

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“OBTENCIÓN DE LICOR DE SAVIA DE PENCA AZUL  
(*Agave americana*)”**

Tesis previa a la obtención del Título de  
Ingeniero Agroindustrial

**AUTORAS**

Chulde Morales Digna Vanessa  
Simba Alpala Iralda Rocío

**DIRECTOR**

Ing. Luis Sandoval

**Ibarra – Ecuador**

**2011**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

#### “OBTENCIÓN DE LICOR DE SAVIA DE PENCA AZUL (*Agave americana*)”

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

#### INGENIERO AGROINDUSTRIAL

#### APROBADA:

.....  
Ing. Luis Sandoval.

**DIRECTOR**

.....  
Ing. Marcelo Vacas.

**ASESOR**

.....  
Ing. Gladys Yaguana.

**ASESORA**

.....  
Dr. Galo Vásquez.

**ASESOR**

**Ibarra – Ecuador  
2011**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	100256279-9	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	CHULDE MORALES DIGNA VANESSA	
DIRECCIÓN	IBARRA, CDLA LOS CEIBOS, RIO QUININDE 2-21 Y RICARDO SANCHEZ.		
EMAIL:	diva7832000@yahoo.es		
TELÉFONO FIJO:	062603-248	TELÉFONO MÓVIL:	093007852

DATOS DE CONTACTO 2			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	100278898-0	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	SIMBA ALPALA IRALDA ROCÍO	
DIRECCIÓN	IBARRA, CDLA LOS CEIBOS		
EMAIL:	rociosimba_2705@yahoo.es		
TELÉFONO FIJO:	062954-523	TELÉFONO MÓVIL:	086117138

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	OBTENCIÓN DE LICOR DE SAVIA DE PENCA AZUL ( <i>Agave americana</i> ).
AUTORES:	CHULDE MORALES DIGNA VANESSA SIMBA ALPALA IRALDA ROCÍO
FECHA:	2011 - 04 - 20
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
DIRECTOR:	ING. LUIS SANDOVAL

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Nosotras, CHULDE MORALES DIGNA VANESSA, con cédula de identidad Nro. 100256279-9 y SIMBA ALPALA IRALDA ROCÍO con cédula de identidad Nro. 100278898-0; en calidad de autoras y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 143.

## **2. CONSTANCIAS**

Las autoras manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de mayo del 2011

**LAS AUTORAS:**

### **ACEPTACIÓN**

.....

**Vanesa Chulde**

**C.C.: 100256279-9**

.....

**Rocío Simba**

**C.C.:100278898-0**

.....

Esp. Ximena Vallejo

**JEFE DE BIBLIOTECA**

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario:



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotras, CHULDE MORALES DIGNA VANESSA, con cédula de identidad Nro. 100256279-9 y SIMBA ALPALA IRALDA ROCÍO con cédula de identidad Nro. 100278898-0; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autoras de la obra o trabajo de grado denominada “OBTENCIÓN DE LICOR DE SAVIA DE PENCA AZUL (*Agave americana*)”, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Agroindustrias en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

.....

**Vanesa Chulde M.**

**C.C.: 100256279-9**

.....

**Rocío Simba A.**

**C.C.: 100278898-0**

Ibarra, a los 12 días del mes de mayo del 2011

## Formato del Registro Bibliográfico

Guía: FICAYA-UTN  
Fecha:

**CHULDE MORALES, DIGNA VANESSA; SIMBA ALPALA, IRALDA ROCIO.** Obtención de licor de savia de penca azul (*Agave americana*) / TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra. ec. Mayo 2011. 129 p. anex., diagr., hojas com. Es.

**DIRECTOR: Sandoval Molina, Luis.**

Obtención de licor de savia de penca azul (*Agave americana*). Experimentalmente se utilizó tres factores; 1.) Localización: Cahuasquí y Tumbabiro; 2.) Estado de madurez: semimadura, madura y 3.) Método de extracción de savia con hidratación del tallo y sin hidratación del tallo. De la combinación de los factores se obtuvo 8 tratamientos para evaluar las variables cuantitativas: pH y °Brix; así como, tiempo de fermentación, grado alcohólico, acidez total y alcoholes. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial AXBxC; las variables cualitativas fueron evaluadas mediante la prueba de Freedman. La calidad del producto se controló mediante análisis microbiológicos, físico-químicos y organolépticos basados en la norma INEN 1529, y la norma INEN 375.

Fecha: 20/04/2011.

.....  
Luis Sandoval  
f) Director de Tesis

.....  
Vanessa Chulde  
f) Autora

.....

Rocío Simba  
f) Autora

*Las ideas, conceptos, cuadros y figuras  
que se presentan en este documento son responsabilidad y  
propiedad exclusiva de las autoras*

**Chulde Morales Digna Vanessa  
Simba Alpala Iralda Rocío**

## **DEDICATORIA**

*Quiero dedicar esta tesis primeramente a mi Dios, por darme las fuerzas necesarias en los momentos en que mas las necesité y bendecirme con la posibilidad de caminar a su lado durante toda mi vida.*

*A Don Elías; mi padre, que me ha enseñado; que si uno se propone salir adelante lo logra, aun a pesar de a veces caer tan bajo y profundo.*

*A Doña Rosita; mi madre, por todo lo que me ha dado en esta vida especialmente sus sabios consejos y por estar a mi lado en los momentos difíciles.*

*A mis hermanos; Mónica, William, Sary y como no nombrarle a mi cuñis Nachita todos ellos por acompañarme en cada una de las locuras que he emprendido y ser siempre mis más fervientes hinchas.*

*A mis sobrinos Belén, Miguel, Valeria, Mateo y a la nueva heredera Antonella que son como mis hijos, por estar siempre dispuestos a ayudarme en lo que puedan y claro por contagiarme la alegría de vivir.*

*Al Lcdo Patricio González y familia por la confianza, apoyo moral y económico depositado en mí, que contribuyeron positivamente para la culminación de mi joranada estudiantil.*

*A mis amigos y compañeros de clase que de alguna u otra forma aportaron generosamente para la realización de esta tesis, de manera especial a mi querida Criss P., “la flaca” por escucharme, soportarme y convertirse en mi mejor amiga.*

*Vanessa.*

"Saber no es suficiente; tenemos que aplicarla. Tener voluntad no es suficiente; tenemos que implementarla".

## **DEDICATORIA**

*Llena de alegría y gran satisfacción dedico esta tesis al culminar una etapa más de mi vida estudiantil.*

*A mi Dios quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la sabiduría necesaria para terminar mis estudios y la realización de este trabajo.*

*A mis padres y hermanos quienes me enseñaron a ser constante y luchar para alcanzar mis metas. Gracias.... porque sin ustedes no hubiese podido hacer realidad este sueño.*

*A Francisco el amor de mi vida, quien me brindó su cariño, comprensión y apoyo constante.*

*A mi adorada hija Karla Daniela por ser mi razón de vivir y mi mayor inspiración para luchar día tras día.*

*A todos mis amigos y conocidos, que de una u otra forma me apoyaron desinteresadamente.*

***Rocío Símba Alpala.***

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Técnica del Norte, en particular a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales; a todos los profesores y personal administrativo.*

*De manera especial al Ing. Luis Sandoval Director de Tesis, por su ayuda invaluable, apoyo incondicional y desinteresado con el que guió la ejecución de la presente investigación.*

*Agradecemos a la Ing. Gladys Yaguana, Ing. Marcelo Vacas, Dr. Galo Vásquez, quienes asesoraron este trabajo de manera desinteresada y oportuna.*

*Al Ing. Marco Cahueñas, Biometrista de la Facultad, quien aportó con sus sabios conocimientos y consejos.*

*Un particular Agradecimiento:*

*Al Gobierno Municipal del cantón Urcuquí de manera especial al Arq. Víctor Hugo Rivadeneira, Alcalde en el periodo 2005-2009 y al Cap. Nelson Félix, Alcalde de la presente administración.*

*Al Ing. Edison Rodríguez, Jefe de las Unidades Productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial.*

*A nuestros amigos y compañeros que de manera generosa colaboraron para la ejecución de la presente investigación.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>

### CAPÍTULO I

#### GENERALIDADES

<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2.1</b> Objetivo general.....	<b>3</b>
<b>1.2.2</b> Objetivos específicos.....	<b>3</b>
<b>1.3 HIPÓTESIS</b> .....	<b>4</b>

### CAPÍTULO II

<b>2.1 ANTECEDENTES</b> . .....	<b>5</b>
<b>2.2 PENCA AZUL</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2.1</b> Descripción botánica.....	<b>6</b>
<b>2.2.2</b> Taxonomía y morfología.....	<b>7</b>
<b>2.2.3</b> Aspectos fisiológicos en la penca azul.....	<b>7</b>
<b>2.2.4</b> Exigencias del cultivo.....	<b>8</b>
<b>2.2.5</b> Sistemas de propagación.....	<b>9</b>
<b>2.2.6</b> Etapas de cultivo.....	<b>9</b>
<b>2.2.7</b> Composición química de la penca azul.....	<b>10 2.2.8</b>
Características de la penca azul.....	<b>10</b>
<b>2.2.8.1</b> Hojas.....	<b>10</b>
<b>2.2.8.2</b> Tallo.....	<b>12</b>
<b>2.2.8.3</b> Raíz.....	<b>13</b>

2.2.8.4 Flores y Frutos.....	14
2.2.9 La savia.....	15
2.2.9.1 Valor nutricional.....	15
2.2.9.2 Propiedades terapéuticas.....	16
2.2.9.3 Composición química.....	16
2.2.9.4 Manejo de cosecha.....	17
2.2.9.5 Manejo de pos-cosecha.....	17
2.3 ALCOHOL.....	19
2.3.1 Definición.....	19
2.3.1.1 El etanol.....	19
2.3.2 Licor.....	20
2.3.2.1 Tipos de licores.....	20
2.4 DESTILACIÓN.....	21
2.4.1 Definición.....	21
2.4.1.1 Métodos de destilación.....	22
2.4.2 Rectificación.....	23
2.5 LEVADURAS.....	24
2.5.1 Requerimientos nutricionales de las Levaduras.....	25
2.6 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA.....	25
2.6.1 Ecuación general de la fermentación alcohólica.....	26
2.6.2 Condiciones de fermentación alcohólica.....	26
2.7 HIDRATACIÓN.....	28
2.8 USOS AGROINDUSTRIALES.....	29

### **CAPÍTULO III**

MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1 MATERIALES.....	30
3.1.1 Materia prima.....	30

3.1.2	Insumos.....	30
3.1.3	Equipos.....	30
3.1.4	Materiales.....	30
<b>3.2</b>	<b>MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
3.2.1	Caracterización del área de estudio.....	31
3.2.2	Factores en estudio.....	32
3.2.3	Tratamientos.....	33
3.2.4	Diseño experimental.....	33
3.2.5	Características del experimento.....	33
3.2.6	Unidad experimental.....	34
3.2.7	Análisis de varianza.....	34
3.2.8	Análisis funcional.....	34
3.2.9	Variables evaluadas.....	35
3.2.9.1	Variables cuantitativas.....	35
3.2.9.2	Variables cualitativas.....	37
<b>3.3</b>	<b>MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....</b>	<b>39</b>
3.3.1	Diagrama de bloques para la obtención de licor de savia de penca azul.....	39
3.3.1.1	Primera fase.....	39
3.3.1.2	Segunda fase.....	40
3.3.2	Diagrama de flujo para la obtención de licor de savia de la penca azul.....	41
3.3.2.1	Primera fase.....	41
3.3.2.2	Segunda fase.....	42
3.3.3	Descripción del proceso.....	43
3.3.3.1	En la primera fase.....	43
3.3.3.2	En la segunda fase.....	46

