación	- 54 -
a) Destilación.	- 54 -
b) Tipos de destilación Artesanal	- 55 -
b.1 Destilación Artesanal	- 55 -
c) Destilación simple.....	- 55 -
d) Destilación Fraccionada	- 56 -
2.4.1.4.49. Importancia de la caña de azúcar en el Ecuador.....	- 56 -
2.4.1.4.50. Fábricas productoras de alcohol en Ecuador.....	- 56 -
2.4.1.4.51. Producción actual en el país.....	- 57 -
2.4.1.4.52. Producción mundial de etanol.....	- 57 -
2.4.1.4.53. Rendimientos y costos.....	- 58 -
2.4.1.4.54. Países productores de etanol	- 59 -
2.4.1.4.54.1. Ecuador.....	- 59 -
2.5 HIPÓTESIS	- 60 -
H1	- 60 -
2.6 VARIABLES	- 60 -
2.6.1. Variable independiente.	- 60 -
2.6.2. Variable dependiente.	- 60 -
III.METODOLOGÍA.	- 60 -
3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	- 60 -
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	- 60 -
3.2.1. Experimental.	- 60 -
3.2.2. Bibliográfica.....	- 60 -

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.	- 61 -
3.3.1. Población	- 61 -
3.3.2. Muestra	- 61 -
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	- 62 -
3.5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.	- 64 -
a) Información bibliográfica	- 64 -
b) Información procedimental	- 64 -
c) Localización del experimento.	- 64 -
3.5.1. Factores en estudio	- 65 -
3.5.1.1. Factor A	- 65 -
3.5.1.2. Facto B	- 65 -
3.5.2. Tratamientos	- 65 -
3.5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	- 66 -
3.5.3.1. Tipo de diseño	- 66 -
a) Número de repeticiones por tratamiento.....	- 66 -
b) Número de tratamientos	- 66 -
c) Unidad experimental.....	- 66 -
3.5.3.2. Esquema del análisis estadístico.....	- 66 -
3.5.3.3. Análisis funcional.....	- 66 -
a) Variables cuantitativas.....	- 67 -
b) Análisis químico y microbiológico	- 67 -
3.5.3.4. Temperatura de fermentación del mosto de caña en los biorreactores.	- 67 -
3.5.3.5. Potencial de hidrógeno (PH)	- 68 -

3.5.3.6. Sólidos solubles (°Brix).....	- 69 -
3.5.3.7. Acidez titulable	- 69 -
3.5.3.8. Tiempo de fermentación.....	- 70 -
3.5.3.9. Determinación de los análisis químicos y microbiológicos	- 70 -
a) Manejo del ensayo.....	- 70 -
b) Materia prima	- 70 -
c) Insumos	- 71 -
d) Materiales y sustancias de laboratorio.....	- 71 -
e) Materiales y equipos para el proceso	- 71 -
3.5.3.10. Diagrama de flujo de proceso de obtención de alcohol etílico....	- 73 -
3.5.3.11. Preparación de la Materia prima.....	- 74 -
3.5.3.12. Corte.....	- 75 -
3.5.3.13. Limpieza Selección.....	- 76 -
3.5.3.14. Transporte	- 76 -
a) Transporte de la caña de azúcar al trapiche” La Asociación La Arboleda”	- 76 -
3.5.3.15. Acopio	- 77 -
3.5.3.16. Lavado.....	- 77 -
3.5.3.17. Molienda.....	- 77 -
3.5.3.18. Extracción del jugo	- 78 -
3.5.3.19. Filtrado	- 78 -
3.5.3.20. Pre-limpieza.....	- 79 -
3.5.3.21. Pasteurización	- 79 -
3.5.3.22. Enfriado.....	- 80 -

3.5.3.23. Inoculación	- 81 -
3.5.3.24. Fermentación.....	- 82 -
3.5.3.25. Separación de levadura.....	- 82 -
3.5.3.26. Pos –Pasteurización.....	- 83 -
3.5.3.27. Destilación de alcohol.....	- 83 -
3.5.3.28. Almacenamiento.....	- 84 -
3.5.3.29. Análisis del producto	- 85 -
3.6. PROCESAMIENTOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	- 85 -
3.6.1. Análisis de resultados.....	- 85 -
a) Análisis de datos en la materia prima	- 85 -
b) Tiempo de fermentación.....	- 86 -
3.6.2. Análisis estadístico de las variables	- 88 -
3.6.2.1. Análisis de la variable temperatura al finalizar el proceso de fermentación.....	- 88 -
a) ADEVA de la variable temperatura de fermentación.....	- 90 -
b) Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I).....	- 90 -
c) Pruebas de significación para tratamientos mediante TUKEY (5%): Temperatura al final del proceso de fermentación.	- 90 -
d) Pruebas de significación para repeticiones mediante TUKEY (5%):	- 91 -
d.1 Temperatura al final del proceso de fermentación.	- 91 -
3.6.2.2. Comportamiento de las medias para la acidez al finalizar el proceso fermentativo.....	- 91 -
a) ADEVA de la variable acidez de fermentación	- 92 -
b) Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)	- 92 -

c) Pruebas de significación para tratamientos mediante TUKEY (5%): acidez titulable al final del proceso de fermentación.	- 92 -
d) Pruebas de significación para REPETICIONES mediante TUKEY (5%): acidez titulable al final del proceso de fermentación.	- 93 -
3.6.2.3. Comportamiento de las medias para el pH al finalizar el proceso fermentativo.....	- 93 -
a) ADEVA de la variable Ph de fermentación	- 94 -
b) Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I).....	- 94 -
c) Pruebas de significación para tratamientos mediante TUKEY (5%): pH al final del proceso de fermentación.....	- 94 -
d) Pruebas de significación para repeticiones mediante TUKEY (5%): pH al final del proceso de fermentación.....	- 95 -
3.6.2.4. Comportamiento de las medias para los Grados Brix al finalizar el proceso fermentativo.....	- 95 -
a) ADEVA de la variable Grados Brix de fermentación	- 96 -
b) Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I).....	- 96 -
c) Pruebas de significación para tratamientos mediante TUKEY (5%): GRADOS BRIX al final del proceso de fermentación.....	- 96 -
d) Pruebas de significación para repeticiones mediante TUKEY (5%): GRADOS.....	- 97 -
3.6.2.5. Balance de materiales.....	- 98 -
3.6.2.6. Rendimientos.....	- 99 -
3.6.2.6.1. Rendimiento de alcohol.....	- 99 -
a) Variedad de caña POJ.....	- 99 -
b) Variedad de caña caleña	- 99 -
c) Variedad de caña cenizosa.....	- 99 -

3.6.2.7. Interpretación de datos.....	- 100 -
3.6.2.8. Análisis físico-químico y microbiológico del alcohol.	- 100 -
3.6.2.8.1. Resultados del análisis físico químico T7R1 (Var Cenizosa - Levadura3 gr/lit)	- 100 -
3.6.2.8.1.1. Resultado del análisis microbiológico T7R1 (Var Cenizosa - Levadura3 gr/lit).	- 101 -
3.6.2.8.2. Resultados del análisis físico – químico T5R3 (Var Caleña – Levadura6 gr/lit)	- 101 -
3.6.2.8.2.1. Resultado del análisis microbiológico T5R3 (Var Caleña – Levadura6 gr/lit)	- 101 -
3.6.2.8.3. Resultados del análisis físico – químico T3R1(Var POJ – Levadura9gr/lit)	- 102 -
3.6.2.8.3.1. Resultado del análisis microbiológico T3R1(Var POJ – Levadura9gr/lit)	- 102 -
Potencial de Hidrógeno presente en las tres muestras de los mejores tratamientos.	- 102 -
3.6.2.9. Sólidos totales presente en las tres muestras de los mejores tratamientos.....	- 103 -
3.6.2.10. Acidez presente en las tres muestras de los mejores tratamientos.....	- 103 -
3.6.2.11. Grado alcohólico presente en las tres muestras de alcohol de los mejores tratamientos.	- 104 -
3.6.2.12. Resultados obtenidos del laboratorio LABORATORIO SEIDLA de la ciudad Quito.	- 104 -
3.6.2.12.1. Potencial de hidrogeno de los tres mejores tratamientos. -	104 -
3.6.2.12.2. Acidez de los tres mejores tratamientos	- 105 -
3.6.2.12.3. Esteres de los tres mejores tratamientos.....	- 105 -

3.6.2.12.4.	Aldehídos de los tres mejores tratamientos	- 106 -
3.6.2.12.5.	Análisis de metanol de los tres mejores tratamientos	- 106 -
3.6.2.12.6.	Análisis de la Densidad de los tres mejores tratamientos. -	107 -
3.6.2.12.7.	Análisis de congéres de los tres mejores tratamientos	- 107 -
3.6.2.12.8.	Análisis de alcoholes superiores de los tres mejores tratamientos -	108 -
3.6.2.12.9.	Análisis de los grados de alcohol presentes en los tres mejores tratamientos. -	109 -
3.6.2.13.	Costos de producción	- 109 -
3.6.2.14.	verificación de la hipótesis	- 112 -
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 113 -
4.1.	CONCLUSIONES.....	- 113 -
4.2.	RECOMENDACIONES	- 114 -
V.	BIBLIOGRAFIA.....	- 115 -
VI.	ANEXOS.....	- 120 -
	Anexo 1: Presupuesto del experimento	- 120 -
	Anexo 2: Cronograma.....	- 123 -
	Anexo 3: Análisis del producto.....	- 124 -
	Anexo 4: Preparación de la Materia Prima	- 124 -
	Anexo 5: Corte de las variedades de caña	- 124 -
	Anexo 6: Limpieza y selección.....	- 124 -
	Anexo 7: Transporte	- 125 -
	Anexo 8: Acopio.....	- 125 -
	Anexo 9: Lavado.....	- 126 -
	Anexo Molienda	- 126 -

Anexo 10: Extracción del jugo de caña.....	- 126 -
Anexo 11: Filtrado.....	- 126 -
Anexo 12: Pre-limpieza.....	- 127 -
Anexo 13: Pasteurización	- 127 -
Anexo 14: Enfriado	- 127 -
Anexo 15: Inoculación.....	- 128 -
Anexo 16: Fermentación.....	- 128 -
Anexo 17: Separación de levadura	- 128 -
Anexo 18: Pos-pasteurización	- 129 -
Anexo 19: Destilación del alcohol	- 129 -
Anexo 20: Almacenamiento	- 129 -
Anexo 21: Análisis del producto.....	- 130 -

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1: TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 14 -
CUADRO 2: MERISTEMO APICAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 19 -
CUADRO 3: CLASIFICACIÓN DE RAÍCES DE LA CAÑA	- 22 -
CUADRO 4: HERBICIDAS UTILIZADOS PARA MALAS HIERBAS	- 36 -
CUADRO 5: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 40 -
CUADRO 6: CONTRIBUYENTES DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 40 -
CUADRO 7: COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA LEVADURA POR 100G	- 41 -
CUADRO 8: COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA LEVADURA POR 100G	- 41 -
CUADRO 9: CONTENIDO VITAMÍNICO DE LA LEVADURA POR 100G	- 42 -
CUADRO 10: COMPOSICIÓN POR 100 GRAMOS DE LEVADURA DE CERVEZA	- 42 -
CUADRO 11: VITAMINAS PRESENTE EN LA LEVADURA.....	- 42 -
CUADRO 12: MINERALES DE LA LEVADURA	- 43 -
CUADRO 13: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CACHAZA	- 45 -
CUADRO 14: COMPOSICIÓN DEL JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 47 -
CUADRO 15: SUPERFICIE DE CULTIVOS AZUCAREROS (CAÑA DE AZÚCAR Y REMOLACHA) EN EL MUNDO.	- 50 -
CUADRO 16: PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN PAÍSES DE AMÉRICA CENTRAL Y DEL SUR	- 50 -
CUADRO 17: PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN AMÉRICA DEL SUR	- 51 -
CUADRO 18: LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	- 64 -
CUADRO 19: VARIEDADES DE CAÑA (SACCHARUM OFFICINARUM)	- 65 -
CUADRO 20: NIVELES DE LEVADURA (SACCHAROMYCES CEREVISIAE)	- 65 -
CUADRO 21: TRATAMIENTOS	- 65 -
CUADRO 22: ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	- 66 -
CUADRO 23: TIEMPO DE FERMENTACIÓN	- 86 -
CUADRO 24: VALORES OBTENIDOS EN EL TIEMPO DE FERMENTACIÓN	- 87 -
CUADRO 25: DATOS FINALES DE TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN	- 89 -
CUADRO 26: COMPORTAMIENTO DE LA CIDAZ FINAL	- 91 -
CUADRO 27: PRUEBA DE TUKEY PARA LA ACIDEZ FINAL POR TRATAMIENTOS	- 92 -
CUADRO 28: PRUEBA DE TUKEY DE LA ACIDEZ PARA REPETICIONES	- 93 -
CUADRO 29: PRUEBA DE TUKEY DE LA ACIDEZ PARA REPETICIONES	- 93 -
CUADRO 30: DATOS FINALES DE LOS BRUX	- 95 -
CUADRO 31: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE T7R1 (VAR CENIZOSA -- LEVADURA 3 GR/LT).	- 100 -
CUADRO 32: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE T7R1 (VAR CENIZOSA -- LEVADURA 3 GR/LT)	- 101 -
CUADRO 33: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO T3R1 (VAR CALEÑA-LEVADURA 6 GR/LT)	- 101 -
CUADRO 34: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE T3R1 (VAR CALEÑA-LEVADURA 6 GR/LT).....	- 101 -

CUADRO 35: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO T3R1 (VAR POJ – LEVADURA 9 GR/LT)..... - 102 -
CUADRO 36: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO T3R1 (VAR POJ – LEVADURA 9 GR/LT)..... - 102 -
CUADRO 37: RECURSOS ECONÓMICOS..... - 110 -

Índice de gráficos

GRÁFICO 1: TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 15 -
GRÁFICO 2: TIPOS DE TALLOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 16 -
GRÁFICO 3: NUDOS PRESENTES EN LA CAÑA DE AZUCAR	- 17 -
GRÁFICO 4: ENTRENUDOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 18 -
GRÁFICO 5: CAPA DE CERA PRESENTE EN LA CAÑA.....	- 19 -
GRÁFICO 6: YEMA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	- 20 -
GRÁFICO 7: PARTES DE YEMA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	- 20 -
GRÁFICO 8: HOJA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 21 -
GRÁFICO 9: TIPOS DE RAÍCES DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 22 -
GRÁFICO 10: SECCIÓN DE UN TALLO AFECTADO, CON LA LARVA EN SU INTERIOR	- 28 -
GRÁFICO 11: PUESTA DE HUEVOS SOBRE LA HOJA.....	- 29 -
GRÁFICO 12: PROCERAS SACCHARIPHAGUS (HEMBRA ADULTA)	- 29 -
GRÁFICO 13: DAÑOS PRODUCIDOS POR LA PHYSALOSPORA TUCUMANENSIS EN LA CAÑA DE AZÚCAR.....	- 30 -
GRÁFICO 14: ESQUEMAS DE CONIDIOFOROS	- 30 -
GRÁFICO 15: SUPERFICIE CULTIVADA DE AZUCARERARAS EN DISTINTAS ZONAS DEL MUNDO	- 49 -
GRÁFICO 16: TIEMPO DE FERMENTACIÓN	- 86 -
GRÁFICO 17: TIEMPO DE FERMENTACIÓN FINAL	- 87 -
GRÁFICO 18: DATOS FINALES DE LA TEMPERATURA	- 89 -
GRÁFICO 19: DATOS FINALES DE LA ACIDEZ	- 91 -
GRÁFICO 20: DATOS FINALES DE PH.....	- 93 -
GRÁFICO 21: DATOS FINALES DE LOS ° BRIX	- 95 -
GRÁFICO 22: FÓRMULA DEL RENDIMIENTO	- 99 -
GRÁFICO 23: RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL PH.....	- 102 -
GRÁFICO 24: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LOS ° BRIX	- 103 -
GRÁFICO 25: RESULTADOS DE LA CIDEZ ANALIZADOS	- 103 -
GRÁFICO 26: RESULTADOS DEL GRADO ALCOHÓLICO	- 104 -
GRÁFICO 27: RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL PH DEL LABORATOTIO LABORATORIO SEIDLA	- 104 -
GRÁFICO 28: ANÁLISIS DE LA ACÍDEZ EN EL LABORATOTIO LABORATORIO SEIDLA	- 105 -
GRÁFICO 29: ANÁLISIS DE ESTERES EN EL LABORATOTIO LABORATORIO SEIDLA.....	- 105 -
GRÁFICO 30: ANÁLISIS DE ALDEHÍDOS EN EL LABORATOTIO LABORATORIO SEIDLA.....	- 106 -
GRÁFICO 31: ANÁLISIS DE PRESENCIA DE METANOL EN EL LABORATOTIO LABORATORIO SEIDLA	- 106 -
GRÁFICO 32: ANÁLISIS DE LA DENSIDAD EN EL LABORATOTIO LABORATORIO SEIDLA	- 107 -
GRÁFICO 33: ANÁLISIS DE CONGÉNERES EN EL LABORATOTIO LABORATORIO SEIDLA	- 108 -
GRÁFICO 34: ANÁLISIS DE ALCOHOLES SUPERIORES EN EL LABORATOTIO LABORATORIO SEIDLA	- 108 -

Índice de fotografías

FOTOGRAFIA 1: MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA	- 68 -
FOTOGRAFIA 2: MEDICIÓN DE PH.....	- 68 -
FOTOGRAFIA 3: MEDICIÓN DE LOS ° BRIX	- 69 -
FOTOGRAFIA 4: TOMA DE MUSTRA PARA MEDICIÓN DE LOS ° BRIX	- 69 -
FOTOGRAFIA 5: MEDICIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE	- 70 -
FOTOGRAFIA 6: PREPARACIÓN DE LA VARIEDAD DE CAÑA (SACCHARUM OFFICINARUM) (POJ).....	- 74 -
FOTOGRAFIA 7: PREPARACIÓN DE LA VARIEDAD DE CAÑA (SACCHARUM OFFICINARUM) CALEÑA.....	- 75 -
FOTOGRAFIA 8: PREPARACIÓN DE LA VARIEDAD DE CAÑA (SACCHARUM OFFICINARUM) CENIZOSA	- 75 -
FOTOGRAFIA 9: CORTE DE LAS VARIEDADES DE CAÑA.	- 75 -
FOTOGRAFIA 10: SELECCIÓN DE VARIEDADES DE CAÑA(SACCHARUM OFFICINARUM). A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN	- 76 -
FOTOGRAFIA 11: TRASPORTE DE LA CAÑA AL TRAPICHE	- 76 -
FOTOGRAFIA 12: PREPARACIÓN DE LA CAÑA (SACCHARUM OFFICINARUM). EN EL TRAPICHE	- 77 -
FOTOGRAFIA 13: ELMINACIÓN DE RESTOS VEGETALES DE LA CAÑA(SACCHARUM OFFICINARUM).....	- 77 -
FOTOGRAFIA 14: PROCESO DE MOLIENDA DE LA CAÑA(SACCHARUM OFFICINARUM).....	- 78 -
FOTOGRAFIA 15: EXTRACCIÓN DEL JUGO DE CAÑA	- 78 -
FOTOGRAFIA 16: FILTRADO DEL JUGO DE CAÑA	- 79 -
FOTOGRAFIA 17: SEPRACIÓN DE RESIDUOS PRESENTES EN EL JUGO DE CAÑA (SACCHARUM OFFICINARUM).....	- 79 -
FOTOGRAFIA 18: PROCESO DE PASTEURIZACIÓN – DESACTIVACIÓN DE ENZIMAS	- 80 -
FOTOGRAFIA 19: ENFRIADO DEL JUGO DE CAÑA	- 80 -
FOTOGRAFIA 20: INOCULACIÓN DE LA LEVADURA AL JUGO DE CAÑA	- 81 -
FOTOGRAFIA 21: CANTIDADES DE LEVADURA POR CADA TRATAMIENTO	- 81 -
FOTOGRAFIA 22: TRASVASO DEL JUGO DE CAÑA CON EL FERMENTO (SACCHAROMYCES CEREVISIAE).	- 82 -
FOTOGRAFIA 23: PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL JUGO DE CAÑA (SACCHARUM OFFICINARUM).	- 82 -
FOTOGRAFIA 24: SEPARACIÓN DE MICROORGANISMO DESPUES DE LA FERMENTACIÓN	- 83 -
FOTOGRAFIA 25: POST – PASTEURIZACIÓN DE JUGO DE CAÑA FERMENTADO.....	- 83 -
FOTOGRAFIA 26: PROCESO DE DESTILACIÓN DEL JUGO FERMENTADO POR ADICIÓN DE TEMPERATURA.....	- 84 -
FOTOGRAFIA 27: ALMACENAMIENTO DE L PRODUCTO FINAL DESTILADO	- 84 -
FOTOGRAFIA 28: ANÁLISIS DEL PRODUCTO DESTILADO	- 85 -

Resumen ejecutivo

La presente investigación se basó directamente en la evaluación de tres variedades de caña (POJ, Caleña y Cenizosa) para la obtención de alcohol de caña probando tres niveles de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).

Específicamente el proceso de tecnología de la obtención del alcohol de caña inició con la obtención de mosto de caña, para lo cual se realizó el proceso de selección de las variedades de caña a utilizarse en la investigación, molido de la caña y fermentación del jugo. Luego el mosto de caña fue sometido al filtrado de impurezas, pasteurización, trasvasado a los biorreactores, inoculación de la levadura en las dosis establecidas y fermentación. Luego del proceso fermentativo se procedió al proceso de separación de levaduras y destilación del mismo mediante la proporción de temperaturas. Al finalizar el proceso se procedió a envasar, sellar, etiquetar y almacenar, obteniendo un alcohol de grado alcohólico que se encuentra entre las normas.

Para el proceso de medió estadísticas de las variables se experimentaron 9 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Por ser una experimento donde las condiciones fueron controladas, para la investigación experimental se optó por aplicar un Diseño completamente al Azar (D.C.a), donde el Factor A representa a las variedades de caña y el Factor B los niveles de levadura; las variables de análisis fueron: días de fermentación, temperatura, pH, acidez titulable y °Brix en proceso fermentativo. Para determinar la significación estadística se aplicó Tukey para los tratamientos y DMS para los factores.

Notablemente en los días del proceso fermentativo se notó que la dosis de levadura influye significativamente en el tiempo de fermentación, es decir que a mayor nivel de levadura menor tiempo de fermentación; los tratamientos terminaron el proceso fermentativo entre el cuarto y séptimo día. En la variable temperatura se determinó que la temperatura óptima de fermentación es de 21.1°C en el T3R1 (Var POJ – Levadura9gr/lit); en lo que concierne al pH se identificó al T7R1 (Var Cenizosa -- Levadura3 gr/lit) para la acidez el mejor

tratamiento fue el T3R1 (Var POJ – Levadura9gr/lit) como los mejores tratamientos.

Finalmente para conocer las propiedades físico químico y microbiológico de los tres mejores tratamientos se realizó el análisis en el laboratorio SEIDLALABORATORY Cía. Ltda. En la ciudad de Quito Ecuador.

Abstract

The present investigation was based highly on the evaluation of three cane varieties (POJ, Caleña and Cenizosa) for the obtaining of cane alcohol proving three yeast levels (*Saccharomyces cerevisiae*).

Specifically the process of technology of the obtaining of the cane alcohol began with the obtaining of cane must, for him which he/she was carried out the selection process from the cane varieties to atulizarse in the investigation, milled of the cane and fermentation of the juice. Then the cane must was subjected to the filtrate of sludges, pasteurization, trasvasado to the biorreactores, inoculation of the yeast in the established doses and fermentation. After the process fermentative you proceeded to the process of separation of yeasts and distillation of the same one by means of the proportion of temperatures. When concluding the process you proceeded to pack, to seal, to label and to store, obtaining an alcohol of alcoholic grade that is among the norms.

For the process of statistical medium of the variables 9 treatments were experienced with 4 repetitions each one. To be an experiment where the conditions were controlled, for the experimental investigation it was opted to apply a Design totally at random (D.C.a), where the Factor TO it represents to the cane varieties and the Factor B the yeast levels; the analysis variables were: days of fermentation, temperature, pH, acidity titulable and °Brix in process fermentative. To determine the statistical significance Tukey it was applied for the treatments and DMS for the factors.

Notablemente in the days of the process fermentative was noticed that the yeast dose influences significantly in the time of fermentation, that is to say that at more yeast level smaller time of fermentation; the treatments finished the process fermentative between the room and seventh day. In the variable temperature it was determined that the good temperature of fermentation is of 21.1°C in the T3R1 (Vary POJ - Levadura9gr/let); concerning the pH it was identified the T7R1 (Vary Cenizosa - - Levadura3 gr/let) para the acidity the best treatment was the T3R1 (Vary POJ - Levadura9gr/let) as the best tratamientos.

Finally to know the chemical properties physique and microbiological of the three better treatments he/she was carried out the analysis in the laboratory SEIDLALABORATORY Co. Ltda. in the city of I Remove Ecuador.

Tukuysuk Ranaku

Kay kunun katingak tiariran shukuti tapungabu kimsa ashkakuna mishkimunda (POJ, Caleña y Cenizosa) kayun rrrrangabu traguta mishkimanta mikush kimsay shushichingabu (*Saccharomyces cerevisiae*).

Allimanta katingabu tecnología sukungabu traguta mishkimanta kallarikan japingabu chipi mishkimanta, kayun rrrraran alli japingabu ashkamunta kiski mawkangabu y maskangabu, mishkita muyuchish mishkita pasachingabu. Chaimanta mishki yaku mayshingabu yaukuran pasteurización, kutin apajun biorreactores, ashnish ima kitin gajun churaskamanta y nishka y alli churashka ama malta churangabu, chaimanta katin chapí tiarijuchun chaymanta katiran anchuchingabu mikungabu y chakichingabu kay lady chaupimanta alli pachapi tiarijuchun. Kay tukuchingabu katingapak katiran churangabu, tapachingabu, paplta churangabu y wakichingabu, charish traguta ashka machachingabu ña nishkapi gajun.

Katingapak chaupimanta ña gajun ashkakunata mushuk yuyaykuna 9 katingapak 4 chiladi shuk manta. Kay llankish maypi rimay ñuka nishka rrrrajush, alli katingabu y maskangabu chay ñanta japiran kayun mawkangabu mushuk rrikush rrrrangabu illitamanta imashinash Azar (D.C.a), maymanta kay A rrikuchin illi mishki Rrikush B ashkakuna aspashla mikungabu; ashka kuna alli yuyangabu garan: puchaguna yaku churana, pacha, pH, yaku rrupuna, y °Brix rrrrash kay katingapak. Kayun tukuchingabu rimay nijun ña rimakuna ña yachanchi churaran Tukey kayun katingabu DMS illik yuyakkuna.

Na rrikuchin punchakunapi katingabu rrikuranchi ashpa mikuna katijun ña nishkapi pachapi allichijuchun, ña nijunchi jatunmanta fitiku pachapi allichujuchun; ashka katingapak tukuchin kay katingapak allikmanta kaymanta cuskumanta y kanchishmanta punchakunata. Ashka pachapi rrikuran pachakuna alli rrikush kay gan 21.1°C en el T3R1 (Var POJ – Levadura9gr/lit); kay rrikuchik pH rrikuran kayta T7R1 (Var Cenizosa -- Levadura3 gr/lit) kayta jaku rrupak alli katingapak garan T3R1 (Var POJ – Levadura9gr/lit) alli katingapak .