## CAPÍTULO IV

<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>I FASE.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1 ESTADO DE MADUREZ DE LA PENCA AZUL.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1.1 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE SAVIA DE PENCA AZUL.....</b>	<b>51</b>
<b>II FASE.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2 ETAPA DE FERMENTACIÓN.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.1 Sólidos solubles (°Brix) en la etapa inicial de fermentación de la savia de penca azul (1día).....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.2 Sólidos solubles (°Brix) en la etapa final de fermentación de la savia de penca azul (16día).....</b>	<b>55</b>
<b>4.2.3 Variación del porcentaje de sólidos solubles durante la etapa de fermentación.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2.4 pH en la etapa inicial de fermentación de savia de penca azul (1er. día).....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.5 pH en la etapa final de fermentación de la savia de penca azul (16to. día).....</b>	<b>63</b>
<b>4.2.6 Variación del pH durante la etapa de fermentación.....</b>	<b>68</b>
<b>4.2.7 Tiempo durante el proceso de la fermentación.....</b>	<b>69</b>
<b>4.3 PRODUCTO FINAL.....</b>	<b>72</b>
<b>4.3.1 Alcoholes Superiores en el producto final.....</b>	<b>72</b>
<b>4.3.2 Acidez Total en el producto final.....</b>	<b>77</b>
<b>4.3.3 Grado Alcohólico en el producto final.....</b>	<b>83</b>
<b>4.3.4 Rendimiento en el producto final.....</b>	<b>87</b>
<b>4.4 ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO.....</b>	<b>93</b>
<b>4.4.1 Color.....</b>	<b>93</b>
<b>4.4.2 Sabor.....</b>	<b>94</b>
<b>4.4.3 Aspecto.....</b>	<b>94</b>

4.4.4 Olor.....	95
<b>4.5 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS.....</b>	<b>97</b>
<b>4.6 BALANCE DE MATERIALES PARA EL MEJOR TRATAMIENTO.....</b>	<b>99</b>
4.6.1 Balance de materiales para T3 (Cahuasquí, madura, hidratada).....	99

## CAPÍTULO V

<b>5.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>101</b>

## CAPÍTULO VI

<b>6.1 RESUMEN.....</b>	<b>104</b>
<b>6.2 SUMMARY.....</b>	<b>105</b>

## CAPÍTULO VII

<b>7 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106</b>
----------------------------	------------

## CAPÍTULO VIII

<b>8 ANEXOS.....</b>	<b>110</b>
----------------------	------------

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Taxonomía y morfología de la penca azul.....	<b>7</b>
<b>Cuadro 2:</b> Composición química de la penca azul.....	<b>10</b>
<b>Cuadro 3:</b> Composición química de las hojas de penca azul.....	<b>11</b>
<b>Cuadro 4:</b> Composición química del tallo de penca azul.....	<b>13</b>

<b>Cuadro 5:</b> Composición química de la raíz de penca azul.....	<b>14</b>
<b>Cuadro 6:</b> Composición química de la savia de penca azul.....	<b>16</b>
<b>Cuadro 7:</b> Colorimetría de la penca.....	<b>18</b>
<b>Cuadro 8:</b> Ecuación de la fermentación.....	<b>26</b>
<b>Cuadro 9:</b> Ubicación del ensayo en campo.....	<b>31</b>
<b>Cuadro 10:</b> Ubicación del ensayo en laboratorio.....	<b>32</b>
<b>Cuadro 11:</b> Tratamientos en estudio.....	<b>33</b>
<b>Cuadro 12:</b> Esquema del ADEVA.....	<b>34</b>
<b>Cuadro 13:</b> Sólidos solubles en la etapa inicial de fermentación.....	<b>52</b>
<b>Cuadro 14:</b> Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.....	<b>53</b>
<b>Cuadro 15:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización).....	<b>53</b>
<b>Cuadro 16:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez).....	<b>54</b>
<b>Cuadro 17:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción).....	<b>54</b>
<b>Cuadro 18:</b> Sólidos solubles en la etapa final de fermentación.....	<b>55</b>
<b>Cuadro 19:</b> Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.....	<b>56</b>
<b>Cuadro 20:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización).....	<b>57</b>
<b>Cuadro 21:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez).....	<b>57</b>
<b>Cuadro 22:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción).....	<b>58</b>
<b>Cuadro 23:</b> pH en la etapa inicial de fermentación.....	<b>60</b>
<b>Cuadro 24:</b> Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos.....	<b>61</b>
<b>Cuadro 25:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización).....	<b>61</b>
<b>Cuadro 26:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez).....	<b>62</b>
<b>Cuadro 27:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción).....	<b>62</b>
<b>Cuadro 28:</b> pH en la etapa final de fermentación.....	<b>64</b>
<b>Cuadro 29:</b> Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos.....	<b>65</b>
<b>Cuadro 30:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización).....	<b>65</b>
<b>Cuadro 31:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez).....	<b>66</b>
<b>Cuadro 32:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción).....	<b>66</b>
<b>Cuadro 33:</b> Días en el proceso de fermentación.....	<b>69</b>

<b>Cuadro 34:</b> Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos.....	<b>70</b>
<b>Cuadro 35:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez).....	<b>70</b>
<b>Cuadro 36:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción).....	<b>71</b>
<b>Cuadro 37:</b> Alcoholes superiores (Producto final).....	<b>72</b>
<b>Cuadro 38:</b> Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos.....	<b>73</b>
<b>Cuadro 39:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización).....	<b>73</b>
<b>Cuadro 40:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez).....	<b>74</b>
<b>Cuadro 41:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción).....	<b>74</b>
<b>Cuadro 42:</b> Acidez total en el producto final.....	<b>78</b>
<b>Cuadro 43:</b> Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos.....	<b>79</b>
<b>Cuadro 44:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización).....	<b>79</b>
<b>Cuadro 45:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez).....	<b>80</b>
<b>Cuadro 46:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción).....	<b>80</b>
<b>Cuadro 47:</b> Grado alcohólico en el producto final.....	<b>84</b>
<b>Cuadro 48:</b> Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos.....	<b>85</b>
<b>Cuadro 49:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización).....	<b>85</b>
<b>Cuadro 50:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez).....	<b>86</b>
<b>Cuadro 51:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción).....	<b>86</b>
<b>Cuadro 52:</b> Rendimiento en el producto final.....	<b>88</b>
<b>Cuadro 53:</b> Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos.....	<b>89</b>
<b>Cuadro 54:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización).....	<b>89</b>
<b>Cuadro 55:</b> Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez).....	<b>90</b>
<b>Cuadro 56:</b> Prueba del DMS al 5% para el Factor C (Extracción).....	<b>90</b>
<b>Cuadro 57:</b> Análisis de Friedman para las variables de la evaluación sensorial.....	<b>96</b>
<b>Cuadro 58:</b> Análisis físico-químico para T3, T4 y T7.....	<b>97</b>
<b>Cuadro 59:</b> Análisis microbiológico para T3, T4 y T7.....	<b>98</b>

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

<b>Gráfico 1:</b> Usos agroindustriales de la penca azul.....	<b>29</b>
<b>Gráfico 2:</b> °Brix de la savia por el estado de madurez de la penca azul.....	<b>50</b>
<b>Gráfico 3:</b> Volumen de savia por Métodos de extracción de la savia de penca azul.....	<b>51</b>
<b>Gráfico 4:</b> Comparación de sólidos solubles en la etapa inicial de fermentación.....	<b>55</b>
<b>Gráfico 5:</b> Comparación de sólidos solubles en la etapa final de fermentación.....	<b>58</b>
<b>Gráfico 6:</b> Variación del porcentaje de sólidos solubles durante la etapa de fermentación de los ocho Tratamientos.....	<b>59</b>
<b>Gráfico 7:</b> Comparación de pH en la etapa inicial de fermentación.....	<b>63</b>
<b>Gráfico 8:</b> Interacciones entre el factor B (estado de madurez) y el factor C (extracción de savia).....	<b>67</b>
<b>Gráfico 9:</b> Comparación del pH en la etapa final de fermentación.....	<b>67</b>
<b>Gráfico 10:</b> Variación del pH durante la fermentación.....	<b>68</b>
<b>Gráfico 11:</b> Días para la fermentación en los ocho tratamientos.....	<b>71</b>
<b>Gráfico 12:</b> Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor B (estado de madurez).....	<b>75</b>
<b>Gráfico 13:</b> Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor C (extracción).....	<b>76</b>
<b>Gráfico 14:</b> Interacciones entre el factor B (estado de madurez) y el factor C (extracción).....	<b>76</b>
<b>Gráfico 15:</b> Comparación del tiempo de destilación en el producto final.....	<b>77</b>
<b>Gráfico 16:</b> Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor B (estado de madurez).....	<b>81</b>
<b>Gráfico 17:</b> Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor C (extracción).....	<b>82</b>

<b>Gráfico 18:</b> Interacciones entre el factor B (estado de madurez) y el factor C (extracción).....	<b>82</b>
<b>Gráfico 19:</b> Comparación de la acidez total en el producto final.....	<b>83</b>
<b>Gráfico 20:</b> Comparación del grado alcohólico entre tratamientos.....	<b>87</b>
<b>Gráfico 21:</b> Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor B (estado de madurez).....	<b>91</b>
<b>Gráfico 22:</b> Interacciones entre el factor B (estado de madurez) y el factor C (extracción).....	<b>92</b>
<b>Gráfico 23:</b> Comparación del rendimiento en el producto final.....	<b>92</b>
<b>Gráfico 24:</b> Caracterización del color en el producto terminado.....	<b>93</b>
<b>Gráfico 25:</b> Caracterización del sabor en el producto terminado.....	<b>94</b>
<b>Gráfico 26:</b> Caracterización del aspecto en el producto terminado.....	<b>95</b>
<b>Gráfico 27:</b> Caracterización del olor en el producto terminado.....	<b>96</b>

## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

<b>Fotografía 1:</b> Penca Azul.....	<b>6</b>
<b>Fotografía 2:</b> Hojas de penca azul.....	<b>10</b>
<b>Fotografía 3:</b> Tallo de penca azul.....	<b>12</b>
<b>Fotografía 4:</b> Raíz de penca azul.....	<b>13</b>
<b>Fotografía 5:</b> Savia de penca azul.....	<b>15</b>
<b>Fotografía 6:</b> Potenciómetro.....	<b>35</b>
<b>Fotografía 7:</b> Refractómetro.....	<b>35</b>
<b>Fotografía 8:</b> Alcohólímetro.....	<b>36</b>
<b>Fotografía 9:</b> Cortado de hojas.....	<b>43</b>
<b>Fotografía 10:</b> Hoyado en el tallo.....	<b>44</b>
<b>Fotografía 11:</b> Hidratación del tallo.....	<b>44</b>
<b>Fotografía 12:</b> Raspado.....	<b>45</b>
<b>Fotografía 13:</b> Reposo.....	<b>45</b>

<b>Fotografía 14:</b> Recepción.....	<b>46</b>
<b>Fotografía 15:</b> Fermentación.....	<b>47</b>
<b>Fotografía 16:</b> Destilación.....	<b>47</b>
<b>Fotografía 17:</b> Rectificación.....	<b>48</b>
<b>Fotografía 18:</b> Muestras para análisis.....	<b>48</b>
<b>Fotografía 19:</b> Etiqueta.....	<b>49</b>
<b>Fotografía 20:</b> Producto final.....	<b>49</b>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO 1:</b> Análisis químico de la penca azul ( <i>Agave americana</i> ).....	<b>110</b>
<b>ANEXO 2:</b> Análisis físico-químico de los tres mejores tratamientos; T3, T4 y T7 (Producto final).....	<b>111</b>
<b>ANEXO 3:</b> Análisis microbiológico de la savia del mejor tratamiento T3.....	<b>112</b>
<b>ANEXO 4:</b> Análisis microbiológico de los tres mejores tratamientos; T3, T4, T7 (Producto final).....	<b>113</b>
<b>ANEXO 5:</b> Guía instructiva para evaluar el licor de penca azul.....	<b>114</b>
<b>ANEXO 6:</b> Valoración de las características de sabor, color, olor y aspecto según los catadores.....	<b>116</b>
<b>ANEXO 7:</b> Análisis de varianza de todas las variables.....	<b>118</b>
<b>ANEXO 8:</b> Resultados del pH y porcentaje de sólidos solubles de los 8 tratamientos durante la fermentación.....	<b>123</b>
<b>ANEXO 9:</b> Ubicación del proyecto en la 1ra fase; (en el campo).....	<b>124</b>
<b>ANEXO 10:</b> NORMA INEN; Bebidas alcohólicas, determinación de la acidez.....	<b>125</b>
<b>ANEXO 11:</b> NORMA INEN; Alcohol etílico rectificado.....	<b>126</b>
<b>ANEXO 12:</b> Resultados de la I fase.....	<b>127</b>
<b>ANEXO 13:</b> Glosario.....	<b>128</b>

## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial se ha incrementado la demanda de nuevos productos agrícolas que apuntan hacia la calidad, lo cual ha dado oportunidad al desarrollo de cultivos no tradicionales. La apertura de mercados de bebidas alcohólicas, así como el buen precio que se paga por ellas, ha generado una situación ventajosa para aquellos países donde la diversidad agroclimática permite cultivar ciertas especies, como es el caso del agave azul, que se cultiva en México y del cual se extrae tequila. A esta planta se le conoce en Ecuador como penca azul.

A nivel nacional, la producción de alcohol etílico según el *Banco Central del Ecuador*, ha crecido a una tasa promedio anual de 4,04%. Las exportaciones de alcohol etílico de más de 80°GL en los últimos cinco años ha tenido un comportamiento creciente a una tasa promedio anual de más del 11% en su volumen, siendo Colombia el principal mercado de exportación con un volumen de 13,71 (TM) que representa el 98,80% de exportación total en el 2001, con un precio promedio de USD 0,55 por litro de etanol en el 2005. No se han emitido datos sobre la producción de alcohol etílico en los últimos años.

En Ecuador, en todo el callejón interandino existe penca azul formando parte de los linderos, en zonas áridas. Esta variedad de penca resiste las sequías y evita la erosión de suelos. Actualmente las comunidades del país consumen una bebida obtenida por fermentación natural del tallo de penca azul, llamada (*chahuarmishqui*), dicha bebida

es consumida en estado fresco, debido a sus ventajas medicinales ante los resfríos, afecciones bronquiales, artritis, descalcificación de los huesos, reumatismo, reconstituyente cerebral, problemas de anemia y agotamiento.

El Gobierno municipal de Urcuquí, vio necesario realizar un estudio sobre la rentabilidad en el aprovechamiento de la penca azul, razón por la cual se realizó esta investigación que se propuso dar valor agregado a la penca azul, por medio de la producción de bebidas alcohólicas. Se experimentó tecnologías acordes al sitio de producción. Se tuvo como proyección aprovechar las superficies de terreno que no disponen de riego, para así establecer cultivos técnicos de penca azul.

Se elaboró un producto obtenido del proceso de fermentación, destilación y rectificación de alcohol, proveniente de la savia existente en el tallo de penca azul, en dos estados de madurez de la planta, dos métodos de extracción de savia y en dos localidades: Cahuasquí y Tumbabiro, parroquias del cantón Urcuquí. La finalidad fue obtener el mejor rendimiento y calidad de bebida alcohólica, intensificando así las prácticas agroindustriales y promoviendo el cultivo de dicha planta. Se buscó así mismo generar mejores estándares de vida, divisas y puestos de trabajo.

La inversión y promoción de este tipo de cultivo, incrementará los ingresos económicos de las personas dedicadas a la actividad productiva. Muy probablemente se reducirán los índices de desempleo y la migración que existen actualmente.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Obtener licor de savia de penca azul (*Agave americana*).

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la penca azul en sus partes principales.
- Determinar el estado de madurez de la planta para la extracción de savia para obtener licor.
- Establecer el método de extracción de savia que mejor rendimiento y calidad de licor genere.
- Definir el mejor tratamiento obtenido durante la investigación con base en el rendimiento y calidad de licor obtenido.
- Identificar el rendimiento y calidad del licor de la penca azul proveniente de dos localidades (Tumbabiro y Cahuasquí).
- Evaluar las características de calidad del licor de la penca azul mediante análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.

### **1.3 HIPÓTESIS**

Hi: El rendimiento y calidad del licor de penca azul se ven afectados por la localidad de donde proviene, el grado de madurez y los métodos de extracción.

Ho: El rendimiento y calidad del licor de penca azul no se ven afectados por la localidad de donde proviene, el grado de madurez y los métodos de extracción.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

Según la historia de los usos y beneficios de la penca, agave o maguey, se remonta a unos 300 años AC y 150 años DC. Tuvo mucha importancia en la agricultura de Mesoamérica, considerado como un cacto utilizado para elaborar un tipo de cerveza que también fue objeto de comercio.

La penca fue utilizada por nuestros antepasados para obtener el llamado chahuarmishqui, el mismo que era consumido diariamente como parte de la dieta alimentaria debido a su alto contenido nutritivo, esto lo demuestran nuestros ancianos a través de la longevidad y fortaleza para el trabajo en el campo. De igual manera, se utilizaba el tallo en la construcción de casas, especialmente en los techos y paredes, pero con el transcurso del tiempo estos usos han cambiado, debido a la presencia de productos introducidos y otros factores como la aculturación.

En México, en las primeras décadas del siglo XIX dio inicio a la producción de tequila (producto derivado de la penca), lo que hoy constituye una de las más importantes industrias de los Estados de Jalisco, Guanajuato y Tequila; de igual manera, se utiliza la fibra para hacer toda clase de cuerdas, esteras y productos afines (Grupo Diplomado de Nabon, 2005).

## 2.2 PENCA AZUL (*Agave americana*)

### 2.2.1 Descripción botánica



**Fotografía 1:** Penca Azul

El género *Agave* está compuesto por plantas nutritivas pertenecientes a una extensa familia botánica del mismo nombre: Agavaceae. Se les conoce con el nombre común de agave, pita, maguey, cabuya, mezcal. Se reconocen más de 200 especies pertenecientes a este género con una gran diversidad en cuanto a formas, tamaños, colores y estrategias de vida, suele florecer sólo una vez en su vida, entre los 10 y los 25 años de edad.

Algunas plantas mueren tras la floración, aunque sus rizomas pueden originar plantas nuevas, puede considerarse una planta xerófita, pues soporta bien a las sequías, almacenando en sus hojas, el agua que necesita para su conservación durante la estación de lluvias (Briseño, 2006).

### 2.2.2 Taxonomía y Morfología

La penca azul pertenece a la familia Agavaceae y por tanto es *Agave* el género tipo representante de esta familia. Su taxonomía se indica en el cuadro 1.

**Cuadro 1: Taxonomía y morfología de la penca azul**

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Clase:</b>	Liliopsida (Monocotiledóneas)
<b>Subclase:</b>	Liliidae
<b>Orden:</b>	Liliales
<b>Familia:</b>	Agaváceas
<b>Género:</b>	<i>Agave</i>
<b>Especie:</b>	<i>Agave americana</i>
<b>Nombre Científico:</b>	<i>Agave americana</i>
<b>Nombre Común:</b>	Penca azul
<b>División</b>	Magnoliophyta

**Fuente:** BRISEÑO, O. (2006).

### 2.2.3 Aspectos fisiológicos en la penca azul

La penca azul presenta metabolismo ácido de las crasuláceas (MAC); este metabolismo se caracteriza porque los estomas se mantienen abiertos durante la noche para absorber bióxido de carbono, en tanto que en el día los estomas permanecen cerrados para evitar la pérdida de humedad, almacenan el bióxido de carbono que fijan durante el periodo de oscuridad en forma de ácidos orgánicos, por lo cual tienden a incrementar la acidez por las noches.

El metabolismo (MAC) es un mecanismo de adaptación de las plantas de zonas áridas para facilitar la fotosíntesis y ahorrar agua.

#### **2.2.4 Exigencias del Cultivo**

- **Agro-ecológicas**

- Clima: seco- cálido.
- Temperatura promedio: 20°C.
- Pluviosidad: 500 mm anuales
- Altitud: 1500 y 2000 msnm
- Suelo: volcánico, arcilloso, rico en basalto y hierro.

- **Requerimientos ecológicos**

La penca azul es una planta extremadamente resistente a las sequias y de enorme adaptabilidad, por lo tanto crece en todo tipo de ambientes excepto en los climas de montaña.

- **Ambiente**

El ambiente óptimo de la penca azul son los terrenos muy soleados, pero también crece aunque no esté a pleno sol, alcanzando un menor desarrollo de dicha planta.

- **Humedad**

Si la planta está en un terreno no necesita riego, es suficiente con el agua de lluvia; pero si la planta esta sembrada en una maceta necesita regadío frecuente.

- **Suelos**

Permeables y arenosos

### 2.2.5 Sistemas de Propagación

- **In vitro:** Los hijuelos se obtienen a partir de tejido de la penca, mediante tratamientos realizados a nivel laboratorio.
- **Apomixis:** Esta es una forma de reproducción asexual, es decir, participa solamente uno de los gametos para la generación del embrión.
- **Por germinación de semillas:** Se cultivan en vivero semillas previamente acondicionadas para después ser trasplantadas a otra zona de cultivo.
- **Por rizomas:** Un rizoma es un tallo subterráneo horizontal, presenta hojas parecidas a escamas, nudos, internudos y yemas a partir de la cuales surgen nuevas plantas (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2002).

### 2.2.6 Etapas del Cultivo

- Desarrollo de la plantación: 10 a 20 años de edad.
- Inicio de la cosecha: al séptimo año.
- Vida económica: perenne.

### 2.2.7 Composición química de la penca azul

La penca azul es una planta que se caracteriza por poseer en su composición los elementos que se mencionan en el cuadro 2.

**Cuadro 2: Composición química de la penca azul**

Componentes	Cantidad	Unidad
Humedad	78,18	%
Proteína	1,05	%
Grasa	0,17	%
Ceniza	1,66	%
Fibra	12,22	%
Carbohidratos T.	6,72	%
Energía	32,61	Kcal/100g

**Fuente:** LUZURIAGA, O. 2010, Quito-Ecuador. Labolab.

### 2.2.7 Caracterización de la penca azul

#### 2.2.8.1 Hojas



**Fotografía 2:** Hojas de penca azul

Las hojas de la agave son grandes, gruesas y carnosas y pueden almacenar cantidades considerables de agua; alcanzan hasta 4m de diámetro y 2m de alto, saliendo todas desde el centro donde permanecen enrolladas a un tallo central a partir del cual se van formando hasta su separación.

Son de color verde-azulado o blanco-grisáceo, cubiertas de una cutícula lisa o levemente áspera, con espinas en su borde de casi 2cm muy agudas y finas. Todas las hojas terminan en el ápice en una aguja fina de unos 5cm de longitud y de hasta 1cm de ancho en su parte menos extrema y son de color café oscuro o grisáceo (Briseño, 2006).

**Cuadro 3: Composición química de las hojas de penca azul**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Humedad	75,11	%
Proteína	1,05	%
Grasa	0,06	%
Ceniza	3,45	%
Fibra	17.24	%
Carbohidratos T.	3,09	%
Esteroles	0.18	mg
Terpenos	0.02	mg
Fe	1.4	mg
Ca	2.4	mg
P	18	mg

**Fuente:** LUZURIAGA, O. 2010, Quito-Ecuador. Labolab.

### 2.2.8.2 Tallo (piña)



**Fotografía 3:** Tallo de penca azul

La Sub-Familia Agavoidea se caracteriza por presentar rizoma o tallo derecho con hojas fibrosas dispuestas en roseta. El tallo es único, no ramificado, generalmente oculto por las hojas en su etapa inmadura, se le descubre cuando las hojas son cortadas.

El tallo suele ser muy corto, por lo que las hojas aparentan surgir de la raíz. Del vértice del tallo, en el centro de la gigantesca roseta, surge verticalmente hacia arriba el tallo floral que llega a medir de 6 a 8m de altura.

Cuando empieza a crecer el tallo floral, éste es cortado. La planta reacciona con un crecimiento en la parte central del fuste, éste se hincha significativamente, agrupándose allí una gran cantidad de azúcares.

**Cuadro 4: Composición química del tallo de penca azul**

Componentes	Cantidad	Unidad
Humedad	76,68	%
Proteína	0,97	%
Grasa	0,06	%
Ceniza	4,36	%
Fibra	14,21	%
Carbohidratos T.	3,72	%
Esteroles	0.20	mg
Terpenos	0.01	mg
Fe	1,2	mg
Ca	3	mg
P	16	mg

**Fuente:** LUZURIAGA, O. 2010, Quito-Ecuador. Labolab.

### 2.2.8.3 Raíz



**Fotografía 4:** Raíz de penca azul

La familia de Amarilidáceas comprende plantas de raíz bulbosa o fibrosa. La penca azul es una planta adaptada a condiciones de aridez por poseer raíces amplias, robustas, superficiales y ramificadas; cutícula gruesa y succulencia; estomas hundidas; metabolismo fotosintético y metabolismo ácido de crasuláceas son algunos de los atributos que le permiten establecerse en zonas carentes de agua.