Tukuchish rrigsingabu físico químico y microbiológico kimsamanta allik katingapak rrraran alli yuyaymanta kay ukupi yachangapak SEIDLALABORATORY Cía. Ltda. Llaktapi Quito Ecuador.

INTRODUCCIÓN

La humanidad emplea la fermentación desde tiempos remotos para la elaboración de vinos. En estos tiempos se empieza a descubrir, gracias a procesos científicos, es así que Luis Gay – Lussac fue el primero en determinar una reacción de fermentación obteniendo etanol a partir de glucosa.

El mundo que vivimos es uno de los planetas únicos porque presenta mucha diversidad de seres vivos entre ellos está el ser humano, animales plantas, ya que de las plantas podemos obtener una gran variedad de subproductos por medio de procesos agroindustriales entre unos de estos productos útiles en los procesos se encuentra la caña de azúcar ya que es uno de los productos rico en glucosa siendo así muy útil en procesos como; para la obtención de panela de diferentes formas, obtención de alcohol por medio de procesos fermentativos que pueden ser utilizados en diferentes campos de consumo dependiendo de las características físico químicas.

El Ecuador es uno de los países que presenta condiciones muy favorables para el desarrollo de los cultivos en buenas condiciones, entre uno de ellos podemos citar la caña de azúcar del que por medio de procesos tecnológicos podemos obtener una gran diversidad de subproductos. A nivel nacional la caña de azúcar es conocida porque es utilizada para la elaboración de azúcar, ya que este producto presenta características aceptables para los procesos agroindustriales, también podemos decir que este producto presenta una composición que es única como la sacarosa que al ser extraída y pasada por medios de transformación podemos llegar a la obtención de productos como melcochas, alcohol, azúcar morena, polvo de panela, miel, los cuales son productos de una concentración de azúcares al ser sometidos a condiciones de temperatura.

I. CAPITULO

1.1. EL PROBLEMA.

La insuficiente investigación por parte de los centros de exploración entre ellos las universidades y centros agroindustriales, se refleja en la falta de información y aporte en el área de procesamientos agroindustriales en la Provincia del Carchi parroquia Chical comunidad Quinshull específicamente en relación a la caña y sus derivados.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La producción de caña de azúcar (**Saccharum officinarum**), en el Ecuador es utilizada principalmente para producción de: alcohol, azúcar, panela, según el presidente de la Unión Nacional de Cañicultores del Ecuador, a nivel nacional existen 150000 hectáreas de caña, más de 80000 para producir azúcar y el saldo lo trabajan trapiches artesanales para la producción de panela, aguardiente y más de 6000 productores de caña, 12000 familias que trabajan permanentemente y el 50% de estas familias labora en la industria panelera y la de etanol, donde se determina que la falta de conocimiento en el proceso ,hace que el tiempo de obtención de alcohol sea más largo y por ende la mala utilización de microorganismos útiles para la fermentación del mosto de caña. (Maridueña, 2010).

La falta de investigación en la producción de alcohol de las variedades de caña (POJ, Caleña y Cenizosa) ha determinado que se tome como problema de investigación, mediante la incorporación de tres niveles de levadura (**Saccharomyces cerevisiae**).para la obtención de alcohol.

1.3. DELIMITACIÓN.

La investigación está encaminada principalmente en el área agroindustrial, donde se busca evaluar tres niveles de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en tres variedades de caña (POJ, Caleña, Cenizosa), con el fin de determinar el rendimiento de alcohol de la o las mejores variedades y niveles de levadura utilizadas. De igual forma se analizará características físico químicas del producto final.

La fase experimental tendrá un tiempo aproximado de 6 meses en la Comunidad de Quinshull Parroquia Chical Cantón Tulcán y laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

La presente investigación está encaminada al campo de la agroindustria, ya que se pretende establecer el rendimiento, (%) de alcohol obtenido mediante la transformación de las materias primas subdivididas en tres variedades de caña (**Saccharum officinarum**) (POJ, Caleña, Cenizosa) con la incorporación de levadura (**Saccharomyces cerevisiae**). y se determinará parámetros físico químicos de los resultados.

Brindará nuevas alternativas de industrialización en el área de azúcares para la zona de Chical, que puede converger en la creación de nuevas empresas que activen el sector comercial en la provincia, de esta manera promoviendo un trabajo digno y honesto con la sociedad.

Mejorará la calidad de vida de la población buscando condiciones favorables para todas las personas, familia, colectividades y respetando de una manera digna la diversidad. También garantizando los derechos de la naturaleza, respetando sus plantas, animales, ríos, mares, montañas para de esta manera aportar al porvenir de las generaciones.

A través de la investigación se pretende garantizar la estabilidad, protección, promoción de los productores de caña, de esta manera consolidar sus derechos sociales y económicos como fundamento en nuestra sociedad.

Según la disposición constitucional contenida en el Art. 280, el Plan Nacional de Desarrollo es el instrumento al que se sujetarán las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del Estado; y la inversión y la asignación de los recursos públicos; coordinará las competencias exclusivas entre el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados.

Su observancia será de carácter obligatorio para el sector público e indicativo para los demás sectores.

Además incentivará el desarrollo de nuevas tecnologías encaminadas a la producción de gramíneas con características muy apreciables para el campo de procesos industriales.

Por otro lado la investigación está en caminata a contribuir con la utilización del proceso de caña, siendo así un factor de importancia económica. Para ello se intenta compartir los conocimientos a través de un documento que sirva como guía en el proceso tecnificado del rendimiento de alcohol en las tres variedades de caña de azúcar estudiadas, las mismas que se han seleccionado por ser las más utilizadas en el proceso panelero en la zona delimitada por la investigación (Parroquia Chical).

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1 Objetivo General.

Establecer el porcentaje y rendimiento de alcohol de tres variedades de caña (POJ, Caleña, Cenizosa) mediante la incorporación de tres niveles de levadura (**Saccharomyces cerevisiae**).

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Fundamentar bibliográficamente las variables en estudio.
- Establecer el tiempo de fermentación y concentración de azúcares del jugo de caña (Saccharum officinarum) en tres variedades (POJ, Caleña, Cenizosa).
- Determinar rendimientos de alcohol presentes en las tres variedades (POJ, Caleña, Cenizosa) por la proporción de tres niveles de levadura (**Saccharomyces cerevisiae**).
- Evaluar características físico químicas y microbiológicas del alcohol en las tres variedades de caña (POJ, Caleña, Cenizosa).
- Establecer costos de producción correspondientes en laboratorio de la producción de alcohol.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

2.1.1. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL POR DOS CEPAS RECOMBINANTES Y UNA COMERCIAL DE *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* (FUNGI: ASCOMYCOTA) EN MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y MOSTOS DE BANANO DE RECHAZO DE URABÁ, COLOMBIA

Resumen

La producción de bioetanol a partir de *Saccharomyces cerevisiae* (Fungi: Ascomycota) está influenciada por la concentración de azúcares y el sustrato de fermentación. Por ello, en este trabajo se evaluaron las cinéticas de producción de biomasa, azúcares residuales y producción de etanol de cuatro cepas de *S. cerevisiae* en dos medios de fermentación (melaza de caña de azúcar y banano de rechazo) a dos concentraciones de azúcares (100 y 170 g/l).

Las cepas Ethanol Red® y GG570-CIBII presentaron mayor producción de etanol con pico de producción de 119,74 (35 h) y 62 g/l (15 h), Yps 0,75 y 0,43 g/g y Qp 3,42 y 2,61 g/l/h, respectivamente a 170 g/l de azúcares en melaza de caña de azúcar. Adicionalmente, la cepa GG570-CIBII mostró un incremento de 37,1 g/l de etanol con respecto a la cepa control. (Carolina Peña, 2011).

2.1.2. Fermentación alcohólica de jugo de naranja con *S. cerevisiae*

Resumen

Se fermentaron jugos de naranja (natural, JN, o pasteurizado, JP) con *S. cerevisiae* a pHs (3,5 ó 4,0), temperaturas de fermentación (10 ó 20°C) y de maduración (10 ó 20°C). Se determinaron azúcares reductores directos (ARD) y totales (ART), N-amínico y recuento microscópico durante 4 etapas: inicial, fermentación, envasado y maduración (4 meses). Al final también se determinaron azúcares y etanol. Los ARD y ART decrecieron durante la

fermentación en ambos mostos; el N-amínico también disminuyó, permaneciendo luego casi constante. El recuento de levaduras fue 2×10^6 /mL (JN) y 7×10^6 /mL (JP). En los envasados se detectó fructosa (80-100%) y glucosa (<20%) pero no sacarosa.

El etanol alcanzó 60-80 g/L (JN) y 80-85 g/L (JP). Durante la maduración, los azúcares y el N-amínico aumentaron levemente, el etanol disminuyó en JN pero incrementó levemente en JP. El recuento de levaduras disminuyó.

Durante la fermentación, las levaduras asimilaron casi la totalidad de azúcares y del N-amínico para crecer; luego durante la producción de etanol no hubo casi cambios hasta el envasado, produciéndose su lisis. (Ferreira, noviembre 2009).

2.1.3. "RENDIMIENTO AGRO INDUSTRIAL EN LA PRODUCCION DE PANELA GRANULADA DE VARIEDADES CERTIFICADAS DE CAÑA DE AZÚCAR, (*Saccharum officinarum*) DE ORIGEN CUBANO Y NACIONALES SEMBRADAS DESDE LOS 400 HASTA LOS 1 000 M.S.N.M. EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, ECUADOR".

Resumen

El cultivo de la caña, es una actividad importante en la Provincia de Morona Santiago, Ecuador, las variedades de caña que se cultivan en los últimos 70 años, poseen bajo contenido de sacarosa, por lo que se han introducidos variedades de origen cubano para su estudio de adaptabilidad al genotipo ambiente para la producción de panela, miel, alcohol y su empleo en la elaboración de alimento animal por su alto por ciento de digestibilidad. Se presentan los resultados de 4 genotipos de caña de azúcar (*Saccharum spp*), evaluados a los 14 meses de edad en la cepa Soca 1 (retoño) en la cosecha, en un suelo franco-arcilloso; pardo oscuro, poco profundo; capa arable de 15 a 25 cm. de profundidad; excelente capacidad de campo y un pH entre 4.5 y 5.5 a 1000 m.s.n.m., en el Cantón Huamboya, Provincia de Morona Santiago, Ecuador; con vistas a su recomendación a la adaptabilidad al genotipo ambiente para la producción de

panela granulada. Fueron evaluadas 17 variables agro-azucareras, mediante análisis multivariado y Componentes Principales, Fischer, MDS y Duncan. El diseño empleado fue bloques al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones, en el cual, los tratamientos fueron variedades de caña de azúcar: C1051-73, C 132-81 y C 8751 (de origen cubano) y Cristalina Cinta (testigo). Los resultados reflejaron una relación directa entre las TM de caña / ha, TM de Pol / ha, TM de Panela / a y Rendimiento de Conversión / variedades. También se apreció que las variables: altura y diámetro del tallo; y, tallos / metro lineal fueron las que mayor influencias ejercieron en el componente de TM de caña / ha. El análisis discriminante permitió clasificar los cultivares en dos grupos: Variedades de alto potencial agrícola y de Rendimiento de Conversión (TM de caña / ha > 100 y RC > 9,9), Variedades de medio potencial agrícola y de Rendimiento de Conversión (TM de caña / ha entre 70 y 80 y RC < 9,9) y variedades de madurez temprana, intermedia y tardías, caracterizados por su alto potencial en t de caña / ha y Rendimiento de Conversión para la producción de panela granulada y su adaptabilidad a las condiciones del genotipo ambiente, el empleo de variables que determinan la programación de corte para la cosecha de la caña de azúcar / variedades, mediante el empleo de indicadores genotípicos de la calidad del jugo como: Brix del Jugo, Índice de Madurez, Pol y Pureza. (Francisco Martín Armas¹, 2008).

2.1.4. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del Carbono.

El monocultivo con caña de azúcar y uso de la quema para la cosecha es una práctica común en los países cañeros, que ocasiona la degradación ambiental. Sobre esta base se realizó una investigación durante 27 años, con el objetivo de definir el comportamiento del contenido y balance del C en un agro ecosistema cañero donde se practica la quema para la cosecha. Se condujo un experimento de niveles de N de larga duración en condiciones de secano, con cuatro ciclos de plantación y 24 cosechas. Se empleó un suelo Ferralítico Rojo típico eútrico. Antes de la plantación y después de algunas cosechas, se tomaron muestras de suelo (0.00-0.30 m) en cada parcela y se les determinó la

materia orgánica por el método de Walkley y Black. La variación del C orgánico del suelo en el tiempo se modeló mediante la ecuación $C_{org} = a + bt^{1/2}$. La cantidad de C capturado anualmente por tratamiento se calculó sobre la base de la cantidad total de biomasa aérea expresada en base seca y % C en la biomasa. La estimación del C total liberado a la atmósfera se realizó considerando la pérdida de C orgánico del suelo y el emitido por efecto de la quema de las hojas secas. El balance final del C en el agro ecosistema se calculó sumándole al total emitido a la atmósfera el que se exportó del campo con los tallos y restando el resultado del C capturado anualmente por tratamiento. El C orgánico del suelo disminuyó aún sin aplicar fertilizantes minerales (2.05 a 1.43 %). No se encontró efecto del N aplicado sobre la disminución del C orgánico del suelo. El C total perdido del agro ecosistema cañero, considerando el exportado por los tallos, resultó similar al capturado por la biomasa aérea, por lo que el balance neto tendió a cero. Como que en la estimación no se tuvo en cuenta el C fijado por las raíces y la cepa de la caña de azúcar, puede pensarse que el balance neto fue positivo hacia la captura. No obstante, se demostró que si bien no se manifestó contaminación atmosférica por el incremento de la concentración de C, sí se deterioró la fertilidad del suelo. (Cabrerar, 2010).

2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

La presente investigación se rige en las políticas establecidas por la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y el Gobierno Nacional, las mismas que se detallan a continuación:

- a) La Universidad Politécnica Estatal del Carchi en cuanto a trabajos de investigación de tesis, graduación, titulación e incorporación, capítulo II del marco legal, artículo 2 que menciona la obligatoriedad de la tesis para la obtención del título profesional de tercer nivel, en referencia a los artículos 80 literal e y 144 de la ley orgánica de educación superior (LOES).

- b) El Plan Nacional de Desarrollo, denominado Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013, es el instrumento del Gobierno Ecuatoriano para articular las políticas públicas con la gestión y la inversión pública, que en esta investigación se hace referencia a los siguientes objetivos 3, 4 y 8.
- c) De acuerdo al Decreto Ejecutivo 3253, publicado en el Registro Oficial 696 el 4 de Noviembre del 2002 en el gobierno de Gustavo Noboa Bejarano se elabora el *“Reglamento de buenas prácticas para alimentos procesados”*.

2.3. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.

En sectores marginales del Ecuador uno de los cultivos de mayor importancia es la caña de azúcar, la cual es utilizada para la elaboración de alcohol, azúcar y panela. Los métodos utilizados para su procesamiento son deficientes por lo cual la presente investigación pretende mejorar este proceso con la finalidad de obtener mayores ingresos para las familias de campesinos y de esta manera mejorar su calidad de vida.

2.3.1. Guarapo

Es el nombre que recibe una bebida alcohólica o infusión que varía según la región. Generalmente, se considera guarapo a la bebida que contiene proporcionalmente una gran cantidad de agua, bien sea añadida o por destilación natural. El guarapo se distingue del té y otras infusiones porque no suele ser un preparado de hierbas o flores, sino de frutos, savias o caña. Sin embargo, en algunas regiones puede referirse al té como un guarapo de hierbas o matas, tal es el caso de Venezuela.

EL GUARAPO EN EL PERÚ

Es a fines del siglo XIX que esta bebida empieza a elaborarse en nuestro país, gracias a la enorme producción de caña de azúcar y a la milenaria tradición de otra bebida nacida del fermento del maíz: la chicha de jora. Si bien los grandes fundos azucareros se ubicaban en casi toda la franja costera del país, la producción de 'guarapo' se desarrolló principalmente en zonas andinas y de ceja de selva como Oxapampa, lugar que aún alberga uno de los últimos centros de producción de esta bebida.

“Este fundo lo crearon los colonos alemanes que llegaron a Oxapampa. En esa época había 45 trapiches de los cuales 25 se dedicaban a elaborar aguardiente y el resto hacía chancaca. La historia de estos trapiches está íntimamente ligada a la historia política y económica del país. Una de las causas que produjo

su desaparición fue una ley dada en 1958 por el gobierno de Manuel Prado, la cual aplicaba un impuesto de 4 soles por litro de aguardiente, que era equivalente a casi el 50% del costo de producción.

PRODUCCION DE GUARAPO EN EL ECUADOR

Unos cuantos tanques de plástico, mangueras y un horno esperan en la carretera el paso de los visitantes a la zona de Íntag. Marta Díaz, de 32 años, propietaria de la pequeña fábrica, elabora una bebida alcohólica, que según ella, es tan fuerte que mata los bichos. Estuvimos a punto de creerlo, pues un sorbo del "guarapo", nombre de la bebida, pasa por el aparato digestivo como un carbón encendido. El "guarapo" nace de la caña de azúcar, planta que abunda en el lugar por el clima cálido - húmedo que posee y después de un proceso de fermentación, cocción y enfriamiento del jugo que se extrae de ella, se hace la fuerte bebida alcohólica, que para muchas personas que viven en Íntag, dejó hace mucho tiempo de ser un trago intimidante. Es el caso de Germán Tapia, de 45 años, quien aseguró que toma un vaso diario de "guarapo" y que para él ya no es una bebida fuerte. "Antes no tomaba más de dos vasos, porque ya estaba completamente ebrio", dijo Germán. Mientras trabajaba en el proceso, Marta contó que no gana mucho con la venta de la bebida, pues no existen muchas personas que pasan por el lugar, pero "algo hay que hacer para sobrevivir.", dijo la pequeña empresaria. Los pocos compradores al paso que consumen el "guarapo", son de todo tipo, pero los que nunca la probaron, reaccionan muy diferente de los que son asiduos consumidores, según dijo Marta.

En un buen día, la fábrica de Marta vende 10 vasos de "guarapo", pero su fuerte es la venta por barril, que se despachan a los negociantes dedicados a sacar a otras ciudades la bebida. Un dulce proceso antes que el extracto de la caña pase a convertirse en alcohol, sufre un proceso de fermentación y se convierte en un líquido con un sabor dulce, pero que ya tiene cierto grado alcohólico y que al consumirlo en grandes cantidades o dejarlo reposar por unos días, puede ser un arma en contra de la sobriedad de cualquier persona.

Según Noe Díaz, de 56 años, padre de Marta, mezclar el dulce con el "guarapo", hace que cualquiera se embriague con una mínima cantidad. Además explicó que al dejar al extracto de la caña mucho tiempo en un envase sellado, puede convertirlo en un poderoso corcho que sale disparado al momento de intentar abrir y si no se lo destapa pronto, el envase estalla, debido a los gases que produce la fermentación.

2.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.

2.4.1. Caña

2.4.1.1. Definición

La caña es una gramínea procedente del género **Saccharum** que se cultiva en las regiones subtropicales del mundo, este producto contiene un elevado contenido de azúcar en el tallo, esto se da por la concentración de sólidos solubles, esta materia prima se utiliza para diferentes procesos agroindustriales como para la obtención de panela y azúcar. La caña de azúcar en sus tallos almacena energía en forma de sacarosa disuelta en la savia. Se extrae el azúcar al evaporar el agua de la savia. (Agropecuaria, 2001).

2.4.1.2. Origen de la caña

Fue llevada a España por los árabes en el siglo VIII a. de C., donde se cultivaba principalmente en las tierras costeras de Málaga y Granada, donde aún se cultiva. Posteriormente los españoles llevaron la planta a las Indias Occidentales, en muchas de cuyas zonas el clima era más favorable que en la Península, por lo que casi se abandonó el cultivo en esta.

2.4.1.3.- TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

Cuadro 1: Taxonomía de la caña de azúcar

División	Embryophita siphonogama
Subdivisión	Angiosperme
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Gluminea
Familia	Gramineae
Tribu	Andropogonae
Subtribu	Saccharae
Género	Saccharum

Fuente: (Fermín Subiros, 2000, pág. 11).

2.4.1.4.- MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

Tiene un tallo de 2 a 5 metros de altura con 5 o 6 cm de diámetro, es recto, está cubierto por una corteza y una capa de cera de grosor variable que contiene el material colorante. La parte interna está constituida por el parénquima y paquetes fibrovasculares dispuestos longitudinalmente para terminar en hojas o yemas, en donde se almacenan los azúcares tales como: glucosa, fructosa y sacarosa. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante el proceso de fotosintético y constituye aproximadamente el 50% del total de materia prima seca del tallo maduro de la caña (Osorio, 2007).

El sistema radicular constituye la parte subterránea del eje de la planta: es el órgano de sostén y el medio por el cual se absorben los nutrientes ya gúa del suelo. La hoja se origina de los entrenudos y distribuye en posiciones alternas a los largo del tallo. Cada hoja está formada por la última lámina foliar. La flor se presenta como una inflorescencia en panícula sedosa en forma de espiga (CORANTIOQUIA, 2008).

2.4.1.4.1. EL TALLO

Es el órgano más importante de la planta de caña, puesto que en él se almacena los azúcares. El número, el diámetro, el color y el hábito de crecimiento dependen de la variedad. La longitud de los tallos, en gran parte dependerá de las condiciones ambientales de la zona y el manejo que se le dé a la variedad y en lo posible si busca que tengan una altura y diámetro uniforme. Los tallos pueden ser primarios, secundarios o terciarios. Entra las partes constitutivas del tallo son:

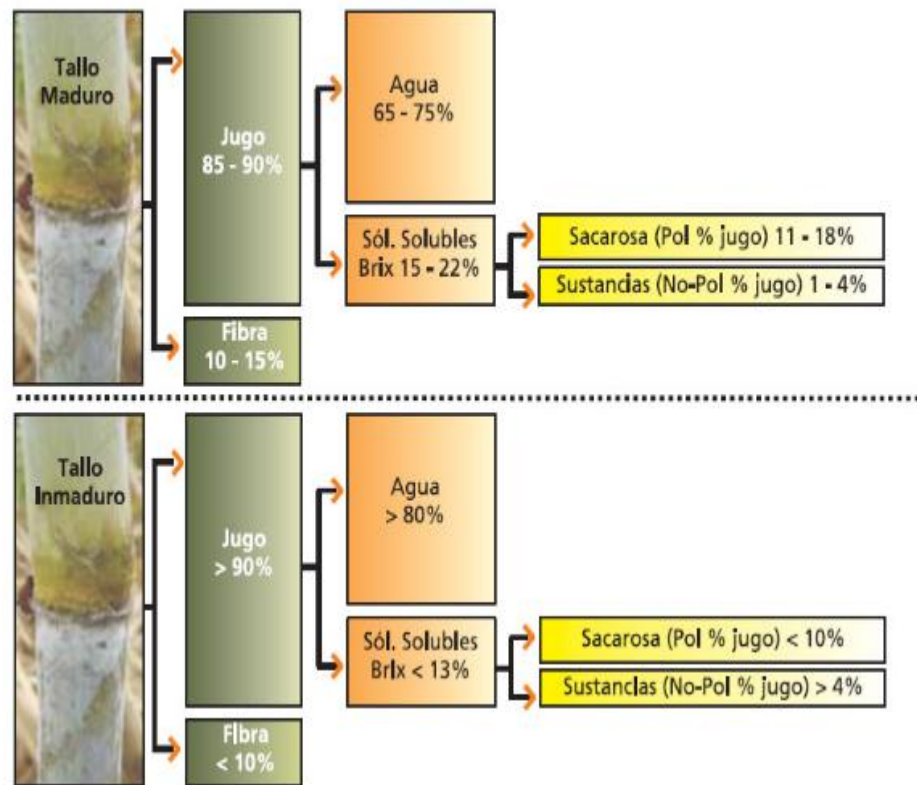
Gráfico 1: Tallo de la caña de azúcar



Fuente: (DILLEWINJN, 1983).

2.4.1.4.1.1. Tallos de la caña de azúcar

Gráfico 2: Tipos de tallos de la caña de azúcar



Fuente: (M.Javier, 2012).

Los tallos de caña de azúcar están constituidos por jugo y fibra (formada principalmente por celulosa). El jugo está compuesto por agua y por los sólidos solubles (sacarosa y otros constituyentes) cuyo contenido se mide por el Brix (expresado en porcentaje del jugo). El contenido aparente de sacarosa (azúcar comercial), expresado como un porcentaje del jugo y determinado mediante un método polarimétrico, se denomina Pol% jugo. La razón porcentual entre el Pol y el Brix del jugo se conoce como Pureza%. En el jugo existen otros compuestos solubles orgánicos e inorgánicos, como ácidos orgánicos, nutrientes minerales, azúcares reductores, oligosacáridos, polisacáridos, colorantes, proteínas y otros, diferentes de la sacarosa, que se denominan usualmente No-Pol o No-sacarosa, los cuales resultan de la diferencia entre el Brix y el Pol.

En la figura inicial se resume la composición química típica de un tallo movable (apto para molienda) y de un tallo inmaduro o de sus porciones no movibles (no apto). La cantidad de sustancias no-sacarosa generadas por falta de maduración de la caña o por condiciones de deterioro (quema, estacionamiento, heladas, etc.), afectan en distintas etapas el proceso fabril, reduciendo la recuperación de azúcar. (M.Javier, 2012).

2.4.1.4.1.2. Nudo

Es la porción dura y más del tallo que separa por dos entrenudos. E nudo a su vez, se encuentra conformado por el anillo de crecimiento, la banda de raíces, la cicatriz foliar, el nudo propiamente dicho, la yema y el anillo ceroso. La forma de la yema y su pubescencia es diferente es diferente de cada variedad y por lo tanto son muy usados para la identificación de estas. El nudo se identifica las siguientes partes. (Hugo García, 2007).

Gráfico 3: Nudos presentes en la caña de azúcar



Fuente: (DILLEWINJN, 1983).

2.4.1.4.3. El entrenudo

Es la porción del tallo localizada entre nudos. El diámetro, el color, la forma y la longitud cambian con la variedad. El color depende de factores genéticos y también por condiciones del medio ambiente y en especial por la exposición de la luz. (Burbano O. , 2010).

Gráfico 4: Entrenudos de la caña de azúcar



Fuente: (DILLEWINJN, 1983).

2.4.1.4.4. COLOR DE LOS ENTRENUDOS DE LA CAÑA DE AZUCAR

El color de los entrenudos depende de la variedad y de las condiciones de desarrollo de la caña, se atribuye a dos pigmentos básicos.

2.4.1.4.4.1. La antocianina

Se encuentra en la epidermis y en las células sub-epidérmicas y que aporta el color rojo.

2.4.1.4.4.2. La clorofila

Es aquella que está presente en los tejidos más profundos, y aporta el color verde.

La **antocianina** y la **clorofila** son dos pigmentos que pueden encontrarse en concentraciones variables especialmente la antocianina. A esto se debe, como ya hemos señalado, la diversidad de color tan característica de la caña de azúcar. (Abana., 2008).