**Cuadro 5: Composición química de la raíz de penca azul**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Humedad	73,98	%
Proteína	1,02	%
Grasa	0,10	%
Ceniza	2,26	%
Fibra	22,64	%
Taninos	14.6	g
Saponinas	6,72	g
Esteroles	4,52	g
Mg	1.8	mg

**Fuente:** LUZURIAGA, O. 2010, Quito-Ecuador. Labolab.

#### **2.2.8.4 Flores y Frutos**

La penca azul también posee flores y frutos, pero para nuestro estudio no son necesarias dichas partes, ya que a partir de la aparición de las inflorescencias todos los nutrimentos presentes en el tallo (piña) se destinan a la alimentación de los frutos que aparecerán posteriormente, siendo por lo tanto inapropiado para la obtención del licor (Briseño, 2006).

### 2.2.9 La savia (*chahuarmishqui*)



**Fotografía 5:** Savia de penca azul

La savia es un exudado que se obtiene de la penca azul, contiene gran cantidad de azúcares. Es un producto de aspecto líquido, de sabor dulce agradable, de olor característico, con colores que varían de blanco tenue a amarillo claro. De acuerdo con estudios realizados se sabe que desde la antigüedad hasta nuestros días, este producto es aprovechado únicamente por sus propiedades curativas y organolépticas; porque los aztecas lo consideraban como uno de los dioses de la medicina. En Ecuador solamente lo aprovechan pobladores que conocen la forma de obtención (Pimienta, Zañudo, García y Nobel, 2006, p.21-23).

Este autor destaca que se obtiene una savia fluida y azucarada en las pendientes secas de los cerros y en conglomerados calizos sueltos; mientras que en las mesetas, suelos arenosos y lugares planos, la savia que se obtiene es espesa y menos azucarada.

#### 2.2.9.1 Valor nutricional

Las pencas son ricas en agua y contienen además sales minerales (calcio, fósforo, hierro) y vitaminas sobre todo la vitamina C. Estudios señalan que 100gr de savia contienen 0,02gr de extracto no nitrogenado y 0,4 % de proteínas y es importante por su composición en aminoácidos esenciales como: lisina, triptófano, histidina,

fenilalanina, etc., contiene vitaminas del complejo B, niacina (0,2 a 0,5mg), tiamina y riboflavina, además de Fe, Ca, y P (Briseño, 2006).

### 2.2.9.2 Propiedades terapéuticas

La sabia de la penca azul, se usa para fortalecer los huesos, obturar heridas, calmar el dolor, curar inflamaciones, posee propiedades astringentes y calmantes. Se emplea como antirreumático, diurético, laxante; para resfríos, afecciones bronquiales, artritis, reconstituyente cerebral, problemas anémicos y agotamiento. Se toma vía oral según, (ONG, FEDE, ONU, 2005).

### 2.2.9.3 Composición química

La composición química de la savia se detalla en el cuadro 6, (ver anexo 1).

**Cuadro 6: Composición química de la savia de penca azul**

Componentes	Cantidad	Unidad
Humedad	92,4	g
Calorías	25	Kcal/100g
Proteína	0,5	g
Extracto Etéreo	0,1	g
Carbohidratos T.	6,6	g
Fibra	0,0	g
Ceniza	0,4	g
Ca	4	mg
P	18	mg
Fe	1,5	mg
Caroteno	0,00	mg
Tiamina	0,02	mg
Riboflavina	0,01	mg
Niacina	0,20	mg
Ac. Ascórbico	7,2	mg

**Fuente:** Tabla de Composición de los alimentos Ecuatorianos. 1995. Ibarra-Ecuador UTN. F.C.C.S. Escuela de Nutrición y Salud comunitaria.

#### **2.2.9.4 Manejo de cosecha**

En el Ecuador no existen cultivos técnicos de la penca azul, pero sí con la intención de formar cercas vivas que sirvan de referencia como linderos de las diferentes propiedades. De igual manera para contrarrestar en parte la erosión de los suelos, aspirando a formar terrazas.

Por experiencia los agricultores manifiestan que la penca es una planta extremadamente resistente y de enorme adaptabilidad, por lo que prospera en todo tipo de ambientes; en posición muy soleada, aunque también crece a pesar de que no esté a pleno sol, no requiere de regadío, control químico, ni de cuidados especiales para su producción. Para la selección de una planta se debe considerar su color que debe ser azul, lo cual identifica a las plantas jóvenes y vigorosas (Cybertesis, 2005).

No se conoce de una plaga que ataque a la penca azul, últimamente se le considera como una amenaza la expansión del kikuyo cuando está asociado con la penca por cuanto no le permite desarrollarse (Grupo Diplomado de Nabon, 2005).

#### **2.2.9.5 Manejo de pos-cosecha**

Cuando la planta llega a su madurez, comienza a engrosarse el meristemo central, anunciando la formación del retoño florífero. Esto ocurre según los informantes, en un tiempo que va de cinco a siete años, lo que parece condicionado por la calidad del terreno y las condiciones climáticas.

Para la producción de licor se debe tomar en cuenta según (Pimienta, Zañudo, García y Nobel, 2006, p.55), el estado de madurez de la planta para lo cual se han establecido los siguientes índices:

- 1) Estado semi-maduro o sazón.- Es cuando la planta presenta una coloración parda en la base del penca.
- 2) Estado maduro o de pabilo.- Se conoce porque hay presencia de hojas secas en la base del penca, y las demás hojas presentan un color verde amarillento.
- 3) Estado sobre-maduro o capón.- Cuando crece el tallo y presenta inflorescencia, como se indica en el cuadro 4.

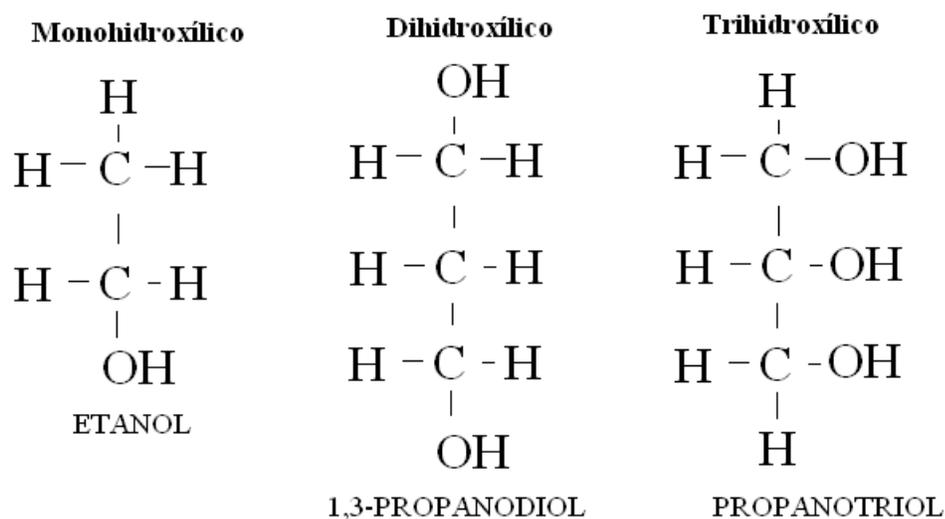
### Cuadro 7: Colorimetría de la penca azul



## 2.3 ALCOHOL

### 2.3.1 Definición

Los alcoholes son una serie de compuestos que poseen un grupo hidroxilo, -OH, unido a una cadena carbonada; este grupo OH está unido en forma covalente.



Los alcoholes tienen uno, dos o tres grupos de hidróxido (-OH) enlazados a sus moléculas, por lo que se clasifican en monohidroxílicos, dihidroxílicos y trihidroxílicos, respectivamente. El metanol y el etanol son alcoholes monohidroxílicos (Cybertesis, 2005).

#### 2.3.1.1 El Etanol

El alcohol etílico o etanol, de fórmula  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , es un líquido transparente e incoloro, con sabor a quemado y un olor agradable característico. Normalmente el etanol se concentra por destilación de disoluciones diluidas. El de uso comercial contiene un 95% en volumen de etanol y un 5% de agua.

Ciertos agentes deshidratantes extraen el agua residual y producen etanol absoluto. El etanol tiene un punto de fusión de  $-114,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , un punto de ebullición de  $78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una densidad relativa de  $0,789\text{ g/cc}$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Encarta, 2006).

### **2.3.2 Licor**

Las bebidas destiladas son las descritas generalmente como aguardientes y licores; sin embargo, la destilación agrupa a la mayoría de licores que superen los  $20^{\circ}$  de carga alcohólica. Generalmente, los materiales de los que se parte para la elaboración de un licor destilado, son alimentos dulces en su forma natural como la caña de azúcar, la miel, leche, frutas maduras, etc. y aquellos que pueden ser transformados en melazas y azúcares.

Los licores que se producen por medio de la fermentación son la cerveza (que contiene generalmente  $5\%$  de alcohol), el vino ( $12$  a  $15\%$  de contenido de alcohol) y los licores fuertes ( $45\%$  de su contenido equivale a alcohol) (Cybertesis, 2005).

#### **2.3.2.1 Tipos de licores**

Dentro del amplio universo de los licores existen tres grandes grupos:

Por su forma de elaboración.-

- Aquellos con una sola hierba predominando en su sabor y aroma.
- Los que están elaborados a partir de una sola fruta, por ende sabor y aroma.
- Los producidos a partir de mezclas de frutas y/o hierbas.

Por su combinación de alcohol/azúcar.-

- Extra seco: hasta  $12\%$  de endulzantes.

- Seco: con 20-25% de alcohol y de 12-20% de azúcar.
- Dulce: con 25-30% de alcohol y 22-30% de azúcar.
- Fino: con 30-35% de alcohol y 40-60% de azúcar.
- Crema: con 35-40% de alcohol y 40-60% de azúcar.

De acuerdo al numero de sustancias aromáticas y saborizantes.-

- Simples: cuando se elaboran con una sola sustancia, aunque se utilicen pequeñas cantidades de otras, para mejorar el sabor o potenciar el aroma.
- Mixtos: son los que llevan, en distintas proporciones, pero con igual importancia, varios ingredientes (Secretosabuela, 2003).

## **2.4 DESTILACIÓN**

### **2.4.1 Definición**

Proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. El objetivo principal de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles. La finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil en forma pura. Por ejemplo, la eliminación del agua del alcohol evaporando el alcohol se llama destilación (Soria y Jaramillo, 2007, p.35-36).

El alcohol se evapora a partir de los 78°C, el corazón (término que se le da al licor, apto para el consumo humano), entra en ebullición a partir de los 78 a 90°C con una concentración de 64 a 45% de alcohol, la cabeza (término que se la da a la primera sustancia que sale del destilado, de sabor amargo, no apto para el consumo humano), entra a ebullición a partir de los 55°C y tiene mas de 65 °GL.

Las cabezas contienen componentes volátiles que se destilan antes que el etanol, con un punto de ebullición inferior a los 78°C, como metanol, isopropanol y acetato de etilo, y las colas (término que se le da a la sustancia final del destilado), contiene impurezas, alcoholes menos volátiles; como amílico y algunos ésteres que se destilan después del etanol a una temperatura superior a los 90°C.

#### **2.4.1.1 Métodos de destilación**

##### **Destilación fraccionada**

La destilación fraccionada se utiliza cuando la mezcla de productos líquidos que se pretende destilar contiene sustancias volátiles de diferentes puntos de ebullición con una diferencia entre ellos menor a 80 °C.

Al calentar una mezcla de líquidos de diferentes presiones de vapor, el vapor se enriquece en el componente más volátil y esta propiedad se aprovecha para separar los diferentes compuestos líquidos mediante este tipo de destilación.

El rasgo más característico de este tipo de destilación es que necesita una columna de fraccionamiento.

##### **Destilación por vapor**

Si dos líquidos insolubles se calientan, ninguno de los dos es afectado por la presencia del otro (mientras se les remueva para que el líquido más ligero no forme una capa impenetrable sobre el más pesado) y se evaporan en un grado determinado solamente por su propia volatilidad. Por lo tanto, dicha mezcla siempre hierve a una temperatura menor que la de cada componente por separado.

El porcentaje de cada componente en el vapor sólo depende de su presión de vapor a esa temperatura. Este principio puede aplicarse a sustancias que podrían verse perjudicadas por el exceso de calor si fueran destiladas en la forma habitual.

### **Destilación al vacío**

Para destilar sustancias a temperaturas por debajo de su punto normal de ebullición es evacuar parcialmente el alambique. Este método es tan efectivo como la destilación por vapor, pero más caro. Cuanto mayor es el grado de vacío, menor es la temperatura de destilación. Si la destilación se efectúa en un vacío prácticamente perfecto, el proceso se llama destilación molecular. Este proceso se usa normalmente en la industria para purificar vitaminas y otros productos inestables. Se coloca la sustancia en una placa dentro de un espacio evacuado y se calienta. El condensador es una placa fría, colocada tan cerca de la primera como sea posible. La mayoría del material pasa por el espacio entre las dos placas, y por lo tanto se pierde muy poco.

### **Sublimación**

Si se destila una sustancia sólida, pasándola directamente a la fase de vapor y otra vez a la fase sólida sin que se forme un líquido en ningún momento, el proceso se llama sublimación. La sublimación no difiere de la destilación en ningún aspecto importante, excepto en el cuidado especial que se requiere para impedir que el sólido obstruya el aparato. La rectificación de dichos materiales es imposible. El yodo se purifica por sublimación (Alambiques, 1998).

#### **2.4.2. Rectificación**

Al producto obtenido en la operación de la destilación, se le llama “ordinario” con una graduación baja, luego se vuelve a repetir una segunda destilación llamándose este producto “licor”, con el fin de elevar su contenido de alcohol. A este proceso se le conoce como rectificación o refinación.

Aquí el control del calor debe ser más estricto que en la destilación, debido que no existe barrera alguna que detenga la salida violenta de vapor, existiendo mayor probabilidad de pérdidas de alcohol. El alcohol de salida va desde lo 80° G.L. hasta la obtención de agua destilada, la cual se conoce con el nombre de “cola”.

Se pueden efectuar dos procedimientos: el método discontinuo, que consiste en rectificar en un aparato apropiado un volumen determinado de ordinario, separando sucesivamente los productos de alcohol y los productos de cola; y el método continuo en el cual se rectifica el ordinario en un aparato continuo especial donde se extraen regularmente y sin interrupción las impurezas que arrastra la alimentación continua del mismo (Tecnologíaslimpas, 2007).

## **2.5 LEVADURAS**

Este grupo comprende multitud de microorganismos, los cuales tienen en común el carecer de clorofila, ser unicelulares y microscópicos. Se encuentran muy difundidos en la naturaleza, en mayor abundancia en las capas que están a nivel del suelo, en el polvo y en las frutas en general.

Las levaduras son microorganismos mesófilos, estos hacen que la fermentación pueda tener lugar en un rango de temperaturas desde los 13 y 14 °C hasta 33 y 35 °C. Dentro de este intervalo, cuanto mayor sea la temperatura mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la proporción de productos secundarios.

Sin embargo, a menor temperatura es más fácil conseguir un mayor grado alcohólico, ya que las altas temperaturas hacen fermentar más rápido a las levaduras llegando a agotarlas antes. Pozo y Gallegos (2006).

### **2.5.1 Requerimientos nutricionales de las levaduras**

De las fuentes de carbono y energía que pueden emplear las levaduras figuran en primer lugar la glucosa y la sacarosa, aunque también pueden emplearse fructuosa, galactosa, maltosa y suero hidrolizado. El nitrógeno asimilable debe administrarse en forma de amoníaco, úrea o sales de amonio.

Se puede decir que el 96% de la producción de etanol la llevan a cabo hongos microscópicos, diferentes especies de levaduras, entre las que se encuentran principalmente *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces fragilis*, *Torulaspota* y *Zymomonas mobilis*.

## **2.6 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA**

La fermentación alcohólica es aquel fenómeno, estrechamente ligado con la actividad vital de las levaduras presentes en el mosto y reguladas por su carga enzimática, por lo cual los azúcares originariamente presentes dan origen a alcohol, anhídrido carbónico y otros productos secundarios (Sánchez, 2003, p.135).

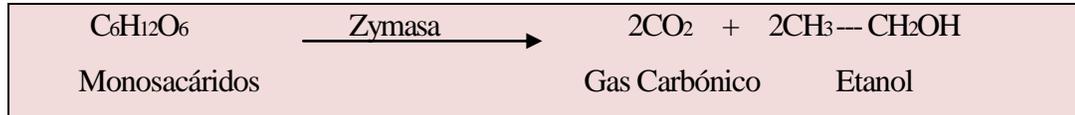
El proceso de la fermentación inicia en la penca azul, donde se encuentran microorganismos autóctonos como levaduras, bacterias lácticas, bacterias productoras de etanol y bacterias productoras de ex-polisacáridos. Estos microorganismos transforman de manera natural parte de los azúcares disponibles en la savia.

A medida que pasa el tiempo se presentan cambios importantes como un incremento en el porcentaje de etanol y formación de ex-polisacáridos como b-glucanos y dextranos; que generan un incremento en la viscosidad, transformado el fluido líquido a uno mas espeso (Jay, Loessner y Golden, 2009, p.126).

### 2.6.1 Ecuación general de la fermentación alcohólica

La ecuación general de la fermentación alcohólica se indica en el cuadro 8.

**Cuadro 8: Ecuación de la fermentación**



En importancia el  $CO_2$  representa el segundo producto de la fermentación alcohólica. Según la cepa de levadura utilizada se puede considerar un rendimiento medio de gas carbónico de 0,4 a 0,5g de  $CO_2$  por gramos de azúcares degradados.

Para el cálculo del  $CO_2$  tenemos que los 20 Kg de savia que entra a proceso presentan un 45% de azúcares fermentables.

$20 \text{ Kg} \times 0.45 = 9 \text{ Kg}$  de azúcar fermentable.

De la reacción de fermentación, por estequiometría: el 48,9 % del azúcar se convierte en  $CO_2$ , entonces:

$(9 \text{ Kg} \times 0,489) = 4,401 \text{ Kg}$  de  $CO_2$  que salen.

Monosacáridos =  $CO_2$  + Etanol

Así:  $9\text{Kg} = 4,401\text{Kg} + 4,599 \text{ Kg}$

### 2.6.2 Condiciones de fermentación alcohólica

Los factores que se deben tener en cuenta según [Panamá, (1978), p. 26-28] para que la fermentación se lleve a cabo en condiciones óptimas son:

- ✓ Cultivo iniciador.- en caso de utilizar levaduras incorporar de acuerdo a las indicaciones especificadas en cada tipo. No se recomienda superar las dosis ya que se corre el riesgo de obtener un proceso excesivamente rápido con

rendimientos menores como graduación alcohólica y calidad del producto terminado.

- ✓ El pH del mosto.- La fermentación continúa satisfactoriamente cuando el pH del mosto ha sido ajustado entre 4 y 4,5. Este pH favorece a las levaduras y es lo suficientemente bajo para inhibir el desarrollo de muchos tipos de bacterias.
- ✓ Concentración del azúcar.- una concentración de azúcar de 11 al 15% es satisfactoria, aunque a veces se emplean concentraciones demasiado altas que actúan de forma adversa sobre las levaduras; pues el alcohol producido puede inhibir su acción. Usar bajas concentraciones de azúcar tampoco resulta económico ya que origina pérdidas por espacio de fermentación.
- ✓ Cantidad de oxígeno.- Aunque la producción de alcohol no requiere oxígeno, en los primeros momentos de la fermentación es necesario una gran cantidad de este gas para la reproducción de las células de levadura en condiciones óptimas. Durante la fermentación pronto se desprende dióxido de carbono y se restablece fácilmente las condiciones anaerobias.
- ✓ Temperatura.- las levaduras son microorganismos mesófilos, esto hace que la fermentación pueda tener lugar en un rango de temperaturas desde los 13 - 14°C hasta los 33-35°C.

Dentro de este intervalo, cuanto mayor sea la temperatura mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la producción de productos secundarios. Sin embargo, a menor temperatura es más fácil conseguir un mayor grado alcohólico, ya que las altas temperaturas hacen fermentar más rápido a las levaduras llegando a agotarles antes.

Pasteur demostró en 1872 que ciertos fermentos que viven a expensas del oxígeno del aire, cuando se introducen en líquidos azucarados, se apoderan del oxígeno del

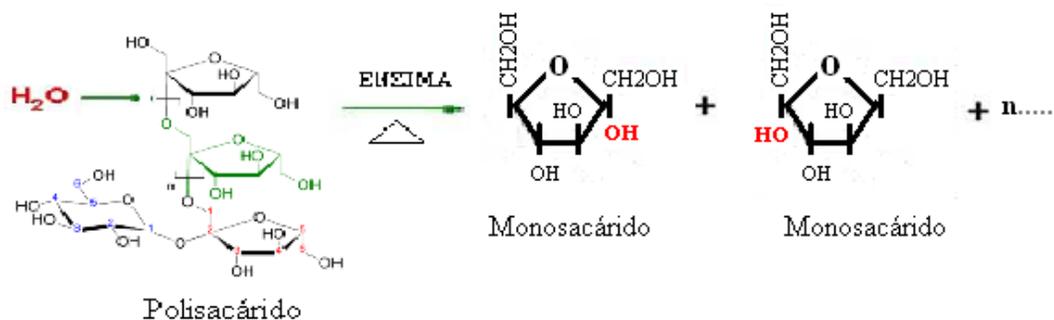
azúcar, viviendo a sus expensas y descomponiéndolo en alcohol y CO<sub>2</sub> (Jay, Loessner y Golden, 2009, p.147).

## 2.7 HIDRATACIÓN

La hidratación es la combinación de un cuerpo o compuesto químico con el agua. El agua es esencial para la vida debido a su influencia en las diversas funciones de las células animales y vegetales porque constituye el medio indispensable para que pueda producirse la normal absorción, transporte y utilización del resto de los nutrientes de los alimentos, además de participar en la regulación de la temperatura.

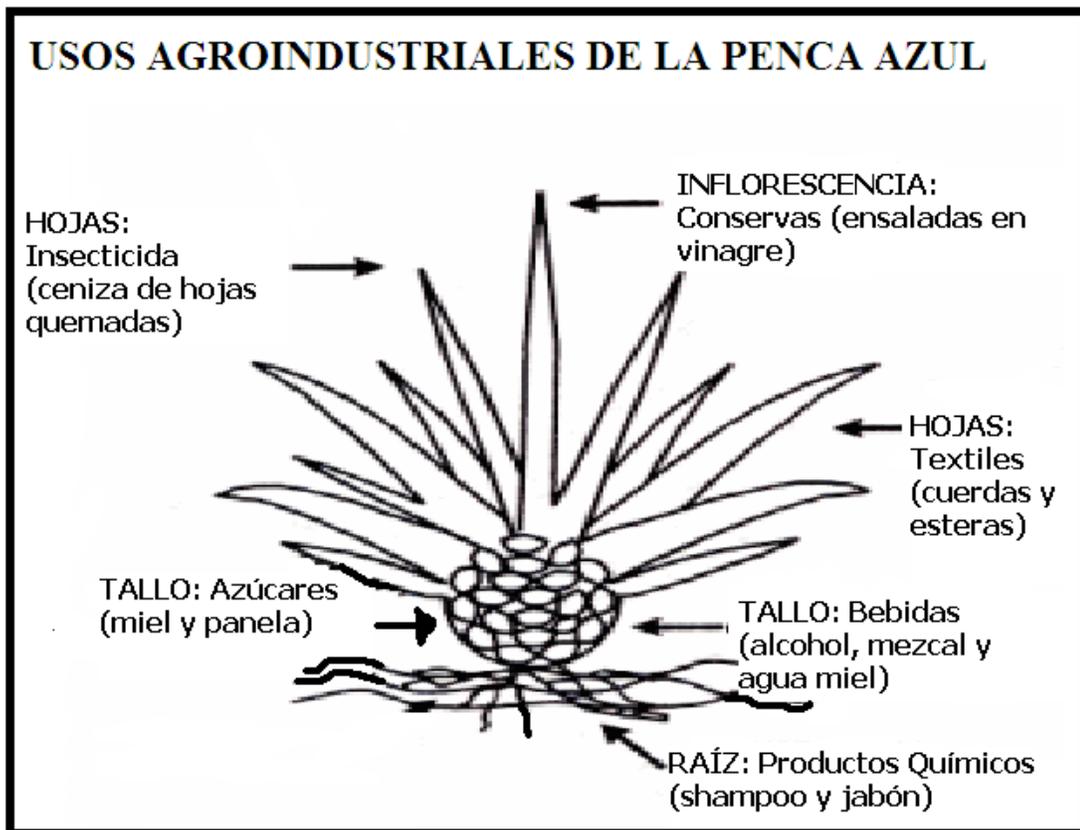
Para la producción de licor se requiere que los polímeros se descompongan (hidrólisis) en sus monómeros, ya que solo de esta forma podrán ser utilizados como fuente de carbono y energía por las levaduras en la fermentación, dando como resultado la acumulación de alcohol y los sabores distintivos de la bebida. La forma tradicional de lograr hidrólisis de los polímeros es el cocimiento de las "piñas" en hornos y autoclaves.