2.4.1.4.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS ENTRENUDOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR, LARGO Y GRUESO

Los entrenudos varían la forma de acuerdo a la variedad, pueden ser cilíndricos, abarrilada, abovinadas, conoidal, obconica, curvada, e largo y

grueso están determinados por factores internos y externos, de igual forma sucede con el grueso del entrenudo, este y el largo son características de la variedad que depende del medio en que se desarrolla la planta.

2.4.1.4.6. CAPA DE CERA

Todos los órganos externos de la planta están recubiertos por una capa de cera, que constituye un mecanismo regulador y de defensa para el intercambio con el medio exterior. La cera se concentra en la parte superior de los entrenudos dando lugar a un anillo ceroso.

Gráfico 5: Capa de cera presente en la caña



Fuente:(DILLEWINJN, 1983).

2.4.1.4.7. MERSITEMO APICAL

Se encuentra en la parte terminal del tallo y está rodeado por los primordios foliares. Los tallos pueden tener las siguientes características:

Cuadro 2: Meristemo apical de la caña de azúcar

Partes del entrenudo	Clasificación
Hábito de crecimiento	Erecto, semi-erecto, reclinado, postrado.
Longitud de tallos. M	Largos (>3,50), medianos (2,50-3,49), cortos (<2,49)
Macollamiento, tallos/m	Amplio (>15), mediano (8-14), Escaso (<8).
Alineación de los tallos	Recto, zig-zag.

Fuente: (Burbano O. I., 2010)

2.4.1.4.8. Yema

Es el órgano más importante del canuto se encuentra situado en el anillo de raíces .La yema tiene la función de la reproducción agámica, normalmente se presenta una en cada canuto. La yema es un órgano embrionario, consiste en un tallo en miniatura, con hojas diminutas, las cuales las exteriores tienen forma de escama. Las yemas del tallo de la sección subterránea una vez cortada la caña, se activan dando lugar a un nuevo rebrote, lo que permite a las plantaciones mantener varios cortes una vez plantadas, fenómeno que se conoce como retoñamiento. (Abana., 2008).

Gráfico 6: Yema de la caña de azúcar



Fuente: (Abana., 2008).

Gráfico 7: Partes de yema de la caña de azúcar



Fuente: (Abana., 2008).

2.4.1.4.9. HOJA

Se originan de los entrenudos y se distribuye en posiciones alternas a lo largo del tallo. Donde cada hoja está formando por la lámina foliar y por la vaina o

yagua. La unión de entre éstas se forma la lígula, el color de esta permite diferenciar las variedades. (Burbano O. I., 2010).

Gráfico 8: Hoja de la caña de azúcar



Fuente:(DILLEWINJN, 1983).

2.4.1.4.10. LÁMINA FOLIAR

Esta parte es de gran importancia para el proceso de fotosíntesis y la disposición en la planta. La lámina foliar es recorrida en toda su longitud por la nervadura central y los bordes de la hoja presentan protuberancias en forma aserrada. El color de las hojas varía según la variedad.

2.4.1.4.11. FLOR

Es una inflorescencia en panícula en forma de espiga. Las espiguillas dispuestas a lo largo de un raquis contienen una flor hermafrodita con tres anteras y un ovario. La floración ocurre cuando las condiciones ambientales de fotoperiodo, temperatura, disponibilidad de agua y niveles de nutrientes en el suelo son favorables.

2.4.1.4.12. SISTEMA RADICAL

2.4.1.4.12.1. RAÍZ.

Las raíces de la caña de azúcar pueden originarse en los primordios radicales de la estaca plantada y también en los primordios del rizoma; las raíces que

brotan de la estaca se denominan raíces transitorias, son delgadas y muy ramificadas; las raíces que brotan de los anillos radicales inferiores son gruesas, carnosas, blancas y menos ramificadas.

Gráfico 9: Tipos de raíces de la caña de azúcar



Fuente:(DILLEWINJN, 1983),

Constituye el anclaje de la planta y el medio para absorción de nutrientes y el agua del suelo, este sistema consta de dos tipos de raíces:

2.4.1.4.12.2. Raíces primordiales

Corresponden a las raíces de la estaca original de siembra. Son delgadas y muy ramificadas. (Burbano O. , 2010)

2.4.1.4.12.3. Raíces permanentes

Brotan de los anillos de crecimiento de los nuevos brotes. Son numerosas, gruesas, de rápido crecimiento y su proliferación avanza con el desarrollo de la planta.

Cuadro 3: Clasificación de raíces de la caña

Tipo de raíz	Clasificación
Primordial	Gruesas, delgadas, ramificadas, no ramificadas.
Permanentes	Amplia, media, pequeña, gruesas, delgadas, abundantes, escasas, largas, cortas.

Fuente: (obdulio, 2003).

2.4.1.4.13.- ECO-FISIOLOGÍA

Se basa en el estudio de las relaciones entre los organismos y su medio ambiente. Los factores ecológicos que constituyen el ambiente donde se

desarrollan las plantas: climático, biótico y edáfico, también se tiene factores que afectan a la fotosíntesis de una planta como: la luz, temperatura, el CO₂, Humedad relativa, nutrientes, porciones de hoja y la posición en el tallo la edad de la planta y variedades. (Hugo García, 2007).

2.4.1.4.13.1. LUZ.

La intensidad de lumínica es responsable de la tasa de fotosíntesis e incide sobre el crecimiento de la caña y desarrollo vegetativo del tallo. (Hugo García, 2007).

2.4.1.4.13.2. TEMPERATURA.

Es un factor importante para el desarrollo de la caña, como para la elaboración y acumulación de la sacarosa. Existe relación entre la elongación del tallo y la temperatura. La caña se desarrolla con excelentes resultados en zonas de temperatura de 25-27°C. La temperatura ideal en el suelo para el desarrollo de las raíces es de aproximadamente 29-32°C. (Hugo García, 2007).

2.4.1.4.13.3. PRECIPITACIÓN.

El agua es indispensable para el desarrollo para la formación de carbohidratos (Azúcares) y es un factor importante para la producción. La caña necesita de aproximadamente 8 a 9 mm de agua/ha/día durante la época de verano y entre de 3 y 4mm/HA/día en época fría.

2.4.1.4.13.4. VIENTOS.

Es importante ya que estos cuando son calientes y secos aumentan la transpiración de las plantas y resecan el suelo. Lo cual lleva a consumir más agua en el cultivo. (Hugo García, 2007).

2.4.1.4.13.5. SUELO.

La caña se desarrolla en suelos de características franco-arcilloso-arenoso y los arcillo limosos. No crece en suelos arenosos por lo que no hay retención de humedad.

2.4.1.4.13.6. CLIMA.

Los factores que afectan el cultivo de caña son: radiación, intensidad foto periodo, temperatura, agua, suelo y gases atmosféricos, cambios de presión. (Hugo García, 2007).

2.4.1.4.13.7. ESTADO DE MADUREZ.

La variedad, la edad y las condiciones físicas como el suelo, altura, clima y principalmente la presencia de luz, intervienen en el desarrollo del cultivo y cumplen una función fundamental en la producción de tallos y en la concentración de azúcares (TOALA G. y ASTUDILLO, 2010).

2.4.1.4.14. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS y CLIMÁTICOS

En el mundo la caña de azúcar es cultivada, desde el nivel del mar hasta altitudes de casi 1200-1500 sobre el nivel del mar. La caña es, esencialmente, un cultivo tropical. Es de larga duración, por lo que crece en todas las estaciones, es decir durante el ciclo de vida pasa por condiciones de lluvia, invierno y verano.

La presencia de una estación calurosa larga, con alta incidencia de radiación solar y una adecuada humedad (pluviometría). La planta utiliza entre 148 a 300 g de agua para producir 1 g de materia seca.

La presencia de una estación seca, asoleada y fresca, libre de heladas es necesaria para la maduración y cosecha. El porcentaje de humedad cae drásticamente a lo largo del ciclo de crecimiento de la caña, de un 83% en plantas muy jóvenes a un 71% en la caña madura, mientras que la sacarosa aumenta de menos de 10% hasta 45% del peso seco. (Agro, 2010).

2.4.1.4.14.1. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

a. Lluvia

Una precipitación total entre 1100 y 1500 mm es adecuada, siempre que la distribución de luz sea apropiada y abundante en los meses de crecimiento vegetativo, seguido de un período seco para la maduración. Durante el período de crecimiento activo la lluvia estimula el rápido crecimiento de la caña, la elongación y la formación de entrenudos. Sin embargo, la ocurrencia de lluvias intensas durante el período de maduración no es recomendable, porque produce una pobre calidad de jugo, favorece el crecimiento vegetativo, la formación de cañas de agua y aumenta la humedad del tejido.

b. Temperatura

El crecimiento está directamente relacionado con la temperatura. La temperatura óptima para la brotación (germinación) de los esquejes es 32°C a 38°C. La germinación disminuye bajo 25°C, llega a su máximo entre 30-34°C, se reduce por sobre los 35°C y se detiene cuando la temperatura sube sobre 38°C.

Temperaturas sobre 38°C reducen la tasa de fotosíntesis y aumentan la respiración. Por otro lado, para la maduración son preferibles temperaturas relativamente bajas, en el rango de 12-14°C, ya que ejercen una marcada influencia sobre la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar de la caña. A temperaturas mayores la sacarosa puede degradarse en fructosa y glucosa, además de estimular la fotorespiración, que produce una menor acumulación de azúcares. Por otro lado, condiciones severas de frío inhiben la brotación de las socas y reducen el crecimiento de la caña. Temperaturas inferiores a 0°C producen el congelamiento de las partes más desprotegidas, como las hojas jóvenes y las yemas laterales. El daño depende de la duración del período frío. El ataque del carbón y su diseminación es mayor a temperaturas ambientales de 25-30°C. De modo similar, la diseminación de la podredumbre roja es mayor a temperaturas

altas (37-40°C) cuando las demás condiciones son similares. La incidencia de la marchitez es mayor cuando las temperaturas mínimas caen drásticamente. La incidencia de la mosca del tallo es alta en el verano, cuando las temperaturas del aire son más elevadas. También una mayor incidencia de la mosca del tallo ha sido observada cuando la diferencia entre la temperatura máxima (día) y mínima (noche) es pequeña. (Agro, 2010).

c. Humedad Relativa

Durante el período del gran crecimiento condiciones de alta humedad (80 - 85%) favorecen una rápida elongación de la caña. Valores moderados, de 45-65%, acompañados de una disponibilidad limitada de agua, son beneficiosos durante la fase de maduración.

d. Luz Solar

La caña de azúcar es una planta que adora el sol. Crece bien en áreas que reciben energía solar de 18-36 MJ/m². Por ser una planta C4 la caña de azúcar es capaz de altas tasas fotosintéticas y este proceso tiene un alto valor de saturación de luz. El ahijamiento es influenciado por la intensidad y la duración de la radiación solar. Una alta intensidad y larga duración de la irradiación estimulan el ahijamiento, mientras que condiciones de clima nublado y días cortos lo afectan adversamente.

El crecimiento del tallo aumenta cuando la luz diurna se extiende entre 10-14 días. El incremento del índice de área foliar es rápido durante el tercer y quinto mes de crecimiento, coincidiendo con la fase formativa del cultivo, y alcanza los valores máximos al comienzo de la fase del gran crecimiento. (Agro, 2010).

La radiación total promedio interceptada por un cultivo de caña en un ciclo de crecimiento de 12 meses ha sido estimada en 6350 MJ/m². Cerca del 60% de esta radiación es interceptada por el follaje, durante la fase formativa y en la fase del gran crecimiento. La producción total de materia seca muestra una

relación lineal con la PAR interceptada, y con alta correlación ($R^2 = 0.913$). A recuperación de azúcar es mayor cuando el clima es seco, con poca humedad, con varias horas de luz solar, noches frescas, con amplia variación diurna y poquísima lluvia durante el período de maduración. Estas condiciones favorecen una mayor acumulación de azúcar. (Agro, 2010)

2.4.1.4.14.2. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Es uno de los más importantes en la productividad de la caña de azúcar, considerando que el cultivo se mantendrá en el campo durante 5 a 6 años, debido a la práctica de producir varios cultivos de caña soca.

En consecuencia, es absolutamente esencial hacer una bien acabada preparación del terreno antes de comenzar un nuevo ciclo de cultivo, para dejar el suelo bien labrado para permitir una germinación adecuada de los esquejes, para la emergencia de las plantas en el campo y para un buen crecimiento radicular.

La labranza es la manipulación física del suelo con implementos apropiados para ablandar la camada superficial del suelo. (Agro, 2010).

2.4.1.4.15. CICLO DEL CULTIVO

2.4.1.4.16. PLAGAS

Plagas del suelo que dañan las raíces y el cuello de las plantas tenemos el taladrador menor de la caña (*Elasmop lignosellus Zell*) se controlan con aplicaciones de insecticidas al suelo y con cebos, y rotaciones, también el empleo de variedades resistentes. (Carlos Crispert, 2006).

2.4.1.4.16.1. Insectos que pican o chupan las partes verdes.

a) Pulgones y cochinillas

b) Insectos comedores y perforadores de hojas

Entre los gusanos defoliadores destacan el gusano medidor (*Misis spp*) y las larvas de los escarabajos del género *Balax*.

b.1. Control

Se controlan con insecticidas biológicos o químicos (fosforados o carbonatos).

c) Barrenadores del tallo o taladros.

Las plagas de este tipo que más afectan a la caña son las larvas de las pequeñas polillas *Diatraea saccharalis* Fab, *Proceras sacchariphagas* Boj. Y *Grapholitha schistaceana* Sn. Estos insectos perforan los entrenudos y las yemas, impidiendo el macollamiento de la caña. Para evitarlo, se recomienda cortar los tallos lo más cerca posible del suelo y desinfectar las estacas de siembra. También puede realizarse un control biológico mediante un himenóptero, la avispa *Trichogramma minutum* Riley. (Carlos Crispert, 2006).

c.1. Caña de azúcar atacada por el barrenador *Proceras sacchariphagus*

Gráfico 10: Sección de un tallo afectado, con la larva en su interior.



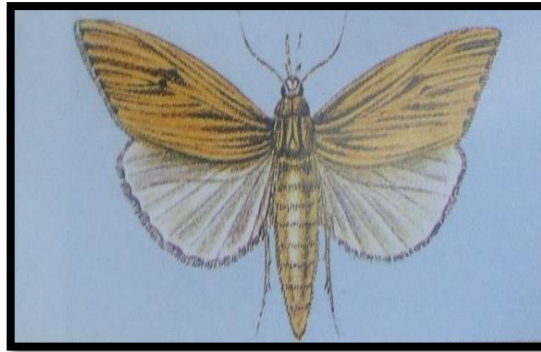
Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

Gráfico 11: Puesta de huevos sobre la hoja.



Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

Gráfico 12: *Proceras sacchariphagus* (hembra adulta)



Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

Este parásito también controla la mosca cubana (*Lixophaga diatraea*).

Se incluyen de esta manera otros tres insectos muy nocivos:

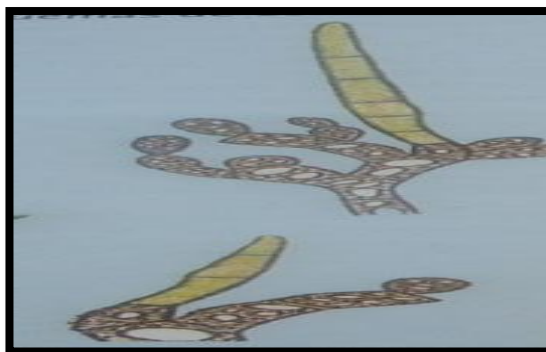
- El barrenador gigante del tallo (*Castnia licus*). Se controla biológicamente con hormigas.
- El barrenador del arroz (*Chilo suppressalis Walk*) y el gusano ejército (*Spodoptera frugiperda Smiht*).
- Todos los barrenadores se controlan mediante la destrucción de rastrojos, siembras tempranas y suelta de predadores.

Gráfico 13: Daños producidos por la *Physalospora tucumanensis* en la caña de azúcar



Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

Gráfico 14: Esquemas de conidióforos



Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

2.4.1.4.17. ENFERMEDADES

2.4.1.4.17.1. Enfermedades fúngicas

Enfermedades que en las raíces y el cuello que marchitan la planta. Las principales enfermedades se describen a continuación:

a) Pudrición de la raíz.

Es causadas por lo hongos *Pythum graminicolum* Subr. y *Marasmius sacchari*.

b) Pudrición del pie.

Provocada por el *Carticium (Sclerotium) rolfsii* Curzi. Causa una pudrición de las raíces, las mismas que son cubiertas por un micelio blanco.

c) La marchitez.

Causada por *Cephalosporium cacchari* Butl. Provoca el amarillamiento y la marchitez de las hojas jóvenes y daña el interior del tallo.

c.1 Control.

Se controla aplicando fungicidas.

d) Mancha de ojo.

Es ocasionada por el *Helminthosporium cacchari* Butl. Ataca principalmente a las hojas de las plantas de caña origina machas de forma alargada y color café rojizo, que puede acabar enrollando la hoja y darle un aspecto chamuscado.

e) Mancha anular o circular.

Es causada por (*Leptospheria sacchari*). Forma machas circulares irregulares de color café oscuro.

f) La cercosporiosis.

Causada por (*Cercospora kopkey* Krueg). Se caracteriza por presentar manchas pequeñas en las hojas de color claro.

g) Roya o tizón.

Causada por (*Puccinia spp*). Produce machas pequeñas largas en las hojas de las plantas.

h) Filariosis o Pokka Boeng (*Fusarium*).

Causa una desecación de la parte superior del tallo y contra la base superior de la hoja presenta decoloraciones. (Carlos Crispert, 2006)

2.4.1.4.17.2. ENFERMEDADES FÚNGICAS DE LOS TALLOS

a) Pudrición roja (*Colletotrichum*)

Daña los entrenudos, enrojeciendo el interior de los tallos y seca la médula, los entrenudos dañados resultan enfermos y deteriorados para la siembra.

b) Pudrición negra (*Ratostomella*)

Atacan a los entrenudos del tallo, que exhalan un aroma muy madura.

Se controlan utilizando semillas (estacas) desinfectadas para la siembra y destruyendo las plantas enfermas. (Carlos Crispert, 2006)

c) Carbón (*Ustilago scitaminea*).

Ocasiona tallos muy alargados y puede llegar a ocasionar la muerte de la plantas. Se controla mediante el empleo de variedades resistentes.

d) Tizón velloso o mildiu (*Sclerospora sacchari*).

Deforma las inflorescencias y esteriliza las flores. Se reduce su ataque aplicando cal al suelo.

2.4.1.4.17.3. Enfermedades víricas

Son aquellas enfermedades las cuales causan perjuicios en los cultivos con síntomas y signos. Existen dos tipos de virus que atacan al cultivo de caña.

a) El virus del mosaico.

Produce en las hojas franjas amarillas que se alternan con zonas verdes oscuras.

b) El virus del enanismo

Ataca principalmente a los brotes, el cual da lugar a plantas poco desarrolladas, este virus se presenta principalmente en épocas de sequía . (Carlos Crispert, 2006)

b.1 Control

Estos virus se controlan eliminando los insectos trasmisores como: insectos picadores y chupadores. También utilizando la desinfección de las herramientas de trabajo cuando se las utiliza en otro campo. (Carlos Crispert, 2006)

2.4.1.4.18. PRÁCTICAS CULTURALES

a) Preparación del suelo.

b) Siembra/ plantación

Viveros dado que la caña se propaga vegetativamente, los productores tienen que organizarse para obtener la cantidad de plantas necesarias. La obtención de plántones exige grandes cuidados, porque el éxito del cultivo depende, en gran parte, de la calidad de los individuos que constituirán la población final.

Los esquejes deben proceder de cañas que no hayan llegado aún a la maduración, ya que las maduras tienen yemas en el tercio inferior que dificultan la brotación de las testantes yemas. Además, hay que utilizar cañas de calidad conocida, o bien recurrir a viveristas de acreditada reputación o a las estaciones experimentales oficiales.

Una hectárea de vivero produce plántones suficientes para 12 ha de cultivo. Los esquejes se cortan en trozos de entre 30 y 40 cm y han de tener por lo menos, tres yemas o nudos. Se plantan en surcos, a 1 m unos de otros. En los viveros se puede aprovechar como abono la vinaza resultante del proceso de

destilación, además de fertilizar con abono químico, puesto que el objetivo es producir plántones vigorosos que den lugar a plantas productivas. Los plántones se mantienen en los viveros durante un año, como máximo, para impedir de la caña llegue a madurar y produzca esquejes con baja capacidad de rebrote. (María Rosalia, 2002).

c) Plantación en surco.

La plantación en surcos es el sistema más difundido en el cultivo de la caña. Los surcos se preparan con arados especiales, dejando una distancia de 1 m. luego se colocan en su fondo los esquejes, con tres o cuatro yemas, cubriéndolos con una capa de tierra de 10 cm. Esta operación puede mecanizarse completamente, con el empleo de plata doras que asurcan, abonan, distribuyen los esquejes y los cubren. Los productores que no puedan adquirir una máquina tan sofisticada tienen a sus disposición plantadoras de tracción mecánica, acopladas al tractor, o de tracción animal, capaces de hacer también un excelente trabajo (María Rosalia, 2002).

d) Plantación de caballones.

Se recomienda este sistema en las zonas con altas precipitaciones y terreno llano, en las que las inundaciones sean muy frecuentes.

2.4.1.4.19. Suelos

La caña exige suelos fértiles y bien drenados para poder manifestar toda su capacidad productiva y en los ligeros da mayor rendimiento. Alrededor del sesenta por ciento del sistema radicular de la planta se encuentran en los primeros treinta centímetros del suelo, mientras que el cuarenta por ciento restantes se sitúa en los treinta centímetros siguientes. El pH debe estar entre 5,5 y 7, pues la planta no tolera una acidez. Los suelos muy calizos ocasionan a veces problemas de clorosis en las hojas de las plantas (María Rosalia, 2002).

2.4.1.4.20. Fertilización.

El nitrógeno es el elemento que provoca una mejor respuesta en forma de rendimiento; la época de aplicación influye de manera determinante en el contenido final del producto de los tallos. La aplicación del nitrógeno se la realiza en el primer y cuarto mes antes y después de la cosecha, mientras que cuando se cosecha a los dos años, la última aplicación debe llevarse a cabo a los seis meses antes de la recolección.

La alta demanda de nitrógeno durante los primeros seis meses del ciclo se debe a que en este periodo produce el macollamiento de la planta. Los excesos a partir del sexto mes suelen producir un crecimiento exagerado de tallos finos. La caña absorbe potasio en grandes cantidades debe ser aplicado junto con el nitrógeno en la dosis recomendadas por los institutos de investigación de cada zona (María Rosalia, 2002).

Para una buena fertilización en el cultivo se recomienda realizar análisis de suelo previo a la siembra y análisis foliar a los 4 meses de edad, para conocer el estado nutricional de la planta. (Agro, 2010).

2.4.1.4.21. Requerimientos nutricionales

N (Kg/ha): 130

P₂₀₅ (kg/ha): 39

K₂O (kg/ha): 280

Ca (kg/ha): 47

Mg (kg/ha): 47

S (kg/ha): 60

2.4.1.4.22. Malas hierbas

En el cultivo de la caña de azúcar la naturaleza del problema de las malas hierbas es bastante diferente de lo que ocurre en otros cultivos. Se ha estimado que las malas hierbas reducen en un 12 a 72% la producción de caña de azúcar, dependiendo de la severidad de la infestación.

Las malas hierbas hacen un gran problema el cual es la competencia de nutrientes. El periodo crítico de competencia de las malas hierbas esta entre los veinte y los cien días después de la plantación.

a) Control de malas hiervas.

Puede ser mecánico o con el implemento de escardillo para pequeños cultivos y para mayores extensiones se emplea un método químico el mismo que produce mejores resultados así ayuda a la disminución de costos y el tiempo de eliminación es más duradero. (Carlos Crispert, 2006)

b) Herbicidas más utilizados en el cultivo de la caña de azúcar, dosis más recomendables y época de aplicación

Cuadro 4: Herbicidas utilizados para malas hiervas

HERBICIDA	DOSIS	ÉPOCA DE APLICACIÓN
Asulán	2 L/ha	Pre y pos emergencia
Cianazina	2-5kg/ha	Pre y postemergencia
Metribuzin	750g/ha	Pre y postemergencia
Terbacilo	1-3kg/ha	Pre y postemergencia

Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

2.4.1.4.23. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR ANTES DEL CORTE

Los factores que contribuyen a la calidad de la caña de azúcar del corte están relacionadas con lo que se detalla a continuación.

a) Calidad de la caña de azúcar

- La variedad
- Las prácticas culturales.
- La edad y la época de corte

b) La variedad de caña y su efecto en la calidad

El contenido de sacarosa, es el proceso de maduración, el nivel de compuestos no/ sacarosas y la morfología de los tallos, son características varietales que influyen directamente en la calidad de los jugos. Para ello es difícil hacer una clasificación rígida de las variedades de acuerdo con su contenido de sacarosa. La maduración es el proceso de acumulación de la sacarosa en el tallo y para que ocurra se toma en cuenta una disminución en la celeridad del crecimiento, que favorezca a la acumulación de los azúcares producidos durante la actividad fotosintética.

La dureza de la corteza es una característica importante de calidad en las variedades de caña, ya que constituye un obstáculo para el avance del insecto plaga conocido como barrenador. La población de tallos es una característica varietal de cada especie y aparecen en los tallos primarios, algunos tallos secundarios crecen en forma adecuada pero otros crecen débiles y mueren entre 5 y 9 meses. Algunas características morfológicas de los tallos como la forma, el diámetro y el color, que influyen en la calidad se diferencian especialmente con las variedades. También se toma en cuenta las condiciones de desarrollo del cultivo tienen un mayor impacto en la longitud de los entrenudos que en el diámetro de los tallos de la planta. (Jesús E, 2010).

c) Las prácticas culturales y la calidad de la caña de azúcar

Se reacciona exactamente con los aspectos de nutrición de la planta y su dependencia con la calidad de los jugos. El desarrollo de la planta está ligado a la nutrición mineral del cultivo. Además se toma en cuenta el contenido de humedad en los tallos lo cual induce a la conversión de los azúcares reductores a sacarosa el mismo que es usado para los procesos industriales. (Jesús E, 2010).

d) Efecto de la edad al corte en la calidad de la caña.

En el valle del Cauca se ha realizado varios estudios sobre el efecto de maduración de variedades comerciales, en ellas se ha logrado encontrar

diferencias muy simultaneas la cual permite distinguirlas por su capacidad para concentrar sacarosa desde edades muy tempranas 9 a 10 meses hasta alcanzar una máxima concentración en algunos casos de alcanza entre los 12 a 14 meses a diferencias de otras variedades que lo hacen a los 18 meses de edad. (Jesús E, 2010).

2.4.1.4.24. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CAÑA DESPUÉS DEL CORTE

Los principales factores que afectan la calidad de la caña después del corte son los siguientes:

1. Altura de corte
2. Grado de quema y tiempo entre corte y molienda.
3. Contenido de basuras o material extra.
4. Acción de microorganismos.

2.4.1.4.25. MANEJO DE COSECHAS Y POSCOSECHAS

La caña está lista para ser cosechada a los 12 meses, si el cultivo esta entre los 0 msnm y los 1200 msnm; a los 15 meses, si está entre los 1200 msnm y 1500 msnm, y más allá de ese nivel, la maduración ocurre a los 18 meses de edad. El momento de la cosecha se evidencia cuando los entrenudos se acoran; las hojas se tornan amarillas y más delgadas y los tallos se aclaran. El corte se realiza en todo el cultivo, especialmente en zonas planas, o están en la dura, siempre a ras del suelo. (María Rosalia, 2002).