Considerando que el principal carbohidrato que contiene el agave es la inulina y que este compuesto no es susceptible de ser fermentado por las levaduras, es necesario realizar la hidrólisis para obtener azúcares simples (principalmente fructosa). Para ello, se utiliza principalmente un procedimiento térmico o enzimático o bien, la combinación de ambos, como se ve en la siguiente reacción (Wikipedia, 2008).



## 2.8 USOS AGROINDUSTRIALES DE LA PENCA AZUL

De acuerdo a las partes de la planta se obtienen los siguientes productos, que constan en el esquema de la grafica 1.



Fuente: Chulde V, Simba R, 2009, Ibarra.

Gráfica1: Usos agroindustriales de la penca azul.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Materiales**

##### **3.1.1 Materia prima**

- Penca azul de Tumbabiro (*Agave americana*)
- Penca azul de Cahuasquí (*Agave americana*)

##### **3.1.2 Insumos**

- Agua destilada
- Ácido cítrico

##### **3.1.3 Equipos**

- Balanza gramera, analítica.
- Refractómetro (escala 0 a 32 ° Brix) Resolución 0.5 %
- Potenciómetro
- Alambique

##### **3.1.4 Materiales**

- Recipientes de plástico de 20 litros
- Cuchillo
- Cuchara de acero inoxidable.

- Cedazo
- Jarras de plástico de capacidad 1L.
- Botellas de vidrio de capacidad 200ml.
- Termómetro (escala -10°- 150 ° C)
- Materiales de laboratorio.
- Material y equipo de oficina.
- Materiales de limpieza.

### 3.2 Métodos

#### 3.2.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en dos lugares:

- 1.- En campo: Tumbabiro y Cahuasquí parroquias del cantón Urcuquí; y,
- 2.- En laboratorio: laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte (Unidades productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial), como se indica en el cuadro 5 y 6 respectivamente.

#### Ubicación

##### Cuadro 9: Ubicación del ensayo en campo

PROVINCIA:	Imbabura	Imbabura
CANTON:	Urcuquí	Urcuquí
PARROQUIA:	Tumbabiro	Cahuasquí
ALTITUD:	2111 msnm	2592msnm
TEMPERATURA:	20 °C	14-18°C
HR. PROMEDIO:	72 %	75 %
LATITUD:	00° 27' Norte	00°30'Norte
LONGITUD:	78° 11' Oeste	78°12'Oeste

### Cuadro 10: Ubicación del ensayo en laboratorio

PROVINCIA:	Imbabura
CANTON:	Ibarra
PARROQUIA:	El Sagrario
ALTITUD:	2250 msnm
TEMPERATURA:	20 °C
HR. PROMEDIO:	73 %
PLUVIOSIDAD:	503 mm/año
LATITUD:	00° 20' Norte
LONGITUD:	78° 08' Oeste

#### 3.2.2 Factores en estudio

**FACTOR A:** Localidad de la penca azul (*Agave americana*)

**A1:** Cahuasquí (2592msnm, 14-18°C)

**A2:** Tumbabiro (2111msnm, 20°C)

**FACTOR B:** Estado de madurez de la penca azul (*Agave americana*)

**B1:** Semi-madura (Color pardo en la base)

**B2:** Madura (Color verde amarillento en las hojas)

**FACTOR C:** Extracción de savia de la penca azul (*Agave americana*)

**C1:** Hidratación del tallo (con agua)

**C2:** No hidratación del tallo (sin agua)

### 3.2.3 Tratamientos

De la combinación de los Factores A, B y C (localización, estado de madurez y extracción de savia), se estructuraron 8 tratamientos los cuales se detallan en el cuadro 8.

**Cuadro 11: Tratamientos en estudio**

TRA.	LOC.	EST.	EXT.	COM.	DESCRIPCIÓN
T1	A1	B1	C1	A1B1C1	Cahuasquí, semi-madura, hidratada.
T2	A1	B1	C2	A1B1C2	Cahuasquí, semi-madura, no hidratada.
T3	A1	B2	C1	A1B2C1	Cahuasquí, madura, hidratada.
T4	A1	B2	C2	A1B2C2	Cahuasquí, madura, no hidratada
T5	A2	B1	C1	A2B1C1	Tumbabiro, semi-madura, hidratada
T6	A2	B1	C2	A2B1C2	Tumbabiro, semi-madura, no hidratada
T7	A2	B2	C1	A2B2C1	Tumbabiro, madura, hidratada
T8	A2	B2	C2	A2B2C2	Tumbabiro, madura, no hidratada

### 3.2.4 Diseño experimental

Se empleo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial:

A x B x C.

### 3.2.5 Características del experimento

Número de repeticiones: Tres (3)

Número de tratamientos: Ocho (8)

Número de unidades experimentales: Veinticuatro (24)

### 3.2.6 Unidad experimental

El tamaño de la unidad experimental que se utilizó para el producto final fue de 24 botellas de 1kg.

### 3.2.7 Análisis de varianza

**Cuadro 12: Esquema del ADEVA**

<b>FUENTE VARIACIÓN</b>	<b>DE</b>	<b>GL</b>
TOTAL		23
Tratamientos		7
( F A ) Localización		1
( F B ) Estado de madurez		1
( F C ) Extracción de savia		1
A x B		1
A x C		1
B x C		1
A x B x C		1
Error experimental		16

### 3.2.8 Análisis funcional

Detectada la diferencia estadística significativa al 1 y al 5% entre tratamientos y factores se realizó las siguientes pruebas.

- **Tratamientos:** Tukey al 5 %
- **Factores:** DMS (Diferencia mínima significativa)
- **Variables no paramétricas:** Friedman al 5 %

### 3.2.9 Variables evaluadas

#### 3.2.9.1 Variables cuantitativas

##### a) Durante la fermentación

- **Variación del pH.-** Se determinó empleando un potenciómetro, con una resolución de  $\pm 0,01$ , para evaluar la variación del pH en la savia durante el proceso de la fermentación.



**Fotografía 6:** Potenciómetro

- **Variación del porcentaje de sólidos solubles.-** Con la finalidad de evaluar la variación del porcentaje de sólidos solubles en la savia, se empleó un refractómetro de escala 0 - 35°Brix (resolución 0,5 %).



**Fotografía 7:** Refractómetro

**NOTA:** Estas dos variables se evaluarán en la fase inicial, intermedia y final del proceso de fermentación.

- **Tiempo de fermentación.-** Se basó al número de días que duró la fermentación, (ver anexo 8).

**b) En el producto final**

- **Grado alcohólico.-** Para evaluar esta variable, se utilizó un alcoholímetro, con la finalidad de establecer el grado alcohólico del producto final.



**Fotografía 8:** Alcoholímetro

- **Rendimiento.-** Se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento: } \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

- **Acidez total.-** Para conocer la cantidad de ácido acético producido, se aplicó la norma INEN 341, (ver anexo 10).

La acidez total es la suma de los ácidos valorables obtenida cuando se lleva la bebida alcohólica a neutralidad (pH7) por adición de una solución alcalina.

Para determinar la acidez total se colocó 250cc, de agua destilada, recientemente hervida y neutralizada, en un matraz erlenmeyer de 500cc, se añadió 25cc. de muestra, 5 gotas de fenolftaleína y se procedió a titular, utilizando una bureta con la solución 0,1N de hidróxido de sodio.

La acidez total en bebidas alcohólicas destiladas se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$AT = (2,4) V / G$$

**Donde:**

AT= Acidez total expresada como ácido acético, en g/100cc

V= Volumen de solución 0,1N de hidróxido de sodio usado en la titulación, en cc

G= Grado alcohólico de la muestra.

2,4= Constante de la fórmula.

- **Alcoholes superiores.**

Los valores de alcoholes, se determinó en el Laboratorio de LICORAM, Industria Licorera de América (ver anexo 2).

### **3.2.9.2 Variables cualitativas**

El color, olor, sabor y aspecto son características que permiten analizar y conocer el grado de aceptabilidad o rechazo que tiene un producto, además de constituirse en una de las medidas para determinar la calidad cualitativa de los licores.

El análisis sensorial se realizó con un panel de 8 catadores, conformado por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Las hojas de catación para la evaluación sensorial de licor de savia de penca azul se detallan en el anexo 5.

Para la evaluación de los datos registrados, se aplicó la prueba no paramétrica de FRIEDMAN:

$$X^2 = \frac{12}{r \times t (t + 1)} \sum R^2 - 3r (t + 1)$$

**Donde:**

r = Número de catadores

t = Tratamientos

$\sum R^2$  = Sumatoria de los rangos al cuadrado

Luego de realizar el análisis sensorial se efectuó la tabulación de los datos obtenidos, y se determinó los tres mejores tratamientos; a los cuales se realizó los siguientes análisis físico-químicos y microbiológicos

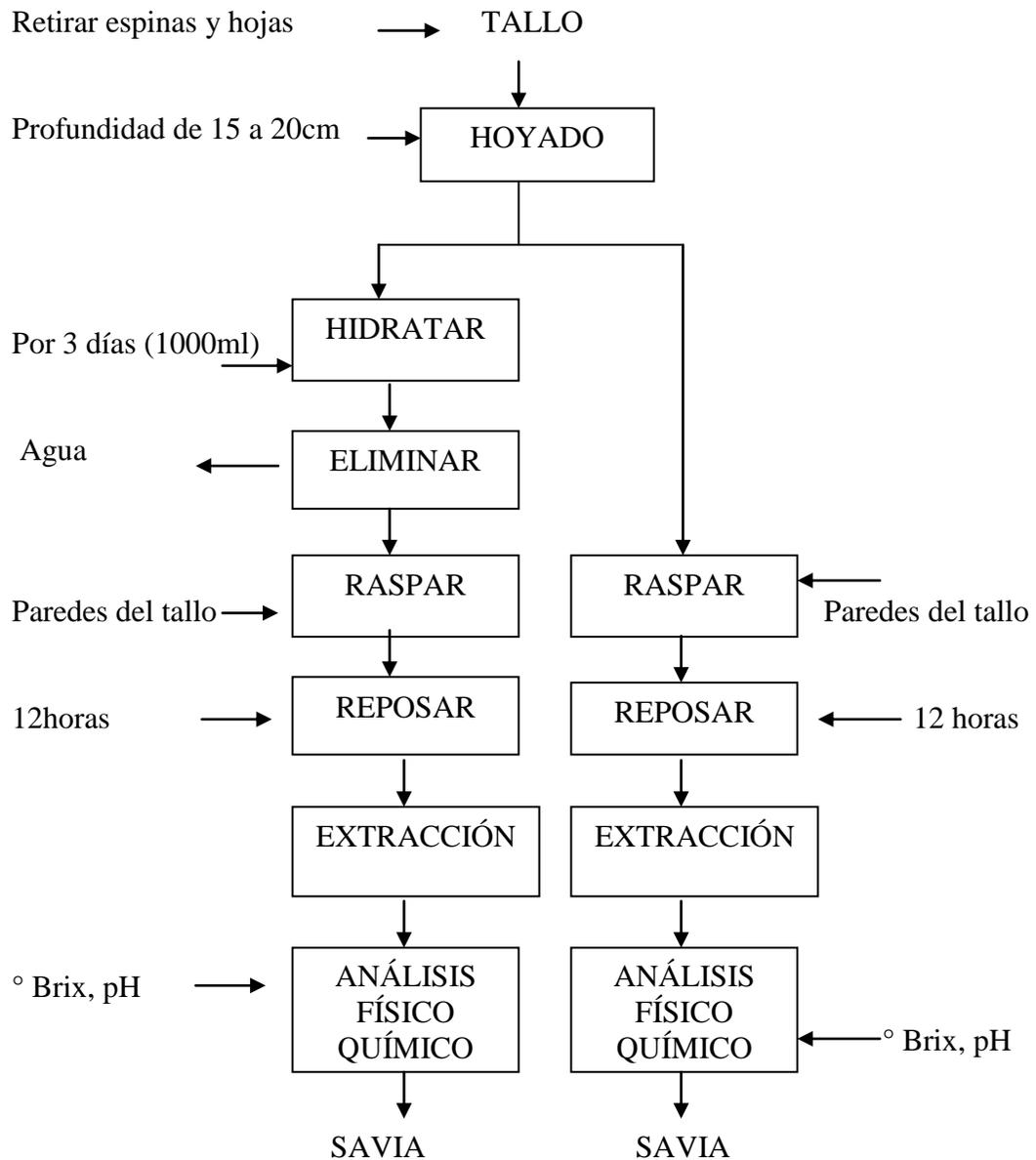
- Recuento de mohos y levaduras.
- Alcoholes Superiores
- Acetaldehído
- Metanol