Por lo tanto, una cosecha adecuada debe asegurar que:

- La caña sea cosechada en su máximo estado de madurez, evitando cortar caña sobre madura o inmadura.

- El corte de la caña debe ser hasta el suelo, para cosechar los entrenudos inferiores ricos en azúcar, aumentando la producción y el rendimiento de azúcar.
- El despunte o desmoche debe hacerse a una altura adecuada para eliminar los entrenudos superiores inmaduros.
- La caña debe estar limpia, removiendo los cuerpos extraños, tales como hojas, basura, raíces, etc.

a) Cosecha Manual

La cosecha manual requiere de operarios hábiles, pues una cosecha inadecuada de la caña causa pérdidas de caña y de azúcar, dando una jugo de mala calidad y causando problemas en la planta procesadora para retirar los cuerpos extraños de la caña. (Agro, 2010).

b) Cosecha Mecánica

Se la realiza mediante la implementación de maquinas, las mismas que ayudan a disminuir los tiempos de cosecha y es una de las alternativas fundamentales en lo que concierne a recursos económicos en la empresa. (Agro, 2010).

2.4.1.4.26. Rendimiento.

En promedio, se logran rendimientos de 70 t/ha/corte dependiendo de la calidad de la caña (María Rosalia, 2002).

2.4.1.4.27. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El tronco de la caña de azúcar está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc. Sin embargo, unos valores de referencia general pueden ser:

Cuadro 5: Composición química de la caña de azúcar

Componente	Porcentaje
Agua	73 – 76%
Sacarosa	8 – 15%
Fibra	11 – 16%

Fuente: (MENDDIATA, 2008).

La sacarosa del jugo es cristalizada en el proceso como azúcar y la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña. Otros constituyentes de la caña presentan en el jugo:

Cuadro 6: Contribuyentes de la caña de azúcar

Componente	Porcentaje
Glucosa	0,2 – 0,6%
Fructosa	0,2 – 0,6%
Sales	0,3 – 0,8%
Ácidos orgánicos	0,1 – 0,8%
Otros	0,3 – 0,8%

Fuente: (MENDDIATA, 2008).

2.4.1.4.28. Levadura

Es un microorganismo que se presenta en la naturaleza el mismo que se lo ha utilizado desde muchos años atrás por nuestros ancestros para la fermentación de productos que presenten en su composición azúcares comestibles. En la actualidad ya se la emplea en investigación biotecnológica para mejorar los procesos de producción especialmente en alimentos (Arias García, V-2806-2009).

a) Género *Saccharomyces cerevisiae*

La especie ***Saccharomyces cerevisiae***, se emplea en muchas industrias alimentarias, utilizándose cepas específicas para fermentar pan, cerveza, vino, alcohol, glicerol e invertida. Las levaduras de superficie son fermentadoras muy activas y crecen muy rápidamente a 20°C. La formación de agregados celulares y la rápida producción de CO₂ ocasionan el desplazamiento de las células a la superficie; en cambio, las levaduras de fondo no forman agregados de células,

crecen más lentamente y tienen mayor actividad fermentativa a temperaturas bajas de 10 a 15 °C. (Fraizier & Westhoff, 2003, pág. 47)

Esta especie es típica de fermentación alta de la industria cervecera, sus colonias son blandas, húmedas y de color crema. Fermentan la galactosa, sacarosa, maltosa, rafinosa y no utiliza nitritos. (González, 1978, pág. 4).

b) Valor proteico de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*

En tiempo normal, la levadura no suele utilizarse como alimento, pero siempre y cuando se presentan periodos de escasez de víveres, se procura aprovechar las levaduras como fuentes de proteínas. (José O, 2004).

Cuadro 7: Composición nutricional de la levadura por 100g

Proteínas	46g
Hidratos de carbono	38g
Grasas	2g
Agua	7g
Sales minerales	7g
De éstas, el 60% se hallan en combinación con el ácido fosfórico	-

Fuente: (José O, 2004).

En cuanto a los principales aminoácidos, el contenido de las levaduras es lo siguiente.

Cuadro 8: Composición nutricional de la levadura por 100g

Lisina	7,5%
Metionina	2 %.
Triptófano	1,3%

Fuente: (José O, 2004).

Finalmente señalamos su contenido de ácido ribonucleico y en glutatión tripéptido, de acción excepcionalmente preponderante en los fenómenos volátiles.

c) Valor vitamínico

Las levaduras son también de gran interés alimenticio gracias a su extraordinaria riqueza en vitaminas, siendo la fuente natural más rica en el contenido de complejo B.

Cuadro 9: Contenido vitamínico de la levadura por 100g

Vitamina B1	4,5mg
Vitamina B2	3mg
Vitamina B5	7,2mg
Vitamina B6	3,6mg
Vitamina PP	37,5mg
Vitamina H	0,8mg
Vitamina M	2mg
Provitamina D	0,2mg

Fuente: (José O, 2004).

d) LEVADURA DE CERVEZA

Cuadro 10: Composición por 100 gramos de levadura de cerveza

Principios inmediatos	Crema prensada	Extracto seco
Agua	70gr	7,7gr
Hidratos de carbono	13,3gr	37,8gr
Grasas	0,8gr	1,8gr
Proteínas	13,5gr	44,8gr
Cenizas	2,4gr	7,9gr

Fuente: (José O, 2004).

e) Calorías

La levadura es un alimento relativamente poco energético, proporcionando 100 calorías por cada 100 grs de crema fresca y el triple en extracto.

Cuadro 11: Vitaminas presente en la levadura

Vitamina	4mg	11mg
Vitamina	3mg	5mg
Vitamina	5,5mg	7mg

Vitamina	30mg	37,5mg
Ácido Pantoténico	20mg	17,5mg

El 60% en combinación con el ácido fosfórico

Fuente: (José O, 2004).

Cuadro 12: Minerales de la levadura

Potasio	400mg	1,800mg
Sodio	15mg	150mg
Calcio	25mg	120mg
Magnesio	16mg	200mg
Hierro	5mg	20mg
Fósforo	480mg	1,900mg
Azufre	50mg	40mg

También presenta trazas de aluminio, cloro, manganeso, silicio, boro, plata.

Fuente: (José O, 2004)..

2.4.1.4.28. Factores importantes en la actividad de las levaduras

a) Temperatura

Para una buena acción la temperatura óptima es de 26 °C a temperaturas bajas detendrán su acción, temperaturas altas sobre los 35°C debilitan su acción y sobre los 60°C se mueren completamente, su conservación es a 5°C.

b) PH

Las levaduras actúan en un rango de pH que va desde 4.5 a 7; en el caso de la fermentación por tener peligro de ataques de microorganismos indeseables es conveniente manejar un pH que se encuentre entre los 4,5 a 5,5.

c) Aireación

Durante mucho tiempo se pensó que las levaduras eran microorganismos anaerobios estrictos, es decir, debía realizarse la fermentación en ausencia de oxígeno. Sin embargo, es un hecho erróneo ya que requieren una cierta aireación. Esta oxigenación se consigue en los procesos previos a la fermentación. Una aireación sumamente excesiva es totalmente absurda ya

que no obtendríamos alcohol sino agua y anhídrido carbónico debido a que las levaduras, cuando viven en condiciones aeróbicas, no utilizan los azúcares por vía fermentativa sino oxidativa.

d) Nutrientes y Activadores

Las levaduras fermentativas necesitan los azúcares para su catabolismo, es decir para obtener la energía necesaria para sus procesos vitales, pero además necesitan otros substratos para su anabolismo como son nitrógeno, fósforo, carbono, azufre, potasio, magnesio, calcio y vitaminas, especialmente tiamina (vitamina B1). Por ello es de vital importancia que el medio disponga de una base nutricional adecuada para poder llevar a cabo la fermentación alcohólica.

El nitrógeno es de todos el más importante, siendo necesario que el mosto contenga inicialmente nitrógeno amoniacal y en forma de aminoácidos por encima de 130-150 ppm.

e) Humedad

Necesitan de un sustrato húmedo para su activación, por lo que es necesario de la presencia del agua para conseguir las reacciones deseadas. (Verema, 2007).

f) Vida microscópica.

Saccharomyces cerevisiae es un organismo vivo que se encuentra unicelularmente, en su formación se presenta de una manera redonda, ya que la reproducción se presenta asexualmente, en los procesos de fermentación se debe tener mucho cuidado ya que se puede tener la competencia de otros microorganismos como hongos, bacterias, levaduras que pueden dañar el proceso fermentativo.

g) Multiplicación de las células

Se da a partir de una célula madre en condiciones apropiadas para el crecimiento. Una célula comienza su división en tres horas. En 24 horas una célula madre reproduce alrededor de 256 células hijas. La multiplicación se da en una disposición de azúcares y nitrógeno. Así que con el mosto de caña la

glucosa es transformada por la célula a través de una fermentación alcohólica (Zuzvarregui Miro, v-2720-2006).

h) Influencia de la hidratación

La presencia del agua en el producto facilita en gran % la movilidad de la célula, si se tiene la movilidad elevada se presenta la reducción de la actividad aromática.

i) Influencia de la temperatura en la levadura

El incremento de temperatura en los procesos de fermentación, la temperatura acelera la fermentación de los azúcares. La aceleración es más significativa a 30°C que a 20°C, al llegar a los 38-40°C la actividad se incrementa cerca del 8% por cada grado suplementario. Cuando la temperatura llega a los 50°C la disminución de la actividad fermentativa. A los 55°C la acción de la levadura termina con su proceso fermentativo.

2.4.1.4.29. Bagazo.

Es el despojo de la caña después de que pasa por las masas del trapiche, ya que este material tiene un uso como abono orgánico para plantas. También de lo utiliza como materia para el cocinado en el proceso de obtención de alcohol.

2.4.1.4.30. Cachaza.

Es aquella sustancia que es eliminada en el proceso de clarificación de del guarapo de caña, este producto también se puede utilizar como abono y suplemento alimenticio en animales ya que tiene gran cantidad de energía. (Carolina Peña, 2011).

Cuadro 13: Composición Química de la Cachaza

Componente %	Valor	Componente %	Valor
Humedad	70,72	MgO	0,66
Densidad	180	Carbono (C)	20
P2O5	3,21	Relación C/N	38,40
K2O	0,24	PH en agua	7,22

CaO	2,94	Materia orgánica	64,30
N2 total	0,81	SO ²⁴	0,97
Si	0,27	Zn	0,51
Proteína cruda	16	Extracto en C6H6	14
Sacarosa y ART	14	Bagacillo	25
Hierro (Fe)	2	Manganeso (Mn)	0,16
Magnesio (Mg)	0,7	Aluminio (Al)	0,5
Cobre (Cu)	0,04	Cenizas	12
Ácido aspártico	4,4	Treonina	2,8
Ácido glutámico	3,7	Metionina	0,5
Isoleucina	2,1	Valina	3,5
Leucina	3,6	Tirosina	0,6
Fenilalanina	1,3	Triptófano	1,2
Histidina	2,2	Lisina	2,1
Arginina	0,9	Ácido valérico	1,1
Ácido caproico	0,5	Ácido pelargónico	0,4
Ácido 3-nonanoico	2,2	Ácido cáprico	0,4
Ácido undecílico	1,5	Ácido láurico	5,0
Ácido linolénico	2,1	Ácido octacosanoico	25,6
Ácido mirístico	1,6	Ácido palmítico	18,0
Ácido azelaico	2,2	Ácido esteárico	8,1
Ácido linoleico	27,0	Ácido oleico	10,2
n-tetraconasol	1,7	n-hexacosanol	5,5
n-heptaconasol	2,9	n-octacosanol	60
n-nonaconasol	2,9	n-dotriacontanol	1,7
n-tetatriacontanol	3,3	Stigmasterol	27,5
Fampesterol	30,0	B-sitosterol	31,6

Fuente: (Zepeda, 2013).

2.4.1.4.31. Biomasa

En Cuba existe un elevado potencial de recursos biomásicos provenientes de la agroindustria azucarera; estos recursos no se aprovechan adecuadamente y todavía el peso de la generación de electricidad proviene de las centrales termoeléctricas, con un alto índice de contaminación ambiental. Esta biomasa posee características que permiten catalogarla como buen combustible, además de tener ventajas desde el punto de vista ambiental.

Usando adecuadamente la biomasa cañera (bagazo y residuos agrícolas cañeros), y con la implantación de nuevas tecnologías, se incrementa la

eficiencia en la generación eléctrica en la industria azucarera y se reduce grandemente la contaminación ambiental. El término biomasa, en sentido amplio, se refiere a cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico. (Bermúdez, 2005).

2.4.1.4.32. Jugo de la caña de azúcar

El método de extracción de jugo usado en Colombia es el de la compresión, la que se realiza con molinos de rodillos cilíndricos, en el cual al comprimir la caña se disminuye su volumen, la presión interna aumenta y el jugo es separado y extraído de la fibra. La eficiencia en la extracción (e) de jugo se mide en relación a la masa de jugo extraído (m_j) por masa de caña molida (m_c), la literatura existente considera satisfactorias extracciones entre 58...63%, no obstante investigaciones de campo, indican que estos valores son fácilmente alcanzados con equipos en condiciones de desgaste elevado. (M. Sc. Alexander Díaz, 2012).

Cuadro 14: Composición del jugo de la caña de azúcar

Componentes	Sólidos solubles Masa %
Azúcares	75-92
Sacarosa	70-88
Glucosa	2-4
Fructosa	2-4
Sales	3-4.5
Ácidos inorgánicos	1.5-4.5
Ácidos orgánicos	1-3
Ácidos orgánicos	1.5-5.5
Ácidos carboxílicos	1.1-3
Aminoácidos	0.5-2.5
Otros no azúcares orgánicos	
Proteínas	0.5-0.6
Almidón	0.001-0.050

Gomas	0.30-0.60
Cera, grasa, fosfátido	0.05-0.15
Otros	3.0-5.0

Fuente: (J. A. Solís-Fuentes*, 2010).

2.4.1.4.33. Usos de la caña de azúcar

a) Producción de Alcohol

- Alcohol de Quemar, que tiene una graduación alcohólica entre 83°- 85° G.L.
- Alcohol carburante, que tiene una graduación alcohólica entre 93° - 95° G.L.
- Alcohol rectificado, que tiene una graduación alcohólica de 96° G.L.
- Alcohol absoluto, que tiene una graduación alcohólica entre 99° - 100° G.L.

b) Producción de Miel

- Para elaboración de agua ardiente.
- Para consumo familiar, dulces, tortas, etc.

c) Como Forraje

- Para alimentación de ganado vacuno (en verde).
- Para ensilar.

2.4.1.4.34. Azúcar o tipos de azúcares de la caña de azúcar

a) Producción de Azúcar

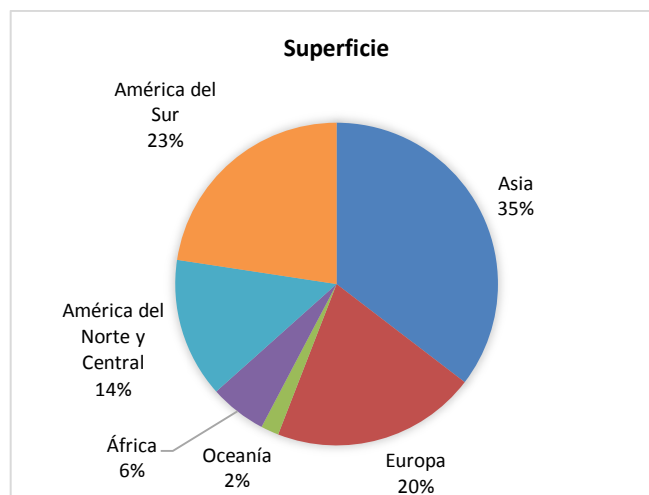
- Azúcar convencional o azúcar blanca para consumo diario.
- Azúcar orgánica o ecológica, generalmente se exporta a EEUU, Europa y Asia.
- Azúcar morena o integral, se usa para confiterías y en dietas.
(Almada, 2011)

2.4.1.4.35. Superficie cultivada de azucareras en distintas zonas del mundo

El azúcar se obtiene de dos productos principalmente industrializables remolacha y caña de azúcar. En Europa se ha desarrollado la remolacha como el principal cultivo azucarero; en el continente se plantan más de 5,5 millones de hectáreas lo que representa el 73,9% de la superficie mundial. En segundo lugar a bastante escala se encuentra el Continente Asiático donde se cultivan algo más de 1,2 millones de hectáreas. En América del Sur solo se cultivan unas 50000 hectáreas principalmente en Chile. En el proceso de la extracción de azúcar se utiliza el mosto azucarado, que posteriormente se clarifica y se elimina el agua presente en el mosto de la caña de azúcar y remolacha. Se obtiene el azúcar cristalino el cual corresponde al compuesto químico denominado sacarosa. Las melazas se utilizan en la fabricación de piensos compuestos o elaborar alcohol, mediante un proceso de fermentación por la adición de microorganismo y posteriormente una destilación por adición de temperatura.

2.4.1.4.36. Superficie cultivada de azucareras en distintas zonas del mundo (superficie total: 26,93 millones de ha)

Gráfico 15: Superficie cultivada de azucareras en distintas zonas del mundo



Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

Cuadro 15: Superficie de cultivos azucareros (caña de azúcar y remolacha) en el mundo.

CONTINENTE	SUPERFICIE DE CULTIVO DE AZUCARERAS (MILES DE ha)
África	1523
América Central y del Norte	3778
América del Sur	6097
Asia	9531
Europa	5528
Oceanía	477
TOTAL	26934

Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

2.4.1.4.37. Producción de caña de azúcar en distintos países de América Central y del Sur

Cuadro 16: Producción de caña de azúcar en países de América Central y del Sur

PAIS	SUPERFICIE COSECHADA (MESES DE ha)	RENDIMIENTO MEDIO (kg/ha)
AMÉRICA CENTRAL		
Bahamas	2	28947
Barbados	9	60040
Belice	24	44950
Costa rica	46	79560
Cuba	1500	26667
El salvador	51	76471
Guadalupe	10	37577
Guatemala	149	96620
Haití	30	40000
Honduras	43	75718
Jamaica	45	58309
Martinica	3	70804
México	614	76573
Nicaragua	45	65047
Panamá	33	51046
Puerto rico	10	42009
Rep. Dominicana	219	23980
Trinidad-Tobago	26	52000

Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

Cuadro 17: Producción de caña de azúcar en América del Sur

AMÉRICA DEL SUR		
Argentina	295	59661
Bolivia	89	42919
Brasil	4826	67227
Colombia	456	71212
Ecuador	106	63553
Guayana	45	74222
Paraguay	57	48000
Perú	54	121361
Surinam	2	38409
Aruguay	4	42105
Venezuela	112	61161

Fuente: (Carlos Crispert, 2006)

2.4.1.4.38. Alcoholes

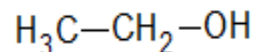
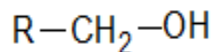
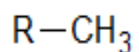
Los alcoholes son compuestos orgánicos formados a partir de los hidrocarburos mediante la sustitución de uno o más grupos hidroxilo por un número igual de átomos de hidrógeno. El término se hace también extensivo a diversos productos sustituidos que tienen carácter neutro y que contienen uno o más grupos alcoholes. (www.facmed.unam., 2008).

2.4.1.4.39. Clasificación de los alcoholes

Los alcoholes son el grupo de compuestos químicos que resultan de la sustitución de uno o varios átomos de hidrógeno (H) por grupos hidroxilo (-OH) en los hidrocarburos saturados o no saturados.

a) Alcoholes primarios, secundarios y terciarios

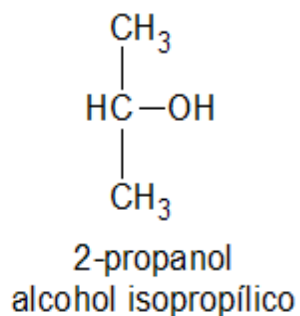
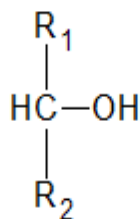
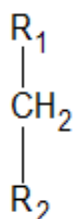
Un alcohol es **primario**, si el átomo de hidrogeno (H) sustituido por el grupo oxidrilo (-OH) pertenece a un carbón (C) primario:



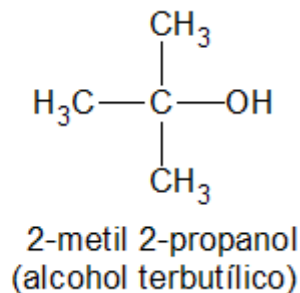
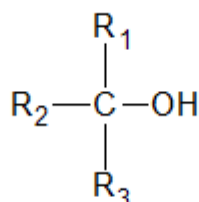
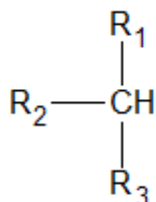
etanol

alcohol etílico

Un alcohol es **secundario**, si el átomo de hidrogeno (H) sustituido por el grupo oxidrilo (-OH) pertenece a un carbón (C) secundario:



Un alcohol es **terciario**, si el átomo de hidrogeno (H) sustituido por el grupo oxidrilo (-OH) pertenece a un carbón (C) terciario:



2.4.1.4.40. Etanol

La fabricación de etanol a partir de la caña de azúcar se puede realizar con cualquiera de las siguientes materias primas7:

2.4.1.4.41. Miel pobre o melazas

El ingenio mantiene la misma producción de azúcar y utiliza una destilería anexa para procesar las melazas agotadas que resultan del proceso de producción de azúcar para fabricar etanol.

2.4.1.4.42. Miel rica

Cuando existe interés en producir más etanol, no se agotan por completo las mieles, produciendo menos azúcar y dedicando una mayor parte para el etanol.

2.4.1.4.43. Jugo directo

En este caso se desvía el jugo de caña hasta el punto en que ya no se produce azúcar, lo que aumenta considerablemente la producción de etanol.

2.4.1.4.44. Usos del etanol

Los alcoholes se utilizan como productos químicos intermedios y disolventes en las industrias de textiles, colorantes, productos químicos, detergentes, perfumes, alimentos, bebidas, cosméticos, pinturas y barnices. Algunos compuestos se utilizan también en la desnaturalización del alcohol, en productos de limpieza, aceites y tintas de secado rápido, anticongelantes, agentes espumígenos y en la flotación de minerales. (www.facmed.unam., 2008).

2.4.1.4.45. Importancia del bioetanol

El bioetanol es una de las alternativas para reducir el impacto ambiental generado por los automóviles, es así que se lo emplea en los vehículos con sustituto de la gasolina, las cantidades se deben regir bajo normas estandarizadas el uso del etanol como mezclas en cantidades aceptables para el funcionamiento del motor.

2.4.1.4.46. Fermentación

a) Definición

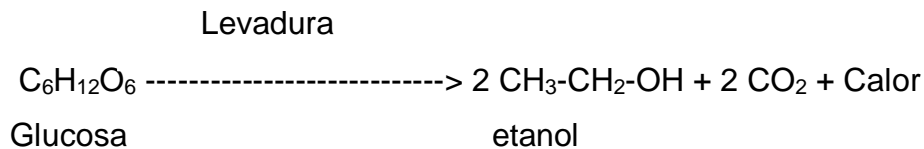
Cualquier producto que contenga azúcares fermentables o hidratos de carbono transformables en aquéllos (almidón o celulosa) puede servir para obtener alcohol. Este hecho es conocido hace varios milenios, durante los cuales se ha obtenido alcohol a partir de diversas materias primas en forma de bebidas

alcohólicas (vino, ron, whisky, cerveza). Ahora bien, dependiendo del tipo de biomasa de partida, es necesario analizar con detalle el rendimiento de este proceso de conversión de la biomasa en alcohol combustible, para poder evaluar su viabilidad técnica y económica, ya que, cuando la materia prima es rica en almidón o celulosa, es necesario someterla previamente a ciertos procesos para transformarla en compuestos fermentables. (Bermúdez, 2005)

2.4.1.4.47. Fermentación alcohólica

Una vez que la biomasa conteniendo hidratos de carbono se ha transformado en una solución azucarada se puede someter ésta a un proceso de fermentación con objeto de convertir los azúcares en etanol. Se produce mediante el concurso de microorganismo como las levaduras.

La fermentación alcohólica es el proceso de conversión de la glucosa en etanol, por la acción de microorganismos. Esta transformación se produce a través de una compleja secuencia de reacciones que puede expresarse, desde el punto de vista tecnológico, por la siguiente ecuación:



2.4.1.4.48. Destilación y tipos de destilación

a) Destilación.

Es el proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan una fase de vapor, después se enfría el vapor para recuperar los componentes del líquido el mismo que se da por un proceso de condensación. En la evaporación y en el secado, normalmente el objetivo es obtener el componente menos volátil; el componente más volátil, casi siempre agua, se desecha. Sin embargo, la finalidad principal de la destilación es

obtener el componente más volátil en forma pura. La condensación de esta fase vapor produce una fase líquida enriquecida en el o los componentes más volátiles de la mezcla original. (Ramírez., 2010.)

b) Tipos de destilación Artesanal

b.1 Destilación Artesanal

El alambique se lo considera como un dispositivo más antiguo el mismo que es usado para la destilación de mostos fermentados y esencias vegetales. El alambique simple de cobre es usado en la producción de algunas de las bebidas más finas y reconocidas en el mundo como son el coñac y el Anmagnan. No obstante el hecho de que uno o más de los supuestos mencionados no correspondan a lo que es posible o realizable en la práctica, el análisis teórico basado en este modelo es sin embargo capaz de suministrar un marco de referencia de precisión razonable con el cual comparar la operación real. Entre las bebidas alcohólicas destiladas en alambiques simples encontramos al coñac, a cierto número de brandis españoles y whiskys americanos, a la tuica Rumana, ligados por tradición a la destilación en alambiques simples de cobre. Existen otra serie de bebidas alcohólicas producidas a partir de lo que se llama espíritu neutro que viene siendo alcohol etílico de alta pureza y cuya producción demanda el uso de columnas de rectificación. (Dr. José Íñiguez, 2010).

c) Destilación simple

Es el método que se usa para la separación de líquidos con punto de ebullición inferior a 150°C a presión atmosférica de impurezas no volátiles o de otros líquidos miscibles que presenten un punto de ebullición al menos 25°C superior al primero de ellos. Es importante que la ebullición de la mezcla sea homogénea y no se produzcan proyecciones. Para evitar estas proyecciones suele introducirse en el interior del aparato de destilación nódulos de materia

que no reaccione con los componentes. Normalmente se suelen utilizar pequeñas bolas de vidrio. (Arellano, 2011)

d) Destilación Fraccionada

Este proceso, conocido como rectificación o destilación fraccionada, se utiliza mucho en la industria, no sólo para mezclas simples de dos componentes (como alcohol y agua en los productos de fermentación, u oxígeno y nitrógeno en el aire líquido), sino también para mezclas más complejas como las que se encuentran en el alquitrán de hulla y en el petróleo. (Arellano, 2011)

2.4.1.4.49. Importancia de la caña de azúcar en el Ecuador

Entre los cultivos de importancia nacional y mundial tanto para la alimentación como para la industria de bioenergía y productos derivados, está la caña de azúcar. Se estiman unas 25 millones de ha sembradas en el mundo, principalmente para extracción de azúcar. Las diferentes industrias del mundo promueven más de 300 millones de empleos directos por año. En Ecuador se cosechan anualmente unas 81,000 ha para producción de azúcar y etanol. Otras 50,000 ha se destinan para producción de panela y alcohol artesanal. Se estima que más de 30 mil empleos directos representan la industria azucarera. A más de la producción de azúcar y sus derivados, como el biocombustible etanol, este producto ayuda a reducir las emisiones de CO₂ de los combustibles fósiles. En la cuenca baja de la provincia del Guayas se ha iniciado la zafra 2012, con la proyección de producir al menos unas 580 mil toneladas de azúcar, cuyo consumo es principalmente nacional. Los ingenios azucareros han proyectado una zafra con grandes expectativas. (Castillo, 2013).