### 3.3 Manejo específico del experimento

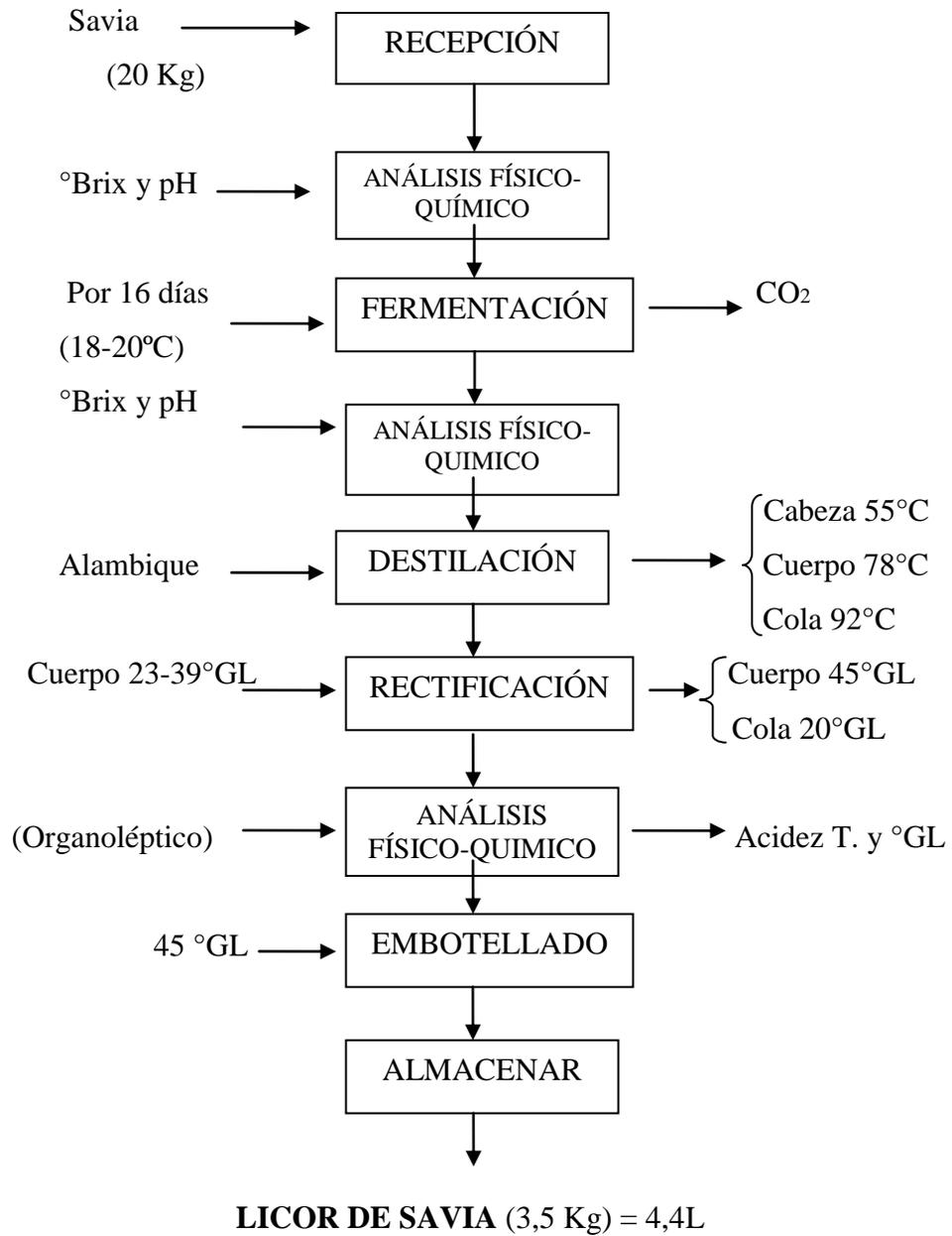
Para la obtención del licor de savia de penca azul, se aplicó los siguientes diagramas de proceso en dos fases.

#### 3.3.1 Diagrama de bloques para la obtención de licor de savia de penca azul.

##### 3.3.1.1 Primera Fase.- Proceso de obtención de savia del tallo de penca azul.

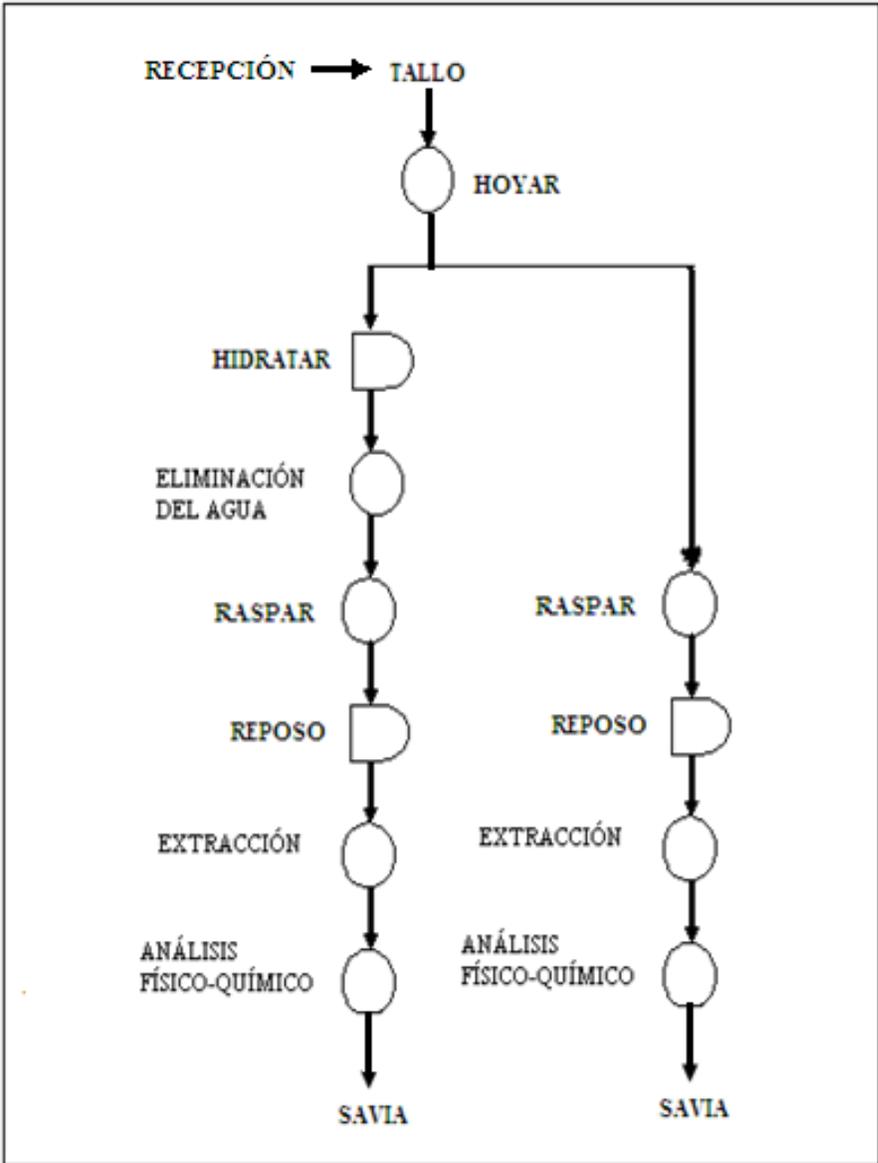


**3.3.1.2 Segunda fase:** Proceso de obtención de licor de la penca azul.

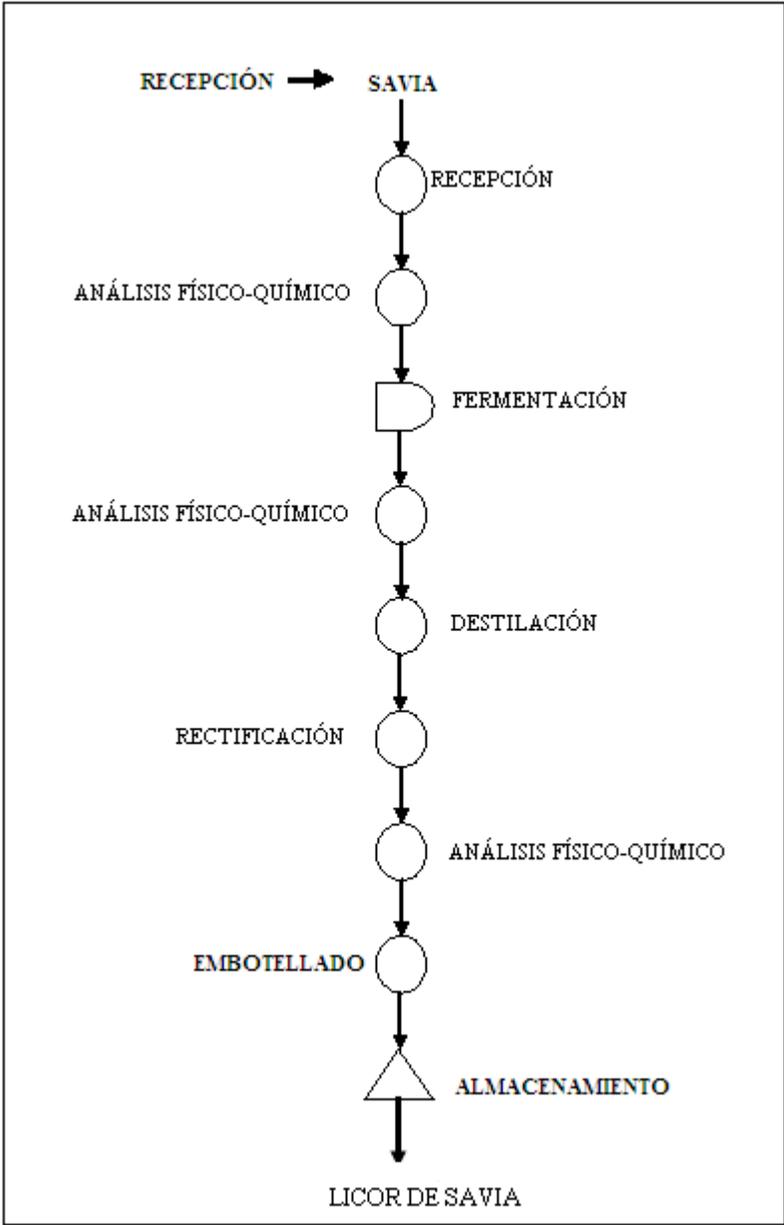


**3.3.2 Diagrama de flujo para la obtención de licor de savia de la penca azul.**

**3.3.2.1 Primera Fase.-** Proceso de obtención de savia del tallo de la penca azul.



3.3.2.2 Segunda fase.- Proceso de obtención del licor de la penca azul.



### 3.3.3 Descripción del proceso

#### 3.3.3.1 En la primera fase

**Recepción de materia prima.-** Cuando la penca azul ha llegado a su madurez, presenta un adelgazamiento del ápice (cogollo), este es un indicador que la planta está lista para hacer el hoyo por lo que se retiró las espinas y hojas con el fin de evitar lastimaduras.



**Fotografía 9:** Cortado de hojas

**Hoyado.-** Con la ayuda de un cuchillo se procedió a realizar un orificio del tamaño del espacio dejado por la hoja, posteriormente a este se le fue dando forma lo más redonda posible hasta una profundidad de 15 a 20 cm.



**Fotografía 10:** Hoyado en el tallo

**Hidratar.-** Una vez realizado el orificio se procedió a llenar de agua destilada con un volumen estándar de 1000ml a cada planta, que permaneció por tres días. En este proceso se tuvo dos opciones agregar y no agregar agua a los tallos seleccionados.



**Fotografía 11:** Hidratación del tallo

**Eliminar.-** Pasado el tiempo de reposo el agua fue extraída del hoyo en su totalidad.

**Raspar.-** Con una cuchara de acero inoxidable se raspó alrededor de las paredes del hoyo, lo cual hizo que se genere la savia.