2.4.1.4.50. Fábricas productoras de alcohol en Ecuador

Las empresas productoras de alcohol etílico tenemos a las cuales se detalla a continuación:

- a) **CODANA**
- b) **SODERAL**
- c) **PRODUCARGO**

Estas son las empresas alcoholeras ecuatorianas, que se han comprometido a suministrar únicamente 30 mil litros, todo esto depende la demanda para la producción del producto.

2.4.1.4.51. Producción actual en el país

Producción nacional de alcohol etílico y de plantas destiladoras Como antecedente a la información de comercio exterior proporcionada en acápite posteriores, a continuación se presenta un breve análisis de la producción de alcohol etílico en Ecuador, ya que no se presentan registros de producción de plantas destiladoras, en los últimos cinco años. La información pertinente se encuentra en tres partidas de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme, versión 3, para los distintos tipos de alcohol etílico. La producción de alcohol etílico representa alrededor del uno por mil del total de la manufactura en los cinco últimos años de información disponible.

Evolución de la producción nacional de alcohol etílico La producción nacional se ha deducido de las informaciones provenientes del consumo nacional y de las exportaciones. Principales países de destino de las exportaciones ecuatorianas de alcohol en 2005 REPUBLICA DOMINICANA 0% PERU VENEZUELA 9% 1% HOLANDA (PAIS ES BAJOS) 17% ESTADOS UNIDOS 1% COLOMBIA 72%. (LTDA., 2012).

2.4.1.4.52. Producción mundial de etanol

La producción de etanol a nivel mundial se ve en unos 4200 millones de litros menos de etanol los cuales se produjeron en el año 2011 con relación a las predicciones Global Renewable Fuels Alliance (GRFA) el cual se realizó a inicios del año pasado. Se pronostica la producción mundial de etanol alrededor de 88700 millones de litros, en la actualidad se da a conocer los datos finales

con 84500 millones de litros y esto con relación al año 2010 bajan pero para ello se superó 85,050 millones. Se menciona que para el año 2012 la producción es más moderada, lo cual se espera que la producción vuelvan a las cifras producidas en el año 2010 o se pueda superar. El mayor descenso en la producción en 2011 se produjo en Sudamérica. De los 25.964 millones de litros que se produjeron en 2010 en esta parte del planeta, se pasó a 21.637 millones en 2011.

El principal responsable del descenso es Brasil, ya que la práctica totalidad de la producción sale de las fábricas de este país, que el año pasado perdió su estatus de primer exportador mundial de bioetanol (ahora lo es Estados Unidos) y se convirtió en importador. Las malas cosechas de caña de azúcar, que incluso motivan la puesta en venta de algunas plantas de multinacionales del sector, aparecen como la causa principal de esta situación. Por el contrario, Norteamérica y Centroamérica, sin llegar al enorme crecimiento experimentado en 2010, superó los 54.765 millones de litros producidos en 2011, frente a los 51.584 del año anterior. En este caso, la casi totalidad de este volumen pertenece a Estados Unidos. (Rico, 2012).

2.4.1.4.53. Rendimientos y costos.

Ecuador exporta alcohol a varios países,

Ecuador exporta entre el 70 y el 80% del alcohol que se fabrica, es decir, entre unas 20 y 30 mil toneladas, según los industriales guayaquileños. El etanol se lo puede generar no solo de la caña, sino también del banano, yuca, arroz, maíz, trigo, sorgo, cebada y otros productos. El costo de producción de cada litro, en Brasil, es de aproximadamente \$ 0,23, en EE.UU. de 35 centavos y en Centroamérica de 33 centavos de dólar; pero el precio internacional sobrepasa los \$ 0,65. El costo de Ecuador está en la media de lo que cuesta en Brasil y Centroamérica. En la actualidad el país cuenta con aproximadamente 75.000 hectáreas de cultivo de caña de azúcar, que producen alrededor de 10 millones de sacos de 50 kilos de azúcar anualmente, pero el consumo interno es de solo 7,5 millones de sacos. Además existen 55.000 hectáreas de caña de azúcar

cultivadas en todo el territorio nacional para la producción de otros derivados como panela, aguardiente, mieles, confites, caña fruta, etc. Según la Unión de Cañicultores, en la Costa, con suelos óptimos y buen manejo agronómico se pueden obtener rendimientos de hasta 100 toneladas métricas de caña y en ciertas zonas superan las 100 toneladas en 12 meses, con predominio de la variedad ragnar. En la zona Interandina, en los valles de Paute, Yunguilla, Catamayo, Chota, etc., la productividad llega a las 120 toneladas en cosechas de 14 a 18 meses, en las estribaciones disminuye el rendimiento en periodos de 15 a 18 meses. En la Amazonia la productividad varía de 45 a 55 toneladas. 1.000 hectáreas de caña de azúcar producen, en 180 días, 23.333 litros diarios de alcohol con una inversión de \$ 5 millones en la industria y de \$ 3'000.000 en la siembra. (GLC).

2.4.1.4.54. Países productores de etanol

2.4.1.4.54.1. Ecuador

a) Productores de caña de azúcar están dispuestos a aumentar sus sembríos para elaborar etanol. 200 millones de litros de etanol requiere el Ecuador.

En el Ecuador se requieren, por el momento acerca de 200 millones de litros de etanol anuales con la finalidad para el uso vehicular. Ante esta demanda la Unión Nacional de Cañicultores del Ecuador (UNCE) lo cual se estima que la cantidad de caña cultivada aumente. Es así que se entra en un proceso de análisis con respecto al tema con el consejo consultivo del Biocombustible la manera de producir el etanol. Para que el proceso de cumpla con la oferta de caña que se demanda para elaborar etanol, los productores requieren que otros agricultores se unan a la producción. Este es uno de los intereses de los cañicultores de valle de Yunguilla en Azuay. (Universo, 2006).

2.5 HIPÓTESIS

H1 Las variedades de caña y los niveles de levadura *Saccharomyces cerevisiae* influyen en el rendimiento de alcohol.

2.6 VARIABLES

2.6.1. Variable independiente.

Variedades de caña (POJ, Caleña, Cenizosa)

2.6.2. Variable dependiente.

Rendimiento de alcohol.

III.METODOLOGÍA.

3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación tiene una modalidad cuantitativa debido a que se maneja un diseño experimental y la recolección de datos es de forma numérica; esta modalidad permite definir las estrategias y procedimientos a seguir ya que se cuenta con objetivos claros, bien definidos

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo del presente estudio se utilizan los siguientes tipos de investigación.

3.2.1. Experimental.

En el cual se maneja un diseño completamente al azar que consiste en la manipulación de las tres variedades de caña (POJ, Caleña, Cenizosa) frente a tres niveles de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), con el fin de determinar rendimiento de alcohol.

3.2.2. Bibliográfica.

Es una de las herramientas básicas para la investigación.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.3.1. Población

En la presente investigación se tendrá 36 unidades experimentales las cuales se encuentran establecidas por birreactores de 20 litros por cada unidad donde se realizará e proceso de fermentación anaerobia para la fermentación del mosto de caña (*Saccharum officinarum*).

3.3.2. Muestra

La investigación se encuentra planteada por 9 tratamientos; donde cada tratamiento se encuentra constituido por 4 repeticiones en la cual se evalúa el rendimiento de alcohol en tres variedades de caña mediante la incorporación de los tres niveles de levadura.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	INFORMANTE(S)
Las variedades de caña y los niveles de levadura influyen el rendimiento de alcohol.	V.D Porcentaje de alcohol de tres variedades de caña (<u>Saccharum officinarum</u>) (POJ, Caleña, Cenizosa).	Condiciones de Temperatura	°C	Alta Media Baja	Determinación mediante un termómetro.	Termómetro	Investigador
		Rango de pH	Acidez	Alta Media Baja	Medición y observación.	Ph metro.	Investigador
		Concentración de azúcares	° Brix	Alta Media Baja	Observación mediante un refractómetro.	Refractómetro.	Investigador
		Rango de Acidez	° Dornic.	Alta Media Baja	Determinación mediante el método de titulación con hidróxido de Na + Fenolftaleína.	Hidróxido de Na Fenolftaleína. Vaso de precipitación de 100mL.	Investigador
		Calidad de la Madurez de la caña.	Madura, semimadura, tierna,	Alta Media Baja	Observación mediante en refractómetro de la parte apical y basal.	Refractómetro.	Investigador

		Calidad de alcohol	de °GL	Alto Medio Bajo	Determinación de grado alcohólico	alcoholímetro	Investigador
		Cantidad de alcohol	de Volumen	Alto Medio Bajo	Volumétricas	Probeta	Investigador
V.I Variedades de caña <u>(Saccharum officinarum)</u> (POJ, Caleña, Cenizosa).		Madurez de la caña	Tiempo de 1-7 días.	Un Brix.		Refractómetro.	Investigador Tutor
		Sólidos solubles	°Brix (sólidos solubles)	Alto Medio Bajo	Determinación mediante un refractómetro.	Refractómetro.	Investigador Tutor
		Rango de Acidez titulable.	°D	Alta Media Baja	Observación en la norma NEN	Hidróxido de Na Fenolftaleína. Vaso de precipitación de 100mL.	Investigador Tutor
		Rango de Ph	Ácido/alcalino	3.5+-1	Medición con pH metro.	Medición con un Ph metro.	Investigador Tutor

3.5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

a) Información bibliográfica

La información útil para el desarrollo de la investigación se recolecta mediante temas referentes a la manejo de caña panelera, referentes a procesos biotecnológicos y microbiología de alimentos y productos procesados. Procesos de elaboración de cerveza, bebidas fermentadas. La información en gran parte se encuentra en libros de La hermana República de Colombia.

b) Información procedimental

Se basa principalmente a la localización del experimento a llevarse a cabo. Donde como factores es el rendimiento, las variables a ser evaluadas y el proceso específico de la experimentación.

c) Localización del experimento.

El desarrollo de la investigación se pretende realizar en la comunidad Quinshull Parroquia Chical perteneciente a la provincia del Carchi Cantón Tulcán donde se llevara a cabo el proceso de degradación del mosto por las levaduras y destilación de producto final y los análisis fisicoquímicos se llevarán a cabo en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

Cuadro 18: Localización del experimento

Provincia	Carchi
Cantón	Tulcán
Parroquia	Chical
Temperatura	Max: 27.°C Min: 18°C
Altitud:	1200msnm
Clima	Cálido
Latitud	1°01'41.94"
Longitud	78°14'36.55"

Elaborado: (ALFREDO, 2013).

3.5.1. Factores en estudio

La presente investigación estudió los siguientes factores:

3.5.1.1. Factor A

Variedades de caña (*Saccharum officinarum*).

Cuadro 19: Variedades de caña (*Saccharum officinarum*).

Variedades de caña	Código
POJ,	A1
Caleña	A2
Cenizosa	A3

Elaborado: (ALFREDO, 2013).

3.5.1.2. Facto B

Niveles de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).

Cuadro 20: Niveles de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

Dosis de levadura	Código
3 g / L	B1
6 g / L	B2
9g / L	B3

Elaborado: (ALFREDO, 2013).

3.5.2. Tratamientos

Las interacciones de los niveles se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 21: Tratamientos

Tratamientos	Código	Repeticiones
Var POJ - Levadura3 gr/lt	T1	4
Var POJ – Levadura6 gr/lt	T2	4
Var POJ – Levadura9gr/lt	T3	4
Var Caleña - Levadura3 gr/lt	T4	4
Var Caleña – Levadura6 gr/lt	T5	4
Var Caleña – Levadura9gr/lt	T6	4
Var Cenizosa - Levadura3 gr/lt	T7	4
Var Cenizosa – Levadura6 gr/lt	T8	4
Var Cenizosa – Levadura9gr/lt	T9	4

Elaborado: (ALFREDO, 2013).

3.5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.5.3.1. Tipo de diseño

El diseño experimental planteado, es un diseño completamente al azar (DCA) en donde se va a trabajar tres variedades de caña (POJ, Caleña, Cenizosa) frente a tres niveles de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).

a) Número de repeticiones por tratamiento

Cuatro (4)

b) Número de tratamientos

Nueve (9)

c) Unidad experimental

El número de unidades experimentales es $(t \times r) = 36$

3.5.3.2. Esquema del análisis estadístico

Una vez concluido la experimentación, los datos obtenidos en la investigación serán sometidos mediante análisis de varianza (ADEVA) con el programa Sedex. En donde para determinar la diferencia estadísticas de los promedios de los tratamientos se utilizara la prueba de Tuckey al 5%.

Cuadro 22: Esquema del análisis estadístico

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	35
Tratamientos	8
Repeticiones	3
Error	24

Elaborado: (ALFREDO, 2013).

3.5.3.3. Análisis funcional

En la presente investigación se utilizó la prueba de Tukey al 5% para comparar las medias de los tratamientos.

a) Variables cuantitativas

En la presente investigación se evaluó las siguientes variables:

- Tiempo de fermentación
- Temperatura de fermentación
- Acidez titulante
- Potencial de hidrógeno Ph
- Grados Brix.

b) Análisis químico y microbiológico

b.1 Análisis químico

- PH.
- Grado alcohólico % volumen
- Acidez volátil
- Esteres
- Aldehídos
- Metanol
- Densidad
- Congéneres
- Alcoholes superiores

b.2. Análisis microbiológico

- Aerobios totales
- Coliformes totales
- Mohos y levaduras

3.5.3.4. Temperatura de fermentación del mosto de caña en los biorreactores.

En el ensayo se toma la tempera en el cual se utiliza un termómetro digital, se toma los datos cada 24 horas durante el tiempo de fermentación empleado, se alcanza un punto óptimo donde se estandariza con 5-6°Brix (Sólidos solubles).

Fotografía 1: Medición de la temperatura



Elaborado: (ALFREDO, 2013).

3.5.3.5. Potencial de hidrógeno (PH)

Según la norma INEN 2 325 el PH es el indicativo de acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en moles por litro. El valor es de 1 a 14, entre 0 y 7 la disolución es ácida, y de 7 a 14, básica.

La determinación del potencial de Hidrogeno en la investigación se la realizó en un periodo de tiempo de 24 horas, con unos instrumento del Laboratorio de la Upec llamado PH metro digital, se toma este dato con el fin de evaluar el grado de acidez de la fermentación del mosto de caña de cada una de las variedades (POJ, Caleña, Cenizosa), los datos se toman de cada tratamiento y unidad experimental.

Fotografía 2: Medición de pH

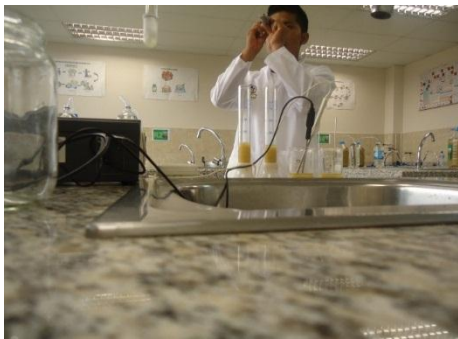


Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.6. Sólidos solubles (°Brix)

Se toma en cuenta la variación de los sólidos solubles del mosto de caña de cada uno de los tratamientos y unidades experimentales. Para ello se utiliza un instrumento llamado refractómetro manual, la variación de los sólidos solubles ayuda a determinar lo óptimo de la fermentación, es decir que el proceso alcanzó su proceso final con 6°Brix en promedio a cada unidad experimental planteada en la investigación.

Fotografía 3: Medición de los ° Brix



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Fotografía 4: Toma de muestra para medición de los ° Brix



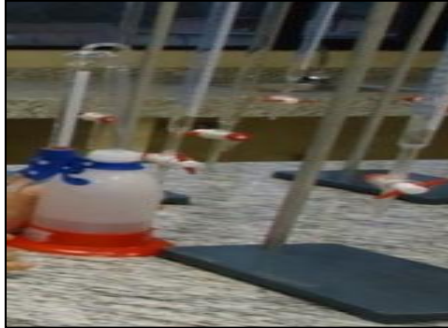
Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.7. Acidez titulable

Durante el proceso en cada tratamiento y unidad experimental se determina la acidez presente, para ello se aplica la norma INEN 341 la misma que señala colocar 250 cm³ de agua destilada Neutralizada en un matraz Erlenmeyer de 500 cm³, se emplea una solución de fenolftaleína para proceder a titular, se utiliza una bureta con una solución al 0.1 N de hidróxido de sodio (NaOH). La

determinación se realizó cada 24 horas durante el proceso fermentativo del jugo de caña.

Fotografía 5: Medición de la acidez titulable



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.8. Tiempo de fermentación

El tiempo de fermentación nos indica el periodo en que los azúcares son degradados, en este caso tenemos la glucosa, fructosa, se desdoblan y luego alcanzan un estado de alcohol presente en la fermentación. Esto se debe a que los microorganismos trabajan en condiciones adecuadas, en el transcurso del tiempo de fermentación por la levadura utilizada los sólidos solubles (°Brix) baja notablemente y se estabiliza en un promedio de 7°Brix.

3.5.3.9. Determinación de los análisis químicos y microbiológicos

Se tiene el conocimiento de los resultados de análisis químicos se procede a una análisis microbiológico del mejor tratamiento de cada variedad de caña.

a) Manejo del ensayo

Los equipos y materiales que se utilizaron en la investigación se detallan a continuación:

b) Materia prima

- Variedad POJ
- Variedad Caleña

- Variedad Cenizosa

c) Insumos

- Levadura *Saccharomyces cerevisiae*
- Agua destilada.
- Agua potable

d) Materiales y sustancias de laboratorio

- Varillas de agitación
- Vasos de precipitación (50, 100, 250 y 500 ml)
- Erlenmeyer de 500 ml
- pH-metro
- Refractómetro
- Balanza analítica
- Pipetas de 1 y 10 ml
- Termómetro digital
- Cajas Petri
- Solución indicador de fenolftaleína
- Alcohol
- Agua destilada
- Solución 0.1 N de Hidróxido de sodio

e) Materiales y equipos para el proceso

- Manguera silicona
- Barras de silicona
- Pistola de silicona
- Tijeras
- Cinta masquen
- Manguera para gas industrial
- Estilete

- Botellas plásticas 5 L
- Botellas plásticas 3 L
- Levadura (Saccharomyces)
- Probetas 50 cc
- Vasos de precipitación.
- Termómetro de alcohol.

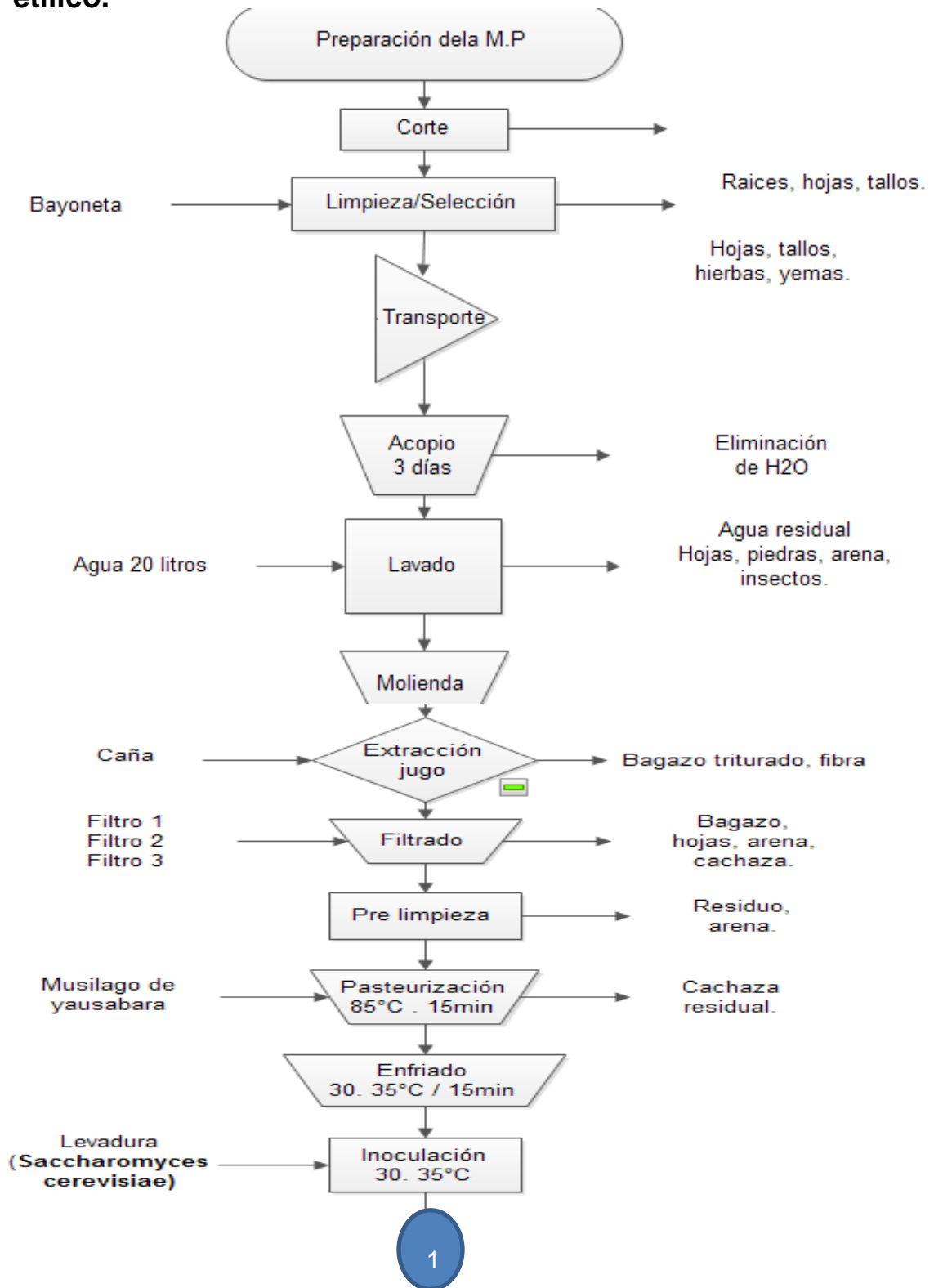
f) Materiales de desinfección

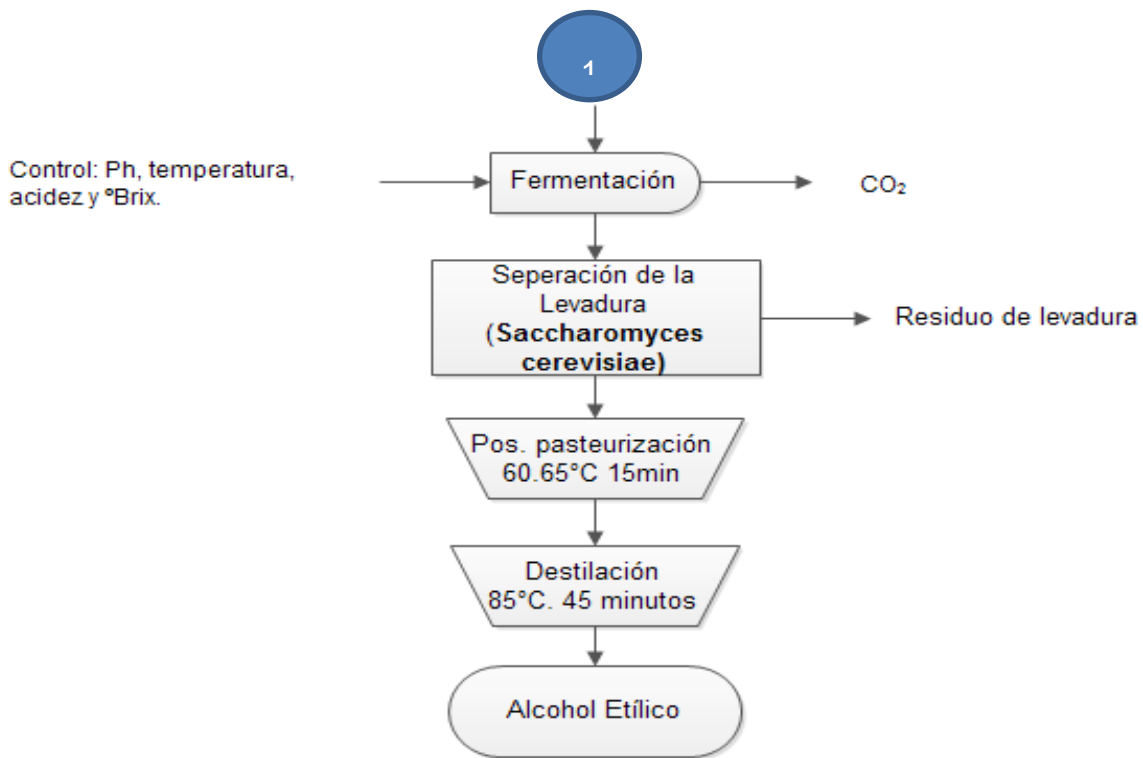
- Alcohol
- Detergente
- Pinoklin
- Limpiones
- Fanelas

g) Materiales de oficina

- Impresiones, Internet
- Anillados
- Resma de papel A4
- Esferos
- Lápices
- Calculadora científica
- Corrector
- Memory Flash 16 GB
- Copias

3.5.3.10. Diagrama de flujo de proceso de obtención de alcohol etílico.





3.5.3.11. Preparación de la Materia prima

Se prepara el cultivo de caña, el mismo que será utilizado con las variedades POJ, Caleña y cenizosa.

Variedad de caña (*Saccharum officinarum*) (POJ).

Fotografía 6: Preparación de la variedad de caña *Saccharum officinarum* (POJ).



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Fotografía 7: Preparación de la Variedad de caña (*Saccharum officinarum*) CALEÑA



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Fotografía 8: Preparación de la Variedad de caña (*Saccharum officinarum*) Cenizosa



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.12. Corte

Se procede al corte de la caña de cada una de las variedades en tiempos determinados.

Corte de la caña (*Saccharum officinarum*).

Fotografía 9: Corte de las variedades de caña.



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.13. Limpieza Selección

Se hace la respectiva selección de las variedades de caña las misma que alcanzan una madurez adecuada para la utilización en la investigación, posteriormente se procede a la limpieza de los tallos, eliminando hojas, raíces, entrenudos que puedan afectar el proceso y la calidad del producto final.

Fotografía 10: Selección de las variedades de caña (*Saccharum officinarum*). a utilizar en la investigación



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.14. Transporte

Se hace el respectivo transporte de la caña de cada una de las variedades al centro de molienda la Asociación la Arboleda en la Comunidad Quinshul para la extracción del jugo.

a) Transporte de la caña de azúcar al trapiche” La Asociación La Arboleda”

Fotografía 11: Transporte de la caña al trapiche



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.15. Acopio

En el centro de acopio la Asociación la Arboleda en la Comunidad Quinshul se la almacena un 3 días con la finalidad de que elimine la caña pueda eliminar un cierto porcentaje de agua presente en su corteza.

Fotografía 12: Preparación de la caña (*Saccharum officinarum*). en el trapiche



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.16. Lavado

Se hace el respectivo lavado con el fin de eliminar impurezas presentes en la caña, como puede ser : arena, pequeñas piedras, hojas, raíces, palos, insectos, etc.

Fotografía 13: Eliminación de restos vegetales de la caña(*Saccharum officinarum*).



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.17. Molienda

Proceso en el que se extrae o separa el jugo contenido en la fibra de caña.

Fotografía 14: Proceso de molienda de la caña (*Saccharum officinarum*).



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.18. Extracción del jugo

Se realiza en una serie de molinos donde se exprime la cantidad de bagazo.

a) Proceso de trituración de los tallos de las variedades de caña (*Saccharum officinarum*).

Fotografía 15: Extracción del jugo de caña



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.19. Filtrado

Proceso en el que se separa el jugo de la cachaza contenida en el lodo gracias a la acción de filtros. Estos filtros retienen la cachaza y dejan pasar el jugo filtrado. El lodo es mezclado con bagacillo antes de la filtración.

Fotografía 16: Filtrado del jugo de caña



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.20. Pre-limpieza

La pre limpieza se la realiza mediante la utilización de clarificantes como mucilago de Balso, etc.

Fotografía 17: Separación de residuos presentes en el jugo de caña (*Saccharum officinarum*).



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.21. Pasteurización

Se realiza una pasteurización de jugo de caña de cada una de las variedades utilizadas en la investigación a una temperatura de 85°C por 15 minutos con la finalidad de eliminar carga microbiana. Para ello utilizamos una cocina industrial y termómetro digital para él toma de datos óptimos.

Fotografía 18: Proceso de pasteurización – desactivación de enzimas



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.22. Enfriado

Enfriar un tiempo máximo de 15 minutos hasta que alcance una temperatura de 30-35°C para la incorporación del fermento en niveles planificados en el jugo de caña de cada una de las variedades en tiempos determinados. Se toma 5 litros de jugo de caña y se incorpora 3 niveles de levadura en los nueve tratamientos y 4 repeticiones.

- a) Proceso de enfriado del jugo de caña (*Saccharum officinarum*), después de la pasteurización.**

Fotografía 19: Enfriado del jugo de caña



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.23. Inoculación

Se procede a inocular la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en cada uno de los biorreactores para el inicio del proceso de fermentación; para el cual se procedió a pesar la levadura 3g, 6g y 9g respectiva para cada tratamiento y unidades experimentales con sus repeticiones; la levadura se disuelve en jugo de caña caliente (35°C) y finalmente se adiciona el jugo en cada birreactor.

Balanza analítica para el pesado del fermento (*Saccharomyces cerevisiae*).

Fotografía 20: Inoculación de la levadura al jugo de caña



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Fotografía 21: Cantidades de levadura por cada tratamiento



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Fotografía 22: Trasvaso del jugo de caña con el fermento (*Saccharomyces cerevisiae*).



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.24. Fermentación

Se procede armar los biorreactores en botellas de 6 litros donde colocamos el jugo caña para el proceso de fermentación en este trabajo se tomó la lectura inicial de Ph, acidez, °Brix y temperatura con el fin de establecer variaciones en cada una de las variable durante el proceso de fermentación.

Fotografía 23: Proceso de fermentación del jugo de caña (*Saccharum officinarum*).



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.25. Separación de levadura

Se hace una separación del fermento el cual queda como sedimento después del proceso de fermentación.

Fotografía 24: Separación de microorganismo después de la fermentación

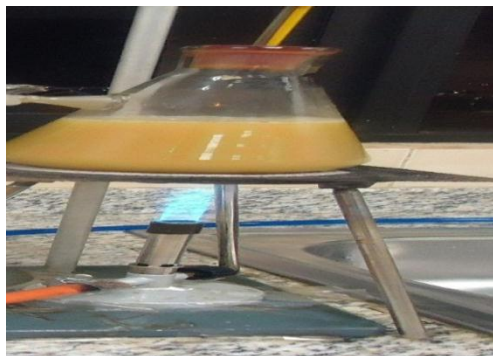


Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.26. Pos –Pasteurización

Se somete a calentamiento a una temperatura de 60 -65°C por 15 minutos con la finalidad de desactivar las levaduras, detener el proceso fermentativo y además eliminar cualquier patógeno que puede ser causante de posibles alteraciones en el producto final.

Fotografía 25: Post – pasteurización de jugo de caña fermentado



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.27. Destilación de alcohol

El fermento se somete a ebullición para el procesos de destilación del producto, para ello se utiliza un soporte universal, un trípode, una malla de asbesto, mechero de bunses, tubo refrigerante, matraces para la recolección del producto y un termómetro para medir la temperatura a la que se está destilando. Para entender porque este fenómeno ocurre es necesario entender

que el alcohol - en este caso etanol - y agua tienen diferentes puntos de ebullición, lo cual es la temperatura donde un líquido se convierte en vapor. Ya que el etanol tiene un punto de ebullición más bajo que la del agua, esto significa que se convierte en vapor a una temperatura más baja; esta temperatura es alrededor de 78°C. La destilación del producto se realiza a una temperatura de 85 °C.

a) Proceso de destilación del jugo fermentado por adición de temperatura

Fotografía 26: Proceso de destilación del jugo fermentado por adición de temperatura



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.28. Almacenamiento

El producto es almacenado en botellas y posteriormente se procede al análisis de las propiedades químicas y microbiológicas.

a) Almacenamiento del producto final destilado

Fotografía 27: Almacenamiento del producto final destilado



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.5.3.29. Análisis del producto

En esta fase se procede al respectivo análisis del producto final, en el cual se analiza el grado alcohólico, pH, temperatura.

Fotografía 28: Análisis del producto destilado



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.6. PROCESAMIENTOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Después de haber realizado la investigación “Determinación del rendimiento de alcohol en tres variedades de caña (*Saccharum officinarum*) (POJ, Caleña, Cenizosa) mediante la incorporación de tres niveles de levadura (*sacchoromyces cerevisiae*)”. Se obtuvieron los siguientes resultados:

3.6.1. Análisis de resultados

a) Análisis de datos en la materia prima

Para el desarrollo de la investigación fue muy importante realizar una evaluación de cada una de las variedades de caña para el proceso de fermentación, para el ello se midió la madurez de la caña, los días de fermentación en cada tratamiento y repetición en que tarda en llegar a los 7°Brix.

b) Tiempo de fermentación

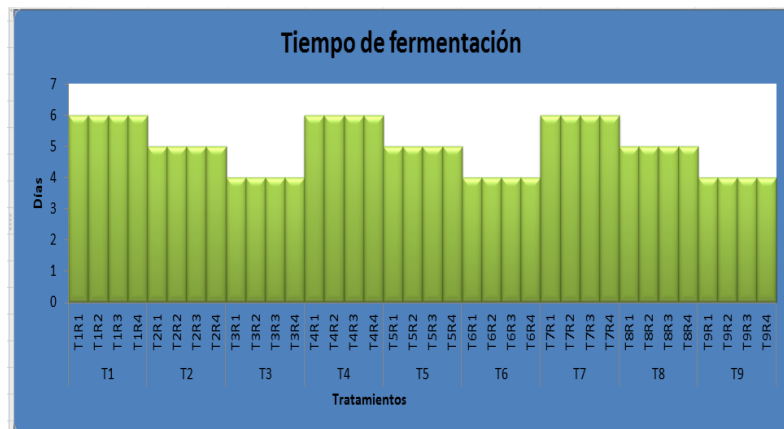
Para esto se toma como referencia el tiempo en (días) de fermentación que cada tratamiento en proceso de estudio tarda en llegar de 22 a 7° Brix, el mismo que es un indicador que ha finalizado su proceso fermentativo, esto se hizo con establecer diferencias tomando en cuenta los niveles de levadura por cada tratamiento y unidad experimental estudiada. A continuación se representan los siguientes datos:

Cuadro 23: Tiempo de fermentación

Tratamientos	Código	Repeticiones	Días de fermentación
Var POJ - Levadura3 gr/lt	T1	4	6
Var POJ – Levadura6 gr/lt	T2	4	5
Var POJ – Levadura9gr/lt	T3	4	4
Var Caleña - Levadura3 gr/lt	T4	4	6
Var Caleña – Levadura6 gr/lt	T5	4	5
Var Caleña – Levadura9gr/lt	T6	4	4
Var Cenizosa - Levadura3 gr/lt	T7	4	6
Var Cenizosa – Levadura6 gr/lt	T8	4	5
Var Cenizosa – Levadura9gr/lt	T9	4	4

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Gráfico 16: Tiempo de fermentación



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

En este gráfico se puede apreciar el tiempo de fermentación por tratamientos de cada variedad estudiada, donde el tratamiento T1, T4 Y T7 presenta 6 días de fermentación porque se utilizó 3 gramos de levadura por litro de Jugo de caña,

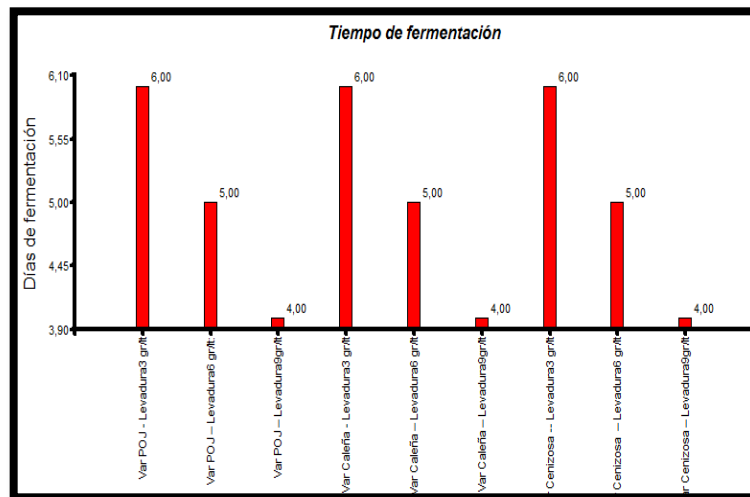
seguido de los tratamientos T2,T5 y T8 y los tratamientos que menos se demora en el proceso fermentativo es el T3, T6 y T9 el cual se utiliza un nivel de levadura de 9g/l.

Cuadro 24: Valores obtenidos en el tiempo de fermentación

Tratamiento s	R1	R2	R3	R4	Σ	X
T1	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0	5,0
T2	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0	5,0
T3	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0	5,0
T4	4,0	4,0	4,0	4,0	16,0	4,0
T5	4,0	4,0	4,0	4,0	16,0	4,0
T6	4,0	4,0	4,0	4,0	16,0	4,0
T7	4,0	4,0	4,0	4,0	16,0	4,0
T8	4,0	4,0	4,0	4,0	16,0	4,0
T9	4,0	4,0	4,0	4,0	16,0	4,0
Σ	39,0	39,0	39,0	39,0	156,0	39,0
X	4,3	4,3	4,3	4,3		4,3

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Gráfico 17: Tiempo de fermentación final



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

En la presente gráfica se puede observar que los tratamientos con mayor nivel de levadura; T3 (Var POJ – Levadura9gr/l), T6 Var Caleña – Levadura9gr/l) Y T9 (Var Cenizosa – Levadura9gr/l) son aquellos tratamientos que necesitan menos tiempo para el proceso fermentativo el cual lo hace con un tiempo de 4

días; seguido por los tratamiento T2 (Var POJ – Levadura6 gr/lit), T5 (Var Caleña – Levadura6 gr/lit) y T8 (Var Cenizosa – Levadura6 gr/lit) el proceso fermentativo de los tratamientos finaliza los en un tiempo de cinco días, y los tratamiento que más tiempo se toma para alcanzar la fermentación con los rangos óptimos son los tratamientos T1 (Var POJ - Levadura3 gr/lit) , T4 (Var Caleña - Levadura3 gr/lit) y T7 (Var Cenizosa - Levadura3 gr/lit) su proceso de fermentación necesita más tiempo debido a los niveles de levadura.

ADEVA de la variable tiempo de fermentación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Días	36	1.00	1.00	0.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	S.C	GI	CM	F	p-valor
Modelo	8.00	11	0.73	Sd	Sd
TRATAMIENTOS	8.00	8	1.00	Sd	Sd
REPETICIONES	0.00	3	0.00	Sd	Sd
Error	0.00	24	0.00		
Total	8.00	35			

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.6.2. Análisis estadístico de las variables

Al realizar el diseño estadístico de las investigación se considera dos factores principales: tres variedades de caña (POJ, Caleña, Cenizosa) y tres niveles de **levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)**. Conjuntamente se tomó en cuenta las siguientes variables cuantitativas que se evaluaron durante el proceso fermentativo: PH, temperatura, acidez titulable, variabilidad de sólidos solubles (°Brix).

3.6.2.1. Análisis de la variable temperatura al finalizar el proceso de fermentación.

Para el análisis de la variable se toma en cuenta los datos finales que se tomaron en el proceso de fermentación cuando el fermento llega a los 7° Brix.

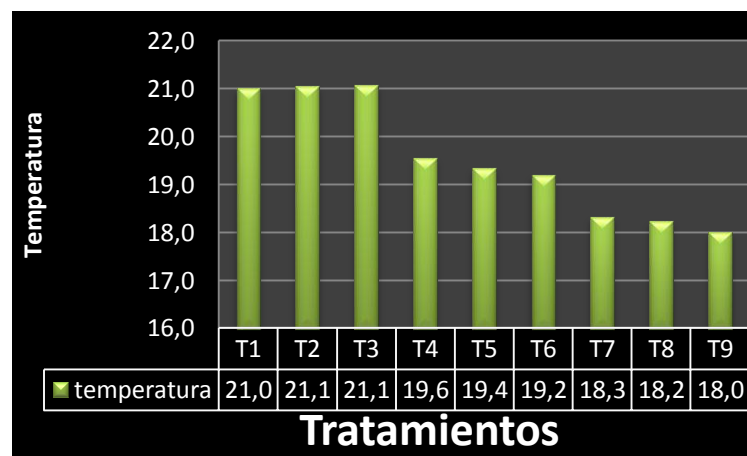
Se presenta a continuación los valores de la temperatura para cada tratamiento en la etapa final de la fermentación.

Cuadro 25: Datos finales de temperatura de fermentación

Datos finales de la fermentación						
TEMPERATURA						
	R1	R2	R3	R4	Σ	X
T1	21	21,2	21	20,8	84,0	21,0
T2	21,6	21,2	20,8	20,6	84,2	21,1
T3	21,7	21,3	21,1	20,2	84,3	21,1
T4	19,8	19,4	19,5	19,5	78,2	19,6
T5	19,7	19,3	19,2	19,2	77,4	19,4
T6	19,2	19,2	19,2	19,2	76,8	19,2
T7	18,8	18,2	18,2	18,1	73,3	18,3
T8	18,2	18,2	18,3	18,2	72,9	18,2
T9	18,0	18,0	18,0	18,0	72,0	18,0

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Gráfico 18: Datos finales de la temperatura



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

El gráfico se muestran los valores promedios de la temperatura del proceso de fermentación correspondientes a cada tratamiento en estudio.

Para lo cual se considera que el tratamiento T9 es aquel tratamiento que presenta una valor mínimo en el proceso de fermentación por ende el de mayor concentración alcohólica a diferencia de los tratamientos T1, T2 y T3.

a) ADEVA de la variable temperatura de fermentación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Temperatura	36	0.97	0.96	1.25

b) Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51.00	11	4.64	77.36	<0.0001
TRATAMIENTOS	49.98	8	6.25	104.25	<0.0001
REPETICIONES	1.01	3	0.34	5.64	0.0045
Error	1.44	24	0.06		
Total	52.44	35			

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

CV: 1,25%

* : Significativo

** : Altamente significativo

NS: No significativo

**c) Pruebas de significación para tratamientos mediante
TUKEY (5%): Temperatura al final del proceso de
fermentación.**

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,58838

Error: 0,0599 gl: 24

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	TUKEY
Var Cenizosa – Levadura9gr..	18.00	4	0.12	A
Var Cenizosa – Levadura6	18.23	4	0.12	A
Var Cenizosa - Levadura3 ..	18.33	4	0.12	B
Var Caleña – Levadura9gr/l	19.20	4	0.12	B
Var Caleña – Levadura6 gr	19.35	4	0.12	B
Var Caleña - Levadura3 gr/..	19.55	4	0.12	B
Var POJ - Levadura3 gr/lt	21.00	4	0.12	C
Var POJ – Levadura6 gr/	21.05	4	0.12	C
Var POJ – Levadura9gr/lt	21.08	4	0.12	C

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

**d) Pruebas de significación para repeticiones mediante
TUKEY (5%):**

d.1 Temperatura al final del proceso de fermentación.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,31835

Error: 0,0599 gl: 24

REPETICIONES	Medias	n	E.E	TUKEY
R4	19.31	9	0.08	A
R3	19.48	9	0.08	A B
R2	19.56	9	0.08	A B
R1	19.78	9	0.08	B

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

**3.6.2.2. Comportamiento de las medias para la acidez al finalizar
el proceso fermentativo.**

Cuadro 26: Comportamiento de la acidez final

	R1	R2	R3	R4	Σ	X
T1	23,0	23,0	24,0	24,0	94,0	23,5
T2	23,0	24,0	23,0	24,0	94,0	23,5
T3	24,0	23,0	23,0	24,0	94,0	23,5
T4	22,0	22,0	22,0	22,0	88,0	22,0
T5	22,0	22,0	23,0	21,0	88,0	22,0
T6	22,0	22,0	22,0	22,0	88,0	22,0
T7	21,0	21,0	21,0	21,0	84,0	21,0
T8	21,0	21,0	21,0	21,0	84,0	21,0
T9	20,0	20,0	21,0	21,0	82,0	20,5

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Gráfico 19: Datos finales de la acidez



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

En este gráfico se puede apreciar la acidez final del proceso fermentativo de los tratamientos, donde se obtiene que el T9 se presenta como más bajo con 20,5 a diferencia de los tratamientos T1,T2 Y T3 los cuales presenta valores similares con 23,5.

a) ADEVA de la variable acidez de fermentación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez	36	1.00	1.00	0.00

b) Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46.22	11	4.20	Sd	Sd
TRATAMIENTOS	46.22	8	5.78	Sd	Sd
REPETICIONES	0.00	3	0.00	Sd	Sd
Error	0.00	24	0.00		
Total	46.22	35			

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

CV: 0,0%

****:** Altamente significativo

***** : Significativo

NS: No significativo

c) Pruebas de significación para tratamientos mediante TUKEY (5%): acidez titulable al final del proceso de fermentación.

Cuadro 27: Prueba de tukey para la acidez final por tratamientos

TRATAMIENTOS	Medias	Tukey
T9	20,50	A
T7	21,00	A B
T8	21,00	A B
T6	22,00	B
T5	22,00	B
T4	22,00	B
T1	23,50	C
T2	23,50	C
T3	23,50	C

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

d) Pruebas de significación para REPETICIONES mediante TUKEY (5%): acidez titulable al final del proceso de fermentación.

Cuadro 28: Prueba de tukey de la acidez para repeticiones

REPETICIONES	Medias	Tukey
A1R2	21,75	A
A1R1	21,88	A
A1R4	22,00	A
A1R3	22,13	A
A2R1	23,00	A B
A2R3	23,00	B
A2R4	24,00	B
A2R2	24,00	B

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

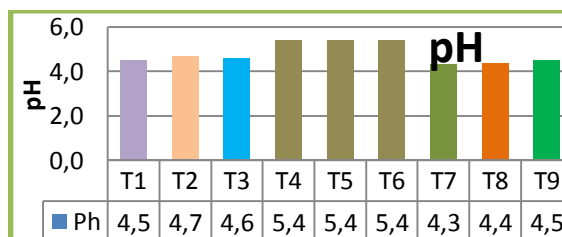
3.6.2.3. Comportamiento de las medias para el pH al finalizar el proceso fermentativo.

Cuadro 29: Prueba de tukey de la acidez para repeticiones

Datos finales de la fermentación pH						
	R1	R2	R3	R4	Σ	X
T1	4,7	4,8	4,8	4,0	18,2	4,5
T2	4,5	4,7	4,8	4,8	18,7	4,7
T3	4,5	4,7	4,7	4,7	18,6	4,6
T4	5,4	5,4	5,4	5,4	21,6	5,4
T5	5,4	5,4	5,4	5,4	21,6	5,4
T6	5,4	5,6	5,3	5,4	21,6	5,4
T7	4,3	4,3	4,4	4,4	17,4	4,3
T8	4,4	4,4	4,4	4,4	17,7	4,4
T9	4,5	4,5	4,5	4,5	17,8	4,5

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Gráfico 20: Datos finales de pH



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

En este gráfico se puede evaluar el pH final promedio del proceso fermentativo de cada uno de los tratamientos, donde el T7 se presenta como más bajo (4,3) a diferencia de los tratamientos T4,T5 y T6 los mismos que son similares en el Ph con (5,4).

Hacia

a) ADEVA de la variable Ph de fermentación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	36	0.93	0.89	3.12

b) Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.68	11	0.61	27.02	<0.0001
TRATAMIENTOS	6.62	8	0.83	36.78	<0.0001
REPETICIONES	0.07	3	0.02	1.00	0.4109
Error	0.54	24	0.02		
Total	7.22	35			

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

CV: 3,12%

****:** Altamente significativo

***** : Significativo

NS: No significativo

c) Pruebas de significación para tratamientos mediante

TUKEY (5%): pH al final del proceso de fermentación.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,36043

Error: 0,0225 gl: 24

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	TUKEY
Var Cenizosa - Levadura3	4.34	4	0.07	A
Var Cenizosa – Levadura6	4.43	4	0.07	A
Var Cenizosa – Levadura9gr	4.46	4	0.07	A
Var POJ - Levadura3 gr/lt	4.55	4	0.07	A
Var POJ – Levadura9gr/lt	4.65	4	0.07	A
Var POJ – Levadura6 gr/lt	4.66	4	0.07	A
Var Caleña – Levadura6 gr	5.39	4	0.07	B
Var Caleña - Levadura3 gr/..	5.40	4	0.07	B
Var Caleña – Levadura9gr/l	5.41	4	0.07	B

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

**d) Pruebas de significación para repeticiones mediante
TUKEY (5%): pH al final del proceso de fermentación.**

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19502

Error: 0,0225 gl: 24

REPETICIONES	Medias	N	E.E	TUKEY
R4	4.75	9	0.05	A
R1	4.78	9	0.05	A
R3	4.84	9	0.05	A
R2	4.86	9	0.05	A

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

3.6.2.4. Comportamiento de las medias para los Grados Brix al finalizar el proceso fermentativo.

Cuadro 30: Datos finales de los Brix

	R1	R2	R3	R4	Σ	X
T1	7,0	7,0	7,0	7,0	28,0	7,0
T2	7,0	7,0	7,5	7,0	28,5	7,1
T3	7,0	7,0	7,0	7,0	28,0	7,0
T4	7,0	7,0	7,5	8,0	29,5	7,4
T5	8,0	7,0	8,0	8,0	31,0	7,8
T6	7,1	8,0	7,0	7,0	29,1	7,3
T7	8,0	9,0	8,0	7,0	32,0	8,0
T8	9,0	9,0	8,0	8,0	34,0	8,5
T9	8,0	8,0	8,0	8,0	32,0	8,0

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Gráfico 21: Datos finales de los ° Brix



Elaborado: (ALFREDO, 2013)

En este gráfico podemos evaluar los Grados Brix de cada uno de los tratamientos en el proceso de fermentación, donde el T1 se presenta como más bajo (7) Grados Brix a diferencia del tratamiento T8, el cual es más elevado con 8,5 Grados Brix.

a) ADEVA de la variable Grados Brix de fermentación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
° Brix	36	0.78	0.67	6.39

b) Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.99	11	1.73	5.57	<0.0001
TRATAMIENTOS	18.00	8	2.25	9.87	<0.0001
REPETICIONES	0.99	3	0.33	1.45	0.2525
Error	5.47	24	0.23		
Total	24.46	35			

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

CV: 6,32%

* : Significativo

** : Altamente significativo

NS: No significativo

c) Pruebas de significación para tratamientos mediante TUKEY (5%): GRADOS BRUX al final del proceso de fermentación.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,14760

Error: 0,2280 gl: 24

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	TUKEY
Var POJ – Levadura9gr/lt	6.00	4	0.24	A
Var POJ - Levadura3 gr/lt	7.00	4	0.24	A B
Var Caleña – Levadura6 gr/..	7.08	4	0.24	A B
Var POJ – Levadura6 gr/lt	7.25	4	0.24	B
Var Caleña - Levadura3 gr/..	7.38	4	0.24	B C
Var Cenizosa – Levadura9gr..	8.00	4	0.24	B C

Var Cenizosa - Levadura3	8.00	4	0.24	B C
Var Caleña – Levadura9gr/l..	8.00	4	0.24	B C
Var Cenizosa – Levadura6	8.50	4	0.24	C

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

d) Pruebas de significación para repeticiones mediante

TUKEY (5%): GRADOS

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,62092

Error: 0,2280 gl: 24

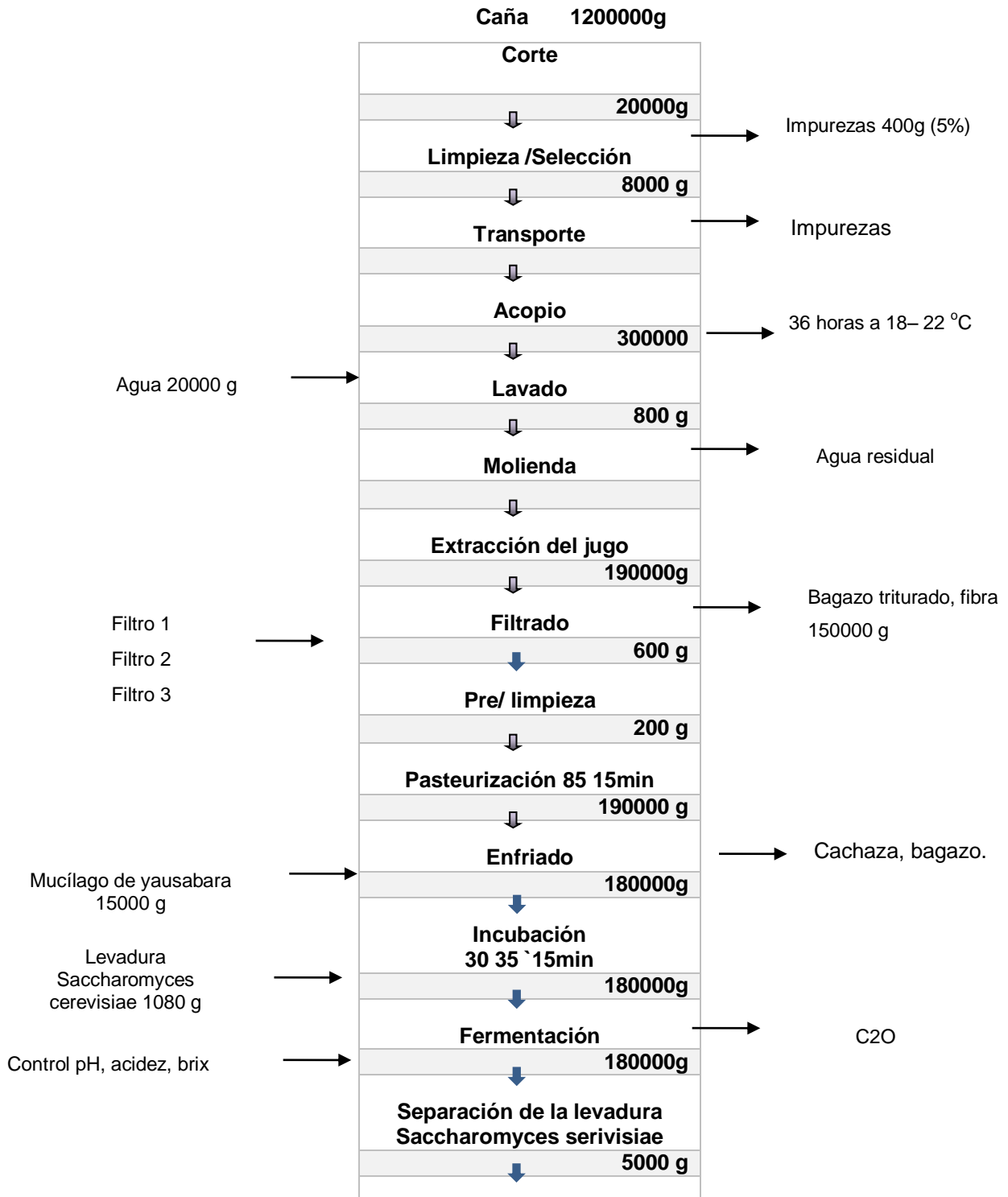
REPETICIONES	Medias	n	E.E	TUKEY
R4	7.22	9	0.16	A
R1	7.46	9	0.16	A
R3	7.50	9	0.16	A
R2	7.69	9	0.16	A

Elaborado: (ALFREDO, 2013)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

3.6.2.5. Balance de materiales

A continuación se presenta el balance materiales para la obtención del alcohol etílico.



Pos. pasteurización	
	175000
↓	
Destilación 85 45 min	
	175000
↓	
Alcohol etílico	
	175000

3.6.2.6. Rendimientos

3.6.2.6.1. Rendimiento de alcohol

Gráfico 22: Fórmula del rendimiento

$R = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$
--

a) Variedad de caña POJ

$$R = \frac{2.98\text{Kg}}{5\text{Kg}} \times 100$$

$$R = 59.60\%$$

b) Variedad de caña caleña

$$R = \frac{3.05\text{Kg}}{5\text{Kg}} \times 100$$

$$R = 61\%$$

c) Variedad de caña cenizosa

$$R = \frac{3.55\text{Kg}}{5\text{K}} \times 100$$

$$R = 71\%$$

3.6.2.7. Interpretación de datos

Los datos que a continuación se interpretan son los siguientes:

Análisis químicos y microbiológicos se realizaron a tres muestras del alcohol los cuales corresponden a los mejores tratamientos de cada variedad de caña, dichos análisis se realizaron en el laboratorio LABORATORIO SEIDLA de la ciudad Quito.

3.6.2.8. Análisis físico-químico y microbiológico del alcohol.

Se realiza con el objetivo de conocer las propiedades químicas del producto final, se realizó el análisis de Densidad, Acidez volátil, Grado alcohólico, aldehídos (como etanal), alcoholes superiores, metanol, congeres + esterres, PH, microbiología: (aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras). Estos análisis se evaluaron únicamente al mejor tratamiento de cada variedad T3R1 (Var POJ – Levadura9gr/lt, T5R3 (Var Caleña – Levadura6 gr/lt), T7R1 (Var Cenizosa -- Levadura3 gr/lt). Estos tratamientos fueron elegidos de acuerdo al rendimiento en volumen.

Los análisis se realizaron en el LABORATORIO SEIDLA en la ciudad de Quito, y los resultados se muestran a continuación:

3.6.2.8.1. Resultados del análisis físico químico T7R1 (Var Cenizosa - Levadura3 gr/lt)

Cuadro 31: Análisis físico químico de T7R1 (Var Cenizosa -- Levadura3 gr/lt).

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
PH	M.INTERNO	3,54
Grado alcohólico	INEN 340	GL	39
Acidez volátil (Acético)	INEN 341	g/100mL	0,5231
Esterres	INEN 342	mg/100mL	19,45
Aldehídos	INEN 343	mg/100mL	<0,010
Metanol	INEN 347	mg/100mL	0,125
Densidad	M.INTERNO	g/ml	0,9516
Congéneres	CÁLCULO	mg/100ml	18
Alcoholes superiores	INEN 345	mg/100ml	1,54

Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.8.1.1. Resultado del análisis microbiológico T7R1 (Var Cenizosa - Levadura3 gr/lit).

Cuadro 32: Análisis microbiológico de T7R1 (Var Cenizosa -- Levadura3 gr/lit)

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Aerobios totales	INEN 1529-5	UFC/ml	<10
Coliformes totales	AOAC 991-14	UFC/ml	<10
Mohos y levaduras	INEN 1529-10	UPM/ml	<10

Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.8.2. Resultados del análisis físico – químico T5R3 (Var Caleña – Levadura6 gr/lit)

Cuadro 33: Análisis físico químico T3R1 (Var Caleña-Levadura 6 gr/lit)

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
PH	M.INTERNO	3,54
Grado alcohólico	INEN 340	GL	39
Acidez volátil (Acético)	INEN 341	g/100mL	0,5342
Esteres	INEN 342	mg/100mL	18,81
Aldehídos	INEN 343	mg/100mL	<0,010
Metanol	INEN 347	mg/100mL	0,008
Densidad	M.INTERNO	g/ml	0,9537
Congéneres	CÁLCULO	mg/100ml	18
Alcoholes superiores	INEN 345	mg/100ml	1,78

Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.8.2.1. Resultado del análisis microbiológico T5R3 (Var Caleña – Levadura6 gr/lit)

Cuadro 34: Análisis microbiológico de T3R1 (Var Caleña-Levadura 6 gr/lit)

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Aerobios totales	INEN 1529-5	UFC/ml	<10
Coliformes totales	AOAC 991-14	UFC/ml	<10
Mohos y levaduras	INEN 1529-10	UPM/ml	<10

Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.8.3. Resultados del análisis físico – químico T3R1(Var POJ – Levadura9gr/lit)

Cuadro 35: Análisis físico químico T3R1 (Var POJ – Levadura 9 gr/lit)

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
PH	M.INTERNO	3,46
Grado alcohólico	INEN 340	GL	39
Acidez volátil (Acético)	INEN 341	g/100mL	0,5291
Esteres	INEN 342	mg/100mL	19,12
Aldehídos	INEN 343	mg/100mL	<0,010
Metanol	INEN 347	mg/100mL	0,013
Densidad	M.INTERNO	g/ml	0,9539
Congéneres	CÁLCULO	mg/100ml	18
Alcoholes superiores	INEN 345	mg/100ml	1,4

Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.8.3.1. Resultado del análisis microbiológico T3R1(Var POJ – Levadura9gr/lit)

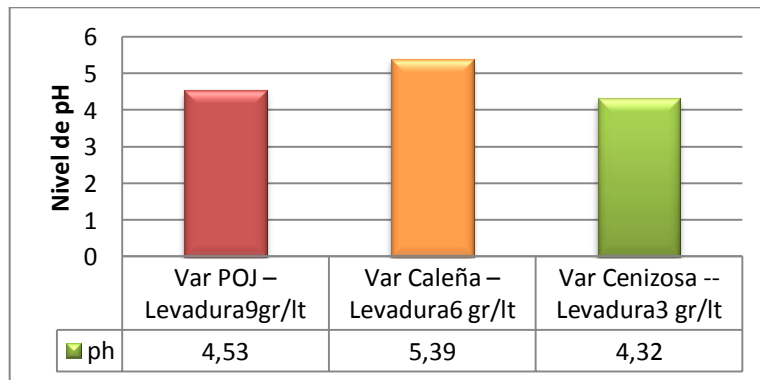
Cuadro 36: Análisis físico químico T3R1 (Var POJ – Levadura 9 gr/lit)

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
Aerobios totales	INEN 1529-5	UFC/ml	<10
Coliformes totales	AOAC 991-14	UFC/ml	<10
Mohos y levaduras	INEN 1529-10	UPM/ml	<10

Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

Potencial de Hidrógeno presente en las tres muestras de los mejores tratamientos.

Gráfico 23: Resultado del análisis del pH

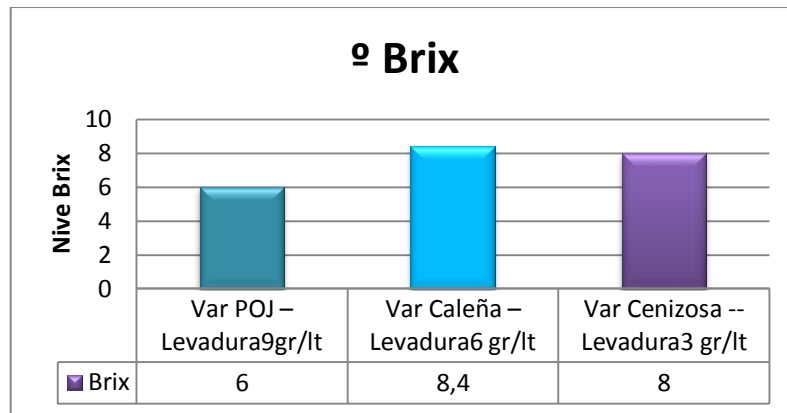


Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

En este gráfico se puede apreciar el pH en las tres muestras del alcohol etílico, obteniendo el pH más bajo de la variedad Cenizosa con un nivel levadura de 3g/L.

3.6.2.9. Sólidos totales presente en las tres muestras de los mejores tratamientos.

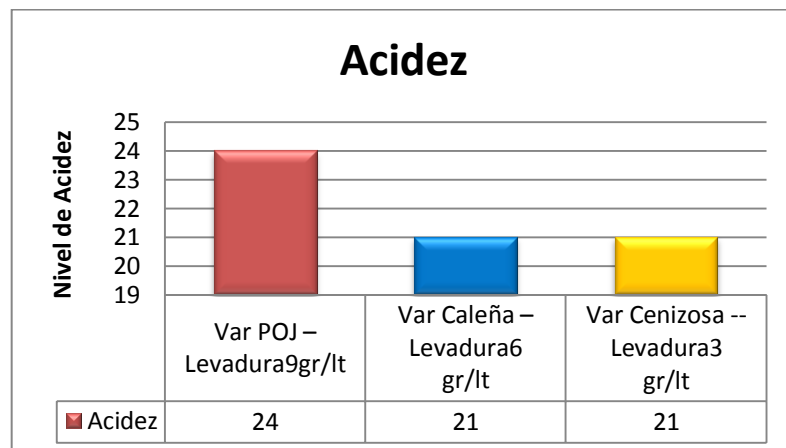
Gráfico 24: Resultados de los análisis de los ° Brix



Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.10. Acidez presente en las tres muestras de los mejores tratamientos.

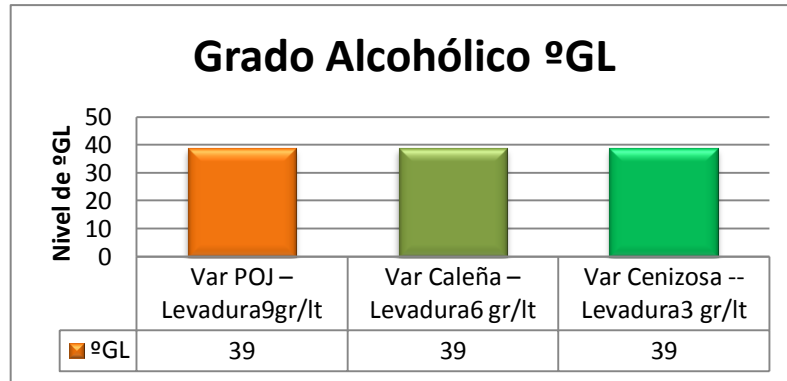
Gráfico 25: Resultados de la acidez analizados



Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.11. Grado alcohólico presente en las tres muestras de alcohol de los mejores tratamientos.

Gráfico 26: Resultados del grado alcohólico

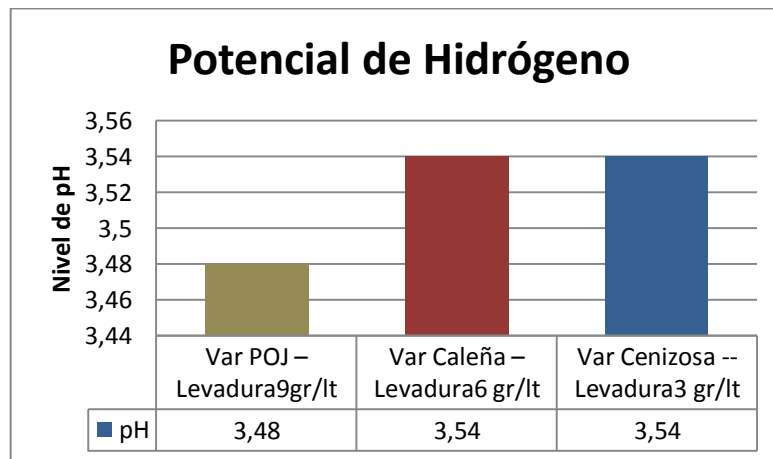


Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.12. Resultados obtenidos del laboratorio LABORATORIO SEIDLA de la ciudad Quito.

3.6.2.12.1. Potencial de hidrogeno de los tres mejores tratamientos.

Gráfico 27: Resultados de análisis del pH del laboratorio SEIDLA



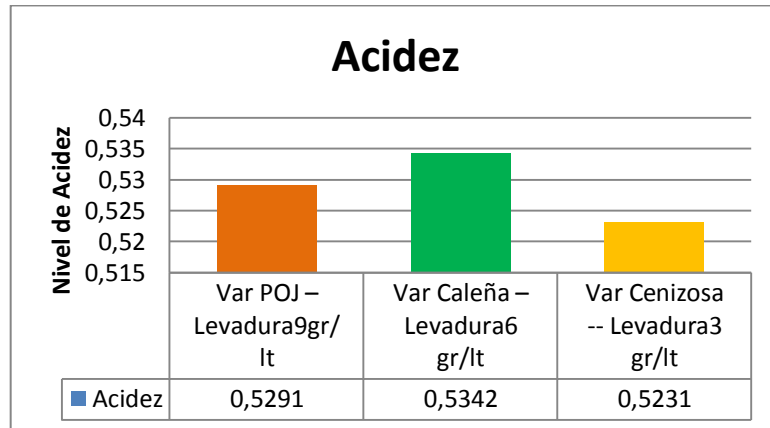
Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

En este gráfico se puede apreciar el pH de los tres mejores tratamientos de alcohol, donde se obtiene una pH más bajo del alcohol de la caña variedad POJ y la de la variedad caleña (Var Caleña – Levadura 6 gr/Lt) con un pH de 3,54

similar al de la variedad cenizosa (Var Cenizosa -- Levadura3 gr/lit); siendo mayores los pH al de la variedad POJ.

3.6.2.12.2. Acidez de los tres mejores tratamientos

Gráfico 28: Análisis de la acidez en el laboratorio SEIDLA

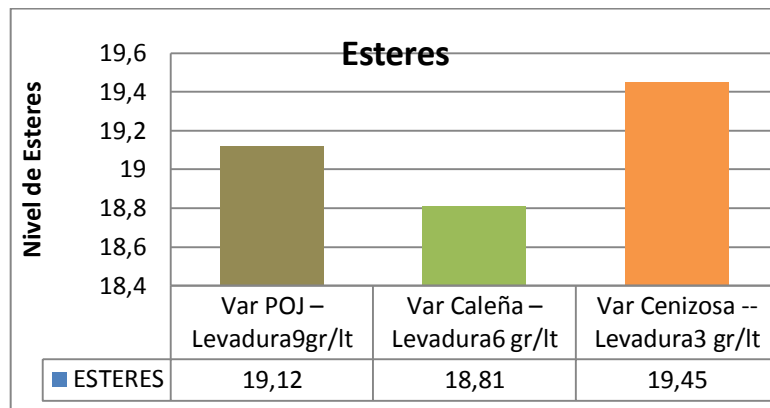


Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

Este gráfico se puede apreciar la acidez de cada una de los mejores tratamientos del alcohol etílico, se observa que el alcohol de la variedad de caña cenizosa tiene acidez más baja (0,5231) seguida del alcohol de la variedad de caña POJ y con una cantidad más elevada se encuentra el alcohol de la variedad de caña cenizosa con (0,5342).

3.6.2.12.3. Esteres de los tres mejores tratamientos.

Gráfico 29: Análisis de esterres en el laboratorio LABORATORIO SEIDLA

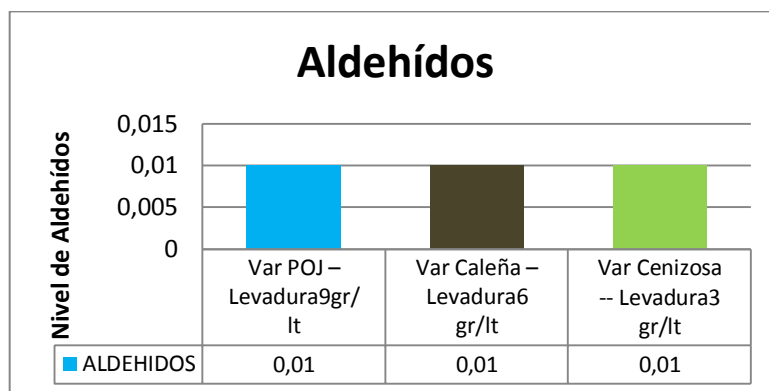


Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

En este gráfico se puede apreciar los estrés presentes en cada una de los mejores tratamientos del alcohol, se observa que el alcohol de la variedad de caña caleña es menor con (18,81) seguido de la variedad de caña POJ y con la cantidad más elevada se encuentra el alcohol de la variedad de caña cenizosa con (19,45).

3.6.2.12.4. Aldehídos de los tres mejores tratamientos

Gráfico 30: Análisis de aldehídos en el laboratorio LABORATORIO SEIDLA

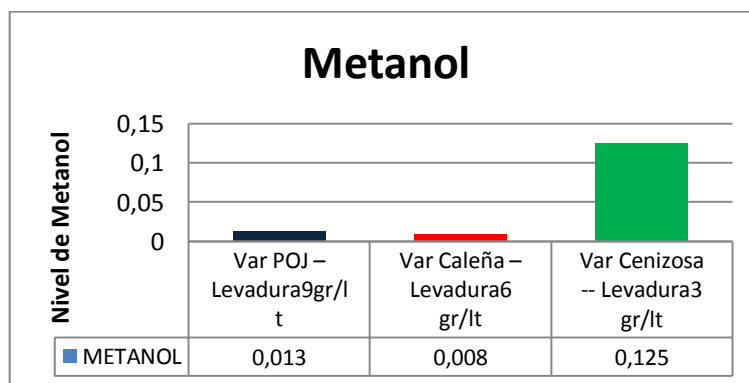


Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

En el presente gráfico se puede apreciar el nivel de aldehídos de los mejores tratamientos del alcohol de caña, se observa que el alcohol de las variedades (POJ, Caleña y Cenizosa) son similares con un valor de (<0,01).

3.6.2.12.5. Análisis de metanol de los tres mejores tratamientos

Gráfico 31: Análisis de presencia de metanol en el laboratorio LABORATORIO SEIDLA

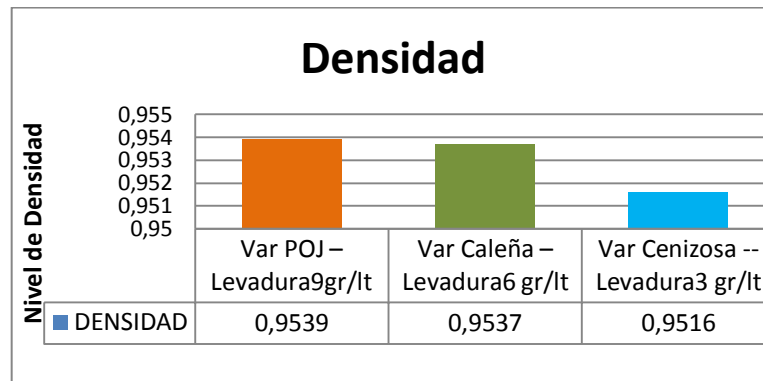


Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

En el presente gráfico se puede apreciar el metanol de cada uno de los mejores tratamientos del alcohol de caña, se observa que el alcohol de la variedad de caña caleña presenta una nivel más bajo con (0,008) seguido del alcohol de la variedad POJ y con la cantidad más elevada se encuentra el alcohol de la variedad cenizosa con (0,1).

3.6.2.12.6. Análisis de la Densidad de los tres mejores tratamientos

Gráfico 32: Análisis de la densidad en el laboratorio LABORATORIO SEIDLA



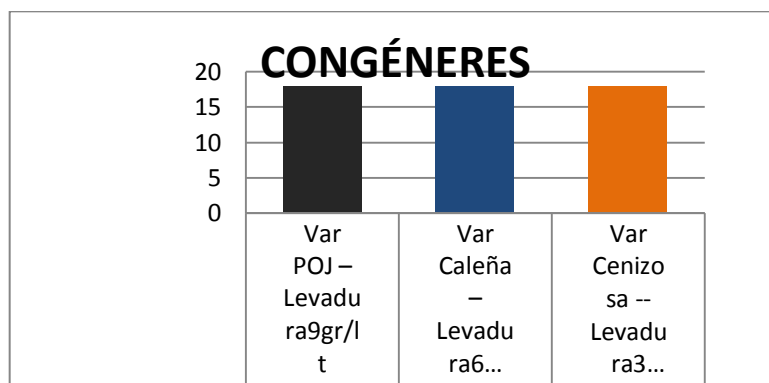
Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

En este gráfico se puede apreciar la densidad de cada uno de los tres mejores tratamientos del alcohol de caña, se observa que el alcohol de la variedad de caña cenisoza es más baja (0,9516) g/ml seguida de la variedad de caña caleña y con una cantidad más superior se encuentra el alcohol de la variedad POJ con (0,9539) g/ml.

3.6.2.12.7. Análisis de congéneres de los tres mejores tratamientos

En este gráfico se puede apreciar los congéneres de cada uno de los mejores tratamientos del alcohol de caña, se observa que las variedades (poj, Caleña, Cenizosa) son similares en sus resultados analizados con (18 mg/100ml).

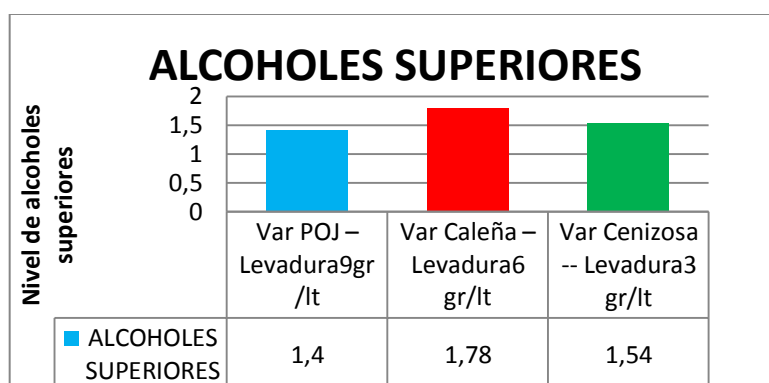
Gráfico 33: Análisis de congéneres en el laboratorio LABORATORIO SEIDLA



Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.12.8. Análisis de alcoholes superiores de los tres mejores tratamientos

Gráfico 34: Análisis de alcoholes superiores en el laboratorio LABORATORIO SEIDLA

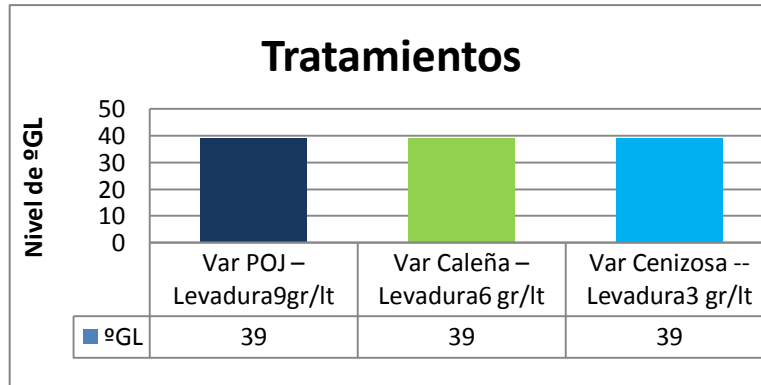


Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

En este gráfico se puede apreciar los alcoholes superiores presentes en los tres mejores tratamientos de alcohol de caña, se observa que la el alcohol de la variedad de caña POJ presenta alcoholes superiores más bajos (1,4) seguido el alcohol de la variedad de caña cenizosa y con una cantidad más elevada de alcoholes superiores se presenta en el alcohol de la variedad de caña caleña con (1,78).

3.6.2.12.9. Análisis de los grados de alcohol presentes en los tres mejores tratamientos.

Gráfico 35: Análisis de los °GL del alcohol en el laboratorio LABORATORIO SEIDLA



Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

En este gráfico, se muestra el grado alcohólico de las tres muestras de los mejores tratamientos del alcohol de caña; el alcohol obtenido de la fermentación del jugo de caña se obtiene una concentración alcohólica de 39° GL, el cual es similar en los tres tratamientos de las variedades de caña (POJ, Caleña y Cenizosa).

3.6.2.13. Costos de producción

A continuación se aprecia los costos de las materias primas e insumos utilizados en la obtención del alcohol por cada variedad de caña.

Cuadro 37: Recursos económicos

HOJA DE RECURSOS								
	ACTIVIDADES (Redacte las actividades)	# PARTIDA	RECURSOS (Detalle los recursos por actividad)	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRESUPUESTO	MES
1	Compra de materiales e insumos para la realización de la Tesis.	1	Manguera silicona	m	70	0,80	56,00	Octubre
		1	Barras de silicona	U	20	0,20	4,00	Octubre
		1	Pistola para silicona	U	1	4,00	4,00	Octubre
		1	Tijeras	U	1	1,00	1,00	Octubre
		1	Cinta Masquen	U	1	0,50	0,50	Octubre
		1	Manguera de gas	m	10	2,00	20,00	Octubre
		1	Estilete	U	1	0,25	0,25	Octubre
		1	Botellas plásticas 5 L	U	36	1,75	63,00	Noviembre
		1	Botellas plásticas 3 L	U	36	1,00	36,00	Noviembre
		1	Levadura(Saccharomyces).	g	450	0,04	18,00	Noviembre
		1	Probetas 50 cc	U	2	6,50	13,00	Noviembre
		1	Vasos de precipitación	U	2	3,50	7,00	Noviembre
		1	Termómetro de alcohol	U	1	5,50	5,50	Noviembre
		1	Materiales de desinfección				0,00	Noviembre
		1	Alcohol	L	2	1,50	3,00	Noviembre
		1	Detergente	kg	3	1,80	5,40	Noviembre
		1	Pinoklin	L	2	4,50	9,00	Noviembre
		1	Limpiones	U	5	1,00	5,00	Noviembre
		1	Franelas	m2	8	1,25	10,00	Noviembre
	SUBTOTAL A1						228,25	
2	Compra de caña (Saccharum officinarum).	1	Variedad POJ	kg	80	0,50	40,00	Noviembre
		1	Variedad Caleña	kg	100	0,50	50,00	Noviembre
		1	Variedad Cenizosa	kg	90	0,50	45,00	Noviembre
	SUBTOTAL A2						135,0	
3	Recursos para transporte durante la	1	Trasporte de la Variedad POJ	U	1	45,00	45,00	Noviembre
	elaboración de la Tesis	1	Trasporte de la Variedad Caleña	U	1	45,00	45,00	Noviembre
		1	Trasporte de la Variedad Cenizosa	U	1	45,00	45,00	Noviembre

	SUBTOTAL A3						135,0		
4	investigación bibliográfica del marco teórico	1	Impresiones	U	200	0,12	24,00	Diciembre	
		1	Anillados	U	7	2,00	14,00	Diciembre	
		1	Resma de papel A4	U	2	5,00	10,00	Diciembre	
		1	Esferos	U	3	0,25	0,75	Diciembre	
		1	Lápices	U	2	0,15	0,30	Diciembre	
		1	Calculadora Científica	U	1	10,00	10,00	Enero	
		1	Corrector	U	1	0,60	0,60	Enero	
		1	Memory Flash 8 GB	U	1	12,00	12,00	Enero	
		1	Copias	U	60	0,05	3,00	Enero	
		1	Internet	Horas	100	0,60	60,00	Enero	
	SUBTOTAL A4		Total				134,7		
5	Análisis físico químico de las tres muestras de alcohol	T3R1	Densidad	U	1,00	14,00	14,00	Mayo	
		1	Acidez volátil + Grado alcohólico	U	1,00	65,00	65,00	Mayo	
		1	Aldehídos (como etanal)	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Alcoholes Superiores	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Metanol	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Congéneres + esteres	U	1,00	30,00	30,00	Mayo	
		1	pH	U	1,00	5,00	5,00	Mayo	
		1	Microbiología: Aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras	U	1,00	37,00	37,00	Mayo	
			sub total					217,00	
			IVAV 12%					26,04	
	SUBTOTAL A5		Total				243,0		
6	Análisis físico químico de las tres muestras de alcohol	T5R3	Densidad	U	1,00	14,00	14,00	Mayo	
		1	Acidez volátil + Grado alcohólico	U	1,00	65,00	65,00	Mayo	
		1	Aldehídos (como etanal)	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Alcoholes Superiores	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Metanol	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Congéneres + esteres	U	1,00	30,00	30,00	Mayo	

		1	pH	U	1,00	5,00	5,00	Mayo	
		1	Microbiología: Aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras	U	1,00	37,00	37,00	Mayo	
			sub total				217,00		
			IVAV 12%				26,04		
	SUBTOTAL A6		Total				243,0		
7	Análisis físico químico de las tres muestras de alcohol	T7R1	Densidad	U	1,00	14,00	14,00	Mayo	
		1	Acidez volátil + Grado alcohólico	U	1,00	65,00	65,00	Mayo	
		1	Aldehídos (como etanal)	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Alcoholes Superiores	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Metanol	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Congéneres + esterés	U	1,00	30,00	30,00	Mayo	
		1	pH	U	1,00	5,00	5,00	Mayo	
		1	Microbiología: Aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras	U	1,00	37,00	37,00	Mayo	
			sub total					217,00	
			IVAV 12%					26,04	
	SUBTOTAL A5		Total				243,0		
							TOTAL PRESUPUESTO	1362	

Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

3.6.2.14. verificación de la hipótesis

Luego de realizar la investigación, en base al análisis de cada una de las variables evaluadas, es posible aceptar la hipótesis planteada que afirma que el tipo de variedad de caña y la cantidad de levadura influyen en la calidad, rendimiento del alcohol.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la investigación se plantea las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que el tiempo de fermentación del jugo de caña depende de la temperatura del ambiente y el tipo de variedad de caña; con una relación inversamente proporcional entre la temperatura y el tiempo de fermentación, de igual manera entre el contenido de sólidos solubles y el tiempo de fermentación.
2. Se concluye que la dosis de levadura influye en el tiempo de fermentación del jugo de caña y en la calidad del alcohol; a mayor dosis de levadura menor tiempo de fermentación; pero las características del alcohol; por ello tenemos que, el tratamiento T3 (Var POJ – Levadura9gr/l), T6 (Var Caleña – Levadura9gr/l) y T9 (Var Cenizosa – Levadura9gr/l) son los que finalizan su proceso fermentativo más rápido por tener dosis altas de levadura, lo hacen por alrededor de 4 días; a diferencia de los tratamientos que más se demoran en finalizar el proceso fermentativo tenemos T1 (Var POJ - Levadura3 gr/l), T4 (Var Caleña - Levadura3 gr/l) y T7 (Var Cenizosa - Levadura3 gr/l) lo hacen por alrededor de 6 días se presenta por poseer cantidades mínimas de levadura.
3. Al evaluar la temperatura de fermentación del proceso fermentativo, se comprueba que la variedad de caña y la dosis de levadura influyen significativamente en esta variable; donde el factor A (variedad de caña se encontró que la variedad de caña Cenizosa realiza el proceso de fermentación a menor temperatura, a diferencia del factor B (nivel de levadura) se encontró que a mayor dosis de levadura es más elevado el proceso de fermentación.
4. En la interacción de los factores (A X B) en la temperatura de fermentación indica que, el punto óptimo de temperatura se encuentra por los 18°C.

5. Después de cada uno de los análisis se llega a concluir que a menor temperatura de fermentación mayor es la concentración alcohólica del proceso de fermentación.
6. Mediante el análisis de SEIDLABORATORY Cía. Ltda. de la ciudad de Quito Ecuador los tratamientos T3R1, T5R3 Y T7R1 se logra 39 °GL del alcohol como producto final esto se debe a la temperatura utilizada en el proceso de destilación.
7. Se determinó que, la variedad de caña influye significativamente en el valor del pH, teniendo así que, la variedad de caña POJ con los tres niveles de levadura presenta un pH bajo, lo que no sucede con las variedades de caña caleña y cenizosa.
8. En cuanto al valor de la acidez titulable se establece que, la dosis de levadura influyen en esta variable al igual que la variedad de caña, teniendo en cuenta que la variedad de caña Cenizosa presenta baja acidez, a diferencia de las variedades POJ y caleña.
9. En cuanto rendimiento de alcohol, se presentó que la variedad de caña Cenizosa alcanza un rendimiento de 71%, esto se debe a su contenido de sacarosa; seguido de la variedad de caña Caleña y POJ.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Se propone aplicar los conocimientos presentados en la investigación como una alternativa en el área de procesamientos industriales, así de esta manera tratar de mejorar la calidad de industrialización de las variedades de caña del Noroccidente de Carchi.
2. De acuerdo a la investigación, para la producción de alcohol se recomienda usar la variedad de caña (Cenizosa + Levadura3 gr/lit) por presentar alto rendimiento en volumen de alcohol.

V. BIBLIOGRAFIA

- Abana., L. (2008). Principios y conceptos Básicos. *Manejo de variedades y semilla de la caña de azúcar en la Agroindustria Aucaera Cuba*, 17.
- Agro, L. d. (2010). El cultivo de la caña de azúcar. *Sembrando conociminetos - cosechando logros*, 1-8.
- Agropecuaria, E. (2001). *Producción Agrícola*. Bogotá - Colombia: Terranova.
- ALFREDO, G. (2013). *Medición de Temperatura del jugo de caña*. TULCAN.
- Almada, A. O. (2011). Ministerio de Agricultura y Ganadería CampañaAgricola. *Caña de azúcar*, 15/17.
- Arellano, L. (2011). *Destilación de Alcohol*.
- Arias García, J. A. (V-2806-2009). Diversidad genética en las especies del complejo *Saccharomyces* en sustricto de fermentaciones tradicionales . *Facultad de Biología*, 575.
- Bermúdez, M. R. (2005). Uso de la biomasa cañera como alternativa para el incremento. 1-3.
- Braverman, J. (1980). *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. México: El manual moderno.
- Burbano, O. (2010). *CORPOICA* . BOGOTA-COLOMBIA.
- Burbano, O. I. (2010). *CORPOICA*. Colombia - Bogotá: Produmedios.
- Carlos Crispert, J. C. (2006). *Eciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*. Barcelona - España: Oceano Centrun.
- Carolina Peña, C. C. (2011). Evaluación de la producción de dos cepas recombinantes y una comercial de *Sacchoromyces serevisiae* (Fungi: ascomycota) en melaza de caña de azúcar y mosotos de banano de rechazo de URABA, COLOMBIA. *Corporación para investigaciones biológicas*, 183-192.

- Castillo, R. O. (18 de Abril de 2013). Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador – CINCAE. *Caña de Azúcar: Cultivo para la sostenibilidad*, pág. 1.
- CHEMICAL, C. (2005). *Variedades 1*. Recuperado el Diciembre de 2011, de <http://www.cristal-chemical.com/maiz.htm>.
- De la Peña, E. (2006). *Vinos y licores*. Perú.
- DILLEWINJN, V. (1983). *Botánica y Fisiología de la caña de azúcar*. Cuba: Pueblo y Educación.
- Dr. José Íñiguez, I. (2010). *Revista Ingeniería Primero*. Montilla (Córdoba). España.: ISSN.
- Dr.C. J. A. Cabrerai, M. R. (2010). *Cultivos Tropicales*. San José de las Lajas, La Habana, Cuba: INCA.
- Fermín Subiros. (2000). *Cultivo de caña de azúcar*. Costa Rica: Universidad Estatal Costa Rica.
- Ferreyra, M. M. (noviembre 2009). Fermentación alcohólica de jugo de naranja con *Saccharomyces cerevisiae*. *Ciencias exactas*, 143-158.
- Flores, V., & Pedroza, J. (2006). *Germinación y Dormancia en semillas*. Bogotá - Colombia.
- Fraizier, W., & Westhoff, D. (2003). *Microbiología de los Alimentos*. Zaragoza - España: ACRIBIA S.A.
- Francisco Martín Armas1, I. Á. (2008). *Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuicultura y Pesca (MAGAP)*. Morona Santiago.
- García, G., Quintero, R., & López, M. (2002). *Biología Alimentaria*. México: Limusa.
- García, M., Quintero, R., & López, A. (2002). *Biología Alimentaria*. México.
- González, R. (1978). *Microbiología de las bebidas*. La Habana - Cuba.

- Hugo García, A. T. (2007). *Guía tecnológica para el manejo de integral del sistema productivo de la caña de panel*. Cundinamarca - Colombia: PROUMEDIOS.
- INFOAGRO. (2012). *Portal líder en agricultura*. Recuperado el Enero de 2012, de <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/nl/>
- J. A. Solís-Fuentes*, K. C.-Z.-d.-B. (2010). Desarrollo de jarabes fructosados de caña de azúcar. *Ciencia Technol. Ed (IMIQ)*, 54.
- Jesús E, P. (2010). Programa de Fabrica de CENICACaña. *Calidad de la Caña de azúcar*, 337/339.
- José O, V. (2004). *Diccionario de Alimentos*. Londres, 98 - Barcelona: C-E-D-E-L.
- LTDA., B. C. (2012). 14-35.
- M. Sc. Alexander Díaz, I. D. (2012). Dinámica del pProceso de extracción de jugo a compresión de la caña de azúcar para la producción de panela. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2.
- M.Javier, E. R. (2012). *Composición Química y su relación en el proceso industrial/Estación experimental OBISPO COLOMBRES*. Tucuman-Argentina: EEAOC.
- Manrique, A. (1987). *El maíz en el Perú. Programa cooperativo de investigaciones en maíz*. Lima - Perú: CONCYTEC.
- María Rosalia, J. A. (2002). *Manual Agropecuario*. Bogotá - Colombia: Hogares Juveniles.
- Maridueña, M. (Viernes de Agosto de 2010). Noticias Ecuador. *El Nuevo precio de la caña endulza a los productores*, pág. 1.
- MENDDIATA, M. (2008). *Producción y procesamiento de la caña de azúcar*. Perú: RIPALME.
- abdulio, M. R. (2003). Catálogo de variedades de caña para la producción de panela en la Hoya del Río Suárez. Barobosa, Santander: La Bastilla Lta.,.

- Owen, F. (1982). *Introducción a la ciencia de los alimentos*. Barcelona - España.
- Pérez, L. (2010). *Fermentación Alcohólica*. Recuperado el Julio de 2012, de http://www.bedri.es/Libreta_de_apuntes/F/FE/Fermentacion_alcoholica.htm
- Potter, N., & Hotchkiss, J. (1999). *Ciencia de los alimentos*. Zaragoza - España: Acribia S.A.
- Pozo, N., & Gallegos, L. (2006). *Tesis: Determinación de los Parámetros Óptimos en la Elaboración de una Bebida Alcohólica a Partir de Yuca*. .
- QUEZADA, W. C. (2011). Obtención de alcohol a partir de jugo de caña, cachaza y melaza, mediante la incorporación de dos niveles de fermento (*saccharomyces cerevisiae*).
- Ramírez., E. (2010.). *DESTILACIÓN, TEORÍA Y TIPOS*. Montilla (Córdoba). España. : Copyright.
- Ray, B., & Arun, B. (2008). *Fundamentos de microbiología de los alimentos*. México.
- Rico, J. (02 de Julio de 2012). BIOCARBURANTES. *La producción mundial de etanol baja más de 500 millones de litros en 2011*, pág. 1.
- TOALA G. y ASTUDILLO, J. (2010). Proyecto de implementación de una planta productora de etanol en base a la caña de azúcar. *Producción de etanol*, 27-45.
- Universo, E. (27 de Febrero de 2006). *El Ecuador Requiere Etanol*, pág. 1.
- Verema. (2007). *LEVADURAS Y LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA (II)*. Recuperado el Mayo de 2012, de <http://www.verema.com/opinamos/tribuna/articulos/levaduras02.asp>
- www.facmed.unam. (2008). ALCOHOLES. *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*, 1.
- Zepeda, E. R. (2013). Avibert. *Tecnología Azucarera*, 1.

Zuzvarregui Miro, A. (v-2720-2006). Caracterización fisiológica y molecular de cepas vínicas *saccharomyces* sp, influencia en su comportamiento durante la vinificación. *Deperatamento de Bioquímica y Biología Molecular*, 50-60.

VI. ANEXOS

Anexo 1: Presupuesto del experimento

HOJA DE RECURSOS								
	ACTIVIDADES (Redacte las actividades)	# PARTIDA	RECURSOS (Detalle los recursos por actividad)	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRESUPUESTO	MES
1	Compra de materiales e insumos para la realización de la Tesis.	1	Manguera silicona	m	70	0,80	56,00	Octubre
		1	Barras de silicona	U	20	0,20	4,00	Octubre
		1	Pistola para silicona	U	1	4,00	4,00	Octubre
		1	Tijeras	U	1	1,00	1,00	Octubre
		1	Cinta Masquen	U	1	0,50	0,50	Octubre
		1	Manguera de gas	m	10	2,00	20,00	Octubre
		1	Estilete	U	1	0,25	0,25	Octubre
		1	Botellas plásticas 5 L	U	36	1,75	63,00	Noviembre
		1	Botellas plásticas 3 L	U	36	1,00	36,00	Noviembre
		1	Levadura(Saccharomyces).	g	450	0,04	18,00	Noviembre
		1	Probetas 50 cc	U	2	6,50	13,00	Noviembre
		1	Vasos de precipitación	U	2	3,50	7,00	Noviembre
		1	Termómetro de alcohol	U	1	5,50	5,50	Noviembre
		1	Materiales de desinfección				0,00	Noviembre
		1	Alcohol	L	2	1,50	3,00	Noviembre
		1	Detergente	kg	3	1,80	5,40	Noviembre
		1	Pinoklin	L	2	4,50	9,00	Noviembre
		1	Limpiones	U	5	1,00	5,00	Noviembre
		1	Franelas	m2	8	1,25	10,00	Noviembre
	SUBTOTAL A1						228,25	
2	Compra de caña (Saccharum officinarum).	1	Varietal POJ	kg	80	0,50	40,00	Noviembre
		1	Varietal Caleña	kg	100	0,50	50,00	Noviembre
		1	Varietal Cenizosa	kg	90	0,50	45,00	Noviembre
	SUBTOTAL A2						135,0	
3	Recursos para transporte durante la	1	Trasporte de la Varietal POJ	U	1	45,00	45,00	Noviembre

	elaboración de la Tesis	1	Trasporte de la Variedad Caleña	U	1	45,00	45,00	Noviembre	
		1	Trasporte de la Variedad Cenizosa	U	1	45,00	45,00	Noviembre	
	SUBTOTAL A3						135,0		
4	investigación bibliográfica del marco teórico	1	Impresiones	U	200	0,12	24,00	Diciembre	
		1	Anillados	U	7	2,00	14,00	Diciembre	
		1	Resma de papel A4	U	2	5,00	10,00	Diciembre	
		1	Esferos	U	3	0,25	0,75	Diciembre	
		1	Lápices	U	2	0,15	0,30	Diciembre	
		1	Calculadora Científica	U	1	10,00	10,00	Enero	
		1	Corrector	U	1	0,60	0,60	Enero	
		1	Memory Flash 8 GB	U	1	12,00	12,00	Enero	
		1	Copias	U	60	0,05	3,00	Enero	
		1	Internet	Horas	100	0,60	60,00	Enero	
	SUBTOTAL A4		Total				134,7		
5	Análisis físico químico de las tres muestras de alcohol	T3R1	Densidad	U	1,00	14,00	14,00	Mayo	
		1	Acidez volátil + Grado alcohólico	U	1,00	65,00	65,00	Mayo	
		1	Aldehidos (como etanal)	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Alcoholes Superiores	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Metanol	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Congéneres + esteres	U	1,00	30,00	30,00	Mayo	
		1	pH	U	1,00	5,00	5,00	Mayo	
		1	Microbiología: Aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras	U	1,00	37,00	37,00	Mayo	
			sub total					217,00	
			IVAV 12%					26,04	
	SUBTOTAL A5		Total				243,0		
6	Análisis físico químico de las tres muestras de alcohol	T5R3	Densidad	U	1,00	14,00	14,00	Mayo	
		1	Acidez volátil + Grado alcohólico	U	1,00	65,00	65,00	Mayo	

		1	Aldehidos (como etanal)	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Alcoholes Superiores	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Metanol	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Congéneres + esteres	U	1,00	30,00	30,00	Mayo	
		1	pH	U	1,00	5,00	5,00	Mayo	
		1	Microbiología: Aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras	U	1,00	37,00	37,00	Mayo	
			sub total				217,00		
			IVAV 12%				26,04		
	SUBTOTAL A6		Total				243,0		
7	Análisis físico químico de las tres muestras de alcohol	T7R1	Densidad	U	1,00	14,00	14,00	Mayo	
		1	Acidez volátil + Grado alcohólico	U	1,00	65,00	65,00	Mayo	
		1	Aldehidos (como etanal)	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Alcoholes Superiores	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Metanol	U	1,00	22,00	22,00	Mayo	
		1	Congéneres + esteres	U	1,00	30,00	30,00	Mayo	
		1	pH	U	1,00	5,00	5,00	Mayo	
		1	Microbiología: Aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras	U	1,00	37,00	37,00	Mayo	
			sub total					217,00	
			IVAV 12%					26,04	
	SUBTOTAL A5		Total				243,0		
TOTAL PRESUPUESTO							1362		

Fuente: Elaborado (ALFREDO, 2013)

Anexo 3: Análisis del producto



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 4: Preparación de la Materia Prima



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 5: Corte de las variedades de caña



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 6: Limpieza y selección



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 7: Transporte



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 8: Acopio



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 9: Lavado



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo Molienda



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 10: Extracción del jugo de caña



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 11: Filtrado.



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 12: Pre-limpieza



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 13: Pasteurización



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 14: Enfriado



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 15: Inoculación



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 16: Fermentación



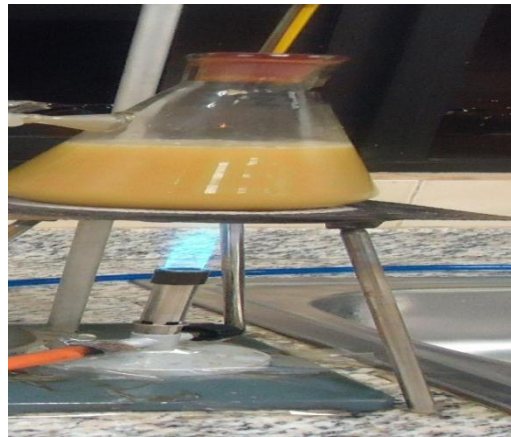
Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 17: Separación de levadura



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 18: Pos-pasteurización



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 19: Destilación del alcohol



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 20: Almacenamiento




Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 21: Análisis del producto



Fuente: Elaborado (Guerra, 2014).

Anexo 22: Análisis de los mejores tratamientos en el SEIDLALABORATORY Cía. Ltda. Ciudad de Quito-Ecuador



SEIDLALABORATORY Cía. Ltda.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

Melchor Toaza N61-63
entre Av. del Maestro y Nazareth
Tells.: 248 3145 / 280 8849 / 247 6314
Telefax: 280 8825 • www.seidlaboratory.com
Quito - Ecuador

INFORME DE ENSAYO NR. 77636

TIPO MUESTRA: declarada por el cliente como: **ALCOHOL ETILICO T5R3**

CODIGO LABORATORIO: 77635-1
TIPO DE PRODUCTO: ALCÓHOL
CLIENTE: JEFFERSON GUERRA
DIRECCION: TULCAN
CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: ENVASE PLASTICO CON TAPA
NUMERO DE LOTE: NO
FECHA RECEPCION: 14/05/05
FECHA INICIO ENSAYO: 14/05/05
CONTENIDO DECLARADO: 1 L
CONTENIDO ENCONTRADO: NS
FECHA DE ELABORACION: NO
FECHA DE CADUCIDAD: NO
CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 22 ° C Humedad relativa 43 %
FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE
MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
pH	M. INTERNO	—	3,54
Grado alcoholico	INEN 340	%GL	38
Acidez volátil (Acético)	INEN 341	g/100ml	0,5342
Esteres	INEN 342	mg/100ml	18,81
Aldehidos	INEN 343	mg/100ml	<0,010
Metanol	INEN 347	mg/100ml	0,008
Densidad	M. INTERNO	g/ml	0,9537
Congeneres*	CALCULO	mg/100ml	18
Alcoholes superiores*	INEN 345	mg/100ml	1,78
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Aeróbicos totales	INEN 1529- 5	UFC/ml	<10
Coliformes totales	AQAC 991.14	UFC/ml	<10
Mohos y Levaduras	INEN 1529-10	UPM/ml	<10


NS: No solicitado el cliente / NO: No detecta

Datos tomados del cuaderno FQ 60 pág. 183 A-B / Microbiológico 68 pag. 1568

* Resultado proporcionado por Laboratorio SUBCONTRATADO, cuya competencia para la ejecución de este ensayo fue evaluada mediante el procedimiento SEOPs 5 del laboratorio SEIDLA.

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.
Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico.

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.



Dra. Tanya Valera

14/05/05
FECHA EMISIÓN



SEIDLaboratory Cia. Ltda.

SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

Maichor Toaza N61-63
entre Av. del Maestro y Nazareth
Telfs : 248 3145 / 280 8849 / 247 6314
Telefax: 280 8825 • www.seidlaboratory.com
Quito - Ecuador

INFORME DE ENSAYO NR. 77636

TIPO MUESTRA: declarada por el cliente como: ALCOHOL ETEILICO T3R1

CODIGO LABORATORIO: 77636-1

TIPO DE PRODUCTO: ALCOHOL

CLIENTE: JEFFERSON GUERRA

DIRECCION: TILCUN

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: ENVASE PLASTICO CON TAPA

NUMERO DE LOTE: ND

FECHA RECEPCION: 14/05/08

FECHA INICIO ENSAYO: 14/05/08

CONTENIDO DECLARADO: 1 L

CONTENIDO ENCONTRADO: NO

FECHA DE ELABORACION: NO

FECHA DE CADUCIDAD: NO

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 22 ° C Humedad relativa 43 %

FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE

MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
pH	M. INTERNO	--	3,48
Grado alcoholico	INEN 340	°GL	39
Acidez volátil (Acético)	INEN 341	g/100ml	0,5291
Esteres	INEN 342	mg/100ml	19,12
Aldehidos	INEN 343	mg/100ml	<0,010
Metanol	INEN 347	mg/100ml	0,013
Densidad	M. INTERNO	g/ml	0,9530
Compuestos*	CALCULO	mg/100ml	18
Alcoholes superiores*	INEN 345	mg/100ml	1,4
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Aerobios totales	INEN 1529-5	UFC/ml	<10
Coliformes totales	AOAC 991.14	UFC/ml	<10
Mohos y Levaduras	INEN 1529-10	UPM/ml	<10

ND: No solicitó el cliente / ND: No declaró

Datos tomados del cuaderno FD 60 pág. 183 A-B / Microbiológico 68 pag. 155B

* Resultado proporcionado por Laboratorio SUBCONTRATADO, cuya competencia para la ejecución de este ensayo fue evaluada mediante el procedimiento SOPA.3 del Laboratorio SEIDLA.

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico.

* Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.

Alertas

Dr. María Yofraza
Directora de Calidad
Director Técnico (E)

14/05/08
FICHA 480908



SEIDLaboratory Cia. Ltda.

SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

Melchor Toaza N61-63
entre Av. del Maestro y Nazareth
Telfs.: 248 3145 / 280 8849 / 247 6314
Telefax: 280 8825 • www.seidlaboratory.com
Quito - Ecuador

INFORME DE ENSAYO NR. 77637

TIPO MUESTRA: declarada por el cliente como: ALCOHOL ETILICO 7761

CODIGO LABORATORIO: 77637-1

TIPO DE PRODUCTO: ALCOHOL

CLIENTE: JEFFERSON GUERRA

DIRECCION: TULCAN

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: ENVASE PLASTICO CINTAPA

NUMERO DE LOTE: ND

FECHA RECEPCION: 14/05/05

FECHA INICIO ENSAYO: 14/05/05

CONTENIDO DECLARADO: 1 L

CONTENIDO ENCONTRADO: NS

FECHA DE ELABORACION: ND

FECHA DE CADUCIDAD: ND

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 22 °C Humedad relativa 43 %

FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE

MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
pH	M. INTERNO	---	3.54
Grado alcoholico	INEN 340	%GL	28
Acidez volatil (Acético)	INEN 341	g/100ml	0.0231
Esteres	INEN 342	mg/100ml	19.45
Aldehidos	INEN 343	mg/100ml	<0,010
Metanol	INEN 347	mg/100ml	0.125
Densidad	M. INTERNO	g/ml	0.9510
Congentes*	CALCULO	mg/100ml	18
Alcoholes superiores*	INEN 345	mg/100ml	1.54
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Aerobios totales	INEN 1528-5	UFC/ml	<10
Coliformes totales	AOAC 991.14	UFC/ml	<10
Wetras y Levaduras	INEN 1528-10	UPW/ml	<10

ND: No solicita el cliente / ND: No detecta

Datos tomados del cuaderno PG.09 pag. 10A / Microbiológico 08 pag. 106A

* Resultado proporcionado por Laboratorio SUBCONTRATADO, cuya competencia para la ejecución de este ensayo fue evaluada mediante el procedimiento SOP#4.5 del Laboratorio SEIDLA.

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones especificas no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducción, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

* Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.

Aclaramiento:

Dra. María Viqueza
Directora de Calidad
Director Técnico (R)

14/05/05
FECHA EMISIÓN