**Fotografía 12:** Raspado

**Reposo.-** Se dejó en reposo por 12 horas, para recolectar la savia.



**Fotografía 13:** Reposo

**Extracción.-** Su producción se recolectó dos veces al día obteniéndose como promedio 4000 ml.

### 3.3.3.2 En la segunda fase

**Recepción.-** Se receiptó toda la cantidad posible de savia, evitando la contaminación de la misma con microorganismos ajenos al proceso.



**Fotografía 14:** Recepción

**Análisis.-** Se tomó datos del °Brix y pH con el que inició la savia de los diferentes tratamientos.

**Fermentación.-** Se fermentó en el mismo tanque en un tiempo máximo de 16 días, es decir hasta que el °Brix llegue a su valor mínimo, entre 2,4 y 3,7 valores que permanecieron constantes durante los tres últimos días, lo cual nos permitió establecer que la fermentación terminó, (se conoce también cuando no hay espuma sobre el nivel del tanque y de la savia o no hace burbujas) ver anexo 9.



**Fotografía 15:** Fermentación

**Análisis.-** Se volvió a tomar datos de °Brix y pH con el fin de observar su variación.

**Destilación.-** Mediante la utilización de un alambique, la savia fermentada que contiene, además de alcohol cierto número de distintos productos, fue calentada con vapor y se destiló hasta tener un producto intermedio llamado ordinario (cuerpo), con una concentración de alcohol de entre el 23 y el 39%, al cual se le removieron alcoholes superiores, metanol, aldehídos, acetato de etilo (éster) que son metabolitos secundarios propios de la fermentación.



**Fotografía 16:** Destilación

**Rectificación.-** El cuerpo se destiló nuevamente para enriquecer el contenido alcohólico hasta el 45%, considerándolo como producto final.



**Fotografía 17:** Rectificación

**Análisis.-** Una vez obtenido el licor se procedió a realizar un análisis físico-químico y microbiológico en el producto terminado con el fin de comprobar si cumplió con los requisitos que debe poseer un alcohol etílico rectificado según la norma INEN 375 (ver anexo 11).



**Fotografía 18:** Muestras para análisis

**Embotellado.**- Luego de los análisis y una vez cumplidas las normas se procedió a envasar en botellas de 250ml.



**Fotografía 19:** Etiqueta



**Fotografía 20:** Producto final

## CAPÍTULO IV

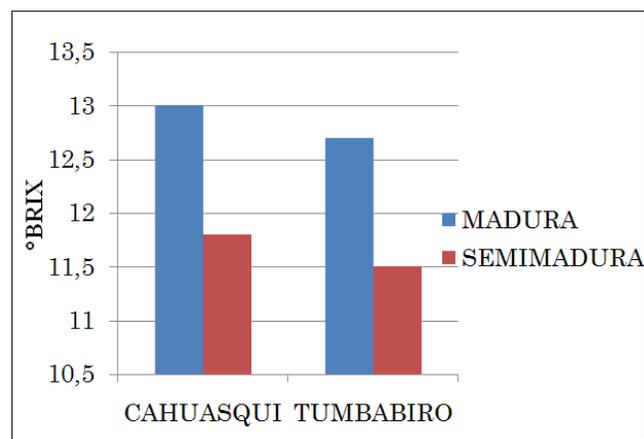
### RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con el propósito de comprobar los factores, variables e hipótesis planteada “El rendimiento y calidad del alcohol de la penca azul se ven afectados por la localización de donde proviene, el grado de madurez y los métodos de extracción.”. Se efectuó el respectivo análisis estadístico.

#### I FASE

##### 4.1 ESTADO DE MADUREZ DE LA PENCA AZUL

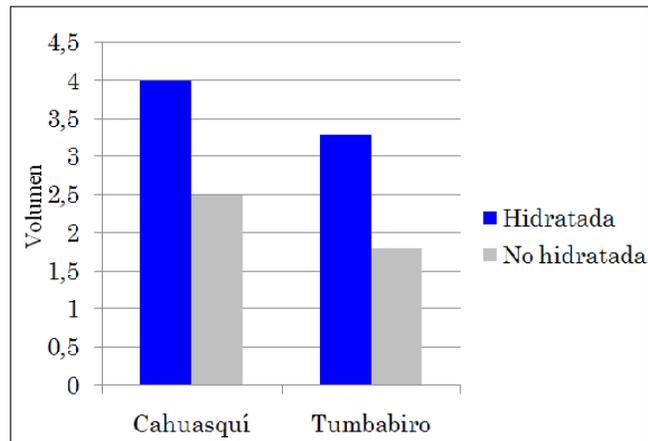
En la gráfica 2 nos muestra que el mejor estado de madurez fue el estado maduro debido al mayor contenido de sólidos solubles de la savia ( $13^{\circ}\text{B}$ ) en el momento de la extracción, esto se debe a que la penca para alcanzar su madurez ideal requiere de más tiempo lo que le permite absorber los nutrientes del suelo y concentrarlos en el tallo.



**Gráfico 2: °Brix de la savia por el estado de madurez de la penca azul**

#### 4.1.1 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE SAVIA DE LA PENCA MADURA

En la gráfica 3 nos muestra que el mejor método de extracción fue mediante la hidratación del tallo por que produjo 20 L de savia por 1 día utilizando 5 pencas maduras; frente a la extracción sin hidratación del tallo que produjo 20 L de savia por 1 día utilizando 8 pencas maduras en la localidad de Cahuasquí. En Tumbabiro para obtener el mismo volumen en el mismo tiempo se necesitó 7 pencas maduras mediante la hidratación del tallo y 12 pencas maduras sin hidratación.



**Gráfico 3: Volumen de savia por Métodos de extracción de la savia de penca azul**

## II FASE

### 4.2 ETAPA DE FEMENTACIÓN

#### 4.2.1 SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX) EN LA ETAPA INICIAL DE FERMENTACIÓN DE LA SAVIA DE PENCA AZUL. (1er día)

En el cuadro 13 se presentan los valores medidos en la variable, sólidos solubles durante la etapa inicial de fermentación.

**Cuadro 13: Sólidos solubles en la etapa inicial de fermentación, UTN, 2010**

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
<b>A1B1C1</b>	11,80000	11,50000	11,70000	35,00000	11,66667
<b>A1B1C2</b>	11,20000	11,40000	11,30000	33,90000	11,30000
<b>A1B2C1</b>	13,00000	12,90000	13,01000	38,91000	12,97000
<b>A1B2C2</b>	12,40000	12,30000	12,20000	36,90000	12,30000
<b>A2B1C1</b>	11,50000	11,40000	11,30000	34,20000	11,40000
<b>A2B1C2</b>	10,90000	11,00000	11,00000	32,90000	10,96667
<b>A2B2C1</b>	12,70000	12,50000	12,70000	37,90000	12,63333
<b>A2B2C2</b>	12,00000	12,40000	12,20000	36,60000	12,20000
<b>SUMA</b>	<b>95,50</b>	<b>95,40</b>	<b>95,41</b>	<b>286,3100</b>	<b>11,9296</b>

Realizada la prueba de Tuckey al 5% como se indica en el cuadro 14, se determinó la presencia de seis rangos (a, b, c, d, e, f) en donde el tratamiento **T3** correspondiente a la savia obtenida de la localidad Cahuasquí, en estado maduro, hidratada; tiene la media más alta, significa que este tratamiento presenta un mayor °Brix porque mientras más azúcares exista en la savia mayor es la conversión de estos en alcohol obteniendo licor con mayor grado alcohólico y alto rendimiento. El tratamiento **T6** correspondiente a la savia obtenida de la localidad de Tumbabiro, en estado semi-maduro, no hidratada; presenta la media más baja, significa menor °Brix por lo tanto este tratamiento dió menor rendimiento de licor y bajo grado alcohólico.

**Cuadro 14: Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos**

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T3	12,97000	a
T7	12,63333	b
T4	12,30000	c
T8	12,20000	c
T1	11,66667	d
T5	11,40000	e
T2	11,30000	e
T6	10,96667	f

Realizada la prueba del DMS para la localización al 5% como se indica en el cuadro 15, se determinó, la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **A1** corresponde a la savia obtenida de Cahuasquí, tiene la media más alta, significa que este factor presentó mayor °Brix; destacando que se obtiene una savia fluida y azucarada en las pendientes secas de los cerros y en conglomerados calizos sueltos, el factor **A2** corresponde a la savia obtenida de Tumbabiro, presentó la media más baja, con menor concentración de °Brix, es decir que en mesetas, suelos arenosos y lugares planos la savia que se obtiene es espesa y menos azucarada según (Pimienta, Zañudo, García y Nobel 2006).

**Cuadro 15: Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización), UTN, 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A1	12,05917	a
A2	11,80000	b

Realizada la prueba del DMS para la madurez al 5% se determinó, la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **B2** corresponde a la savia de penca azul madura, tuvo la media más alta, determinando mayor °Brix. El factor **B1** corresponde a la savia de penca azul semi-madura presentó la media más baja indicando que, la penca azul no

alcanzó la suficiente madurez, produciendo savia con menor °Brix como se indica en el cuadro 16.

**Cuadro 16: Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez), UTN, 2010**

<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>B2</b>	<b>12,52583</b>	<b>a</b>
B1	11,33333	b

Realizada la prueba del DMS para la extracción al 5% como se indica en el cuadro 17, se comprobó, la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **C1** corresponde a la savia extraída mediante hidratación, tuvo la media más alta, porque consideramos que el agua en las células y tejidos vegetales facilita la salida de savia con mayor °Brix. El factor **C2** corresponde a la savia extraída sin hidratación, presenta la media más baja, que significa que si el tallo de penca azul no es hidratado nos produce savia con menor °Brix.

**Cuadro 17: Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción), UTN, 2010**

<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>C1</b>	<b>12,16750</b>	<b>a</b>
C2	11,69167	b

Al observar el gráfico 4, se puede apreciar que **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada) es el tratamiento con mayor concentración de sólidos solubles (°Brix), mismos que serán reducidos para obtener mayor rendimiento de alcohol.



**Gráfico 4: Comparación de sólidos solubles en la etapa inicial de fermentación**

#### 4.2.2 SÓLIDOS SOLUBLES (°BRUX) EN LA ETAPA FINAL DE FERMENTACIÓN DE LA SAVIA DE PENCA AZUL. (16avo día)

En el cuadro 18 se expresan los valores de °Brix en la etapa final de fermentación de la savia.

**Cuadro 18: Sólidos solubles en la etapa final de fermentación**

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
A1B1C1	3,20000	3,10000	3,30000	9,60000	3,20000
A1B1C2	3,50000	3,60000	3,40000	10,50000	3,50000
A1B2C1	2,40000	2,40000	2,50000	7,30000	2,43333
A1B2C2	2,70000	2,80000	2,70000	8,20000	2,73333
A2B1C1	3,40000	3,50000	3,40000	10,30000	3,43333
A2B1C2	3,70000	3,80000	3,60000	11,10000	3,70000
A2B2C1	2,60000	2,50000	2,60000	7,70000	2,56667
A2B2C2	2,90000	2,80000	3,10000	8,80000	2,93333
<b>SUMA</b>	<b>24,40</b>	<b>24,50</b>	<b>24,60</b>	<b>73,5000</b>	<b>3,0625</b>

Realizada la prueba de Tuckey al 5% como indica el cuadro 19, se estableció, la presencia de cuatro rangos (a, b, c y d) donde el tratamiento **T3** correspondiente a la savia de Cahuasquí, de penca azul, madura e hidratada, tuvo la media más baja, seguido por el **T7** que corresponde a la savia de Tumbabiro, madura e hidratada, presentando estos tratamientos menor °Brix final, lo que permitió comprobar que existió una mayor conversión de azúcares en alcohol, para así obtener mayor rendimiento de licor en menos tiempo de fermentación. El tratamiento **T6** que corresponde a la savia de Tumbabiro, semi-madura, no hidratada, seguido del **T2** que corresponde a la savia de Cahuasquí, semi-madura, no hidratada, alcanzaron las medias más altas es decir mayor °Brix final, concluyéndose que en estos tratamientos menor fue la conversión de azúcares y por ende menor rendimiento de licor en más tiempo de fermentación (ver anexo 10).

**Cuadro 19: Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos, UTN, 20010**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
T6	3,70000	a
T2	3,50000	a
T5	3,43333	b
T1	3,20000	b
T8	2,93333	c
T4	2,73333	c
<b>T7</b>	<b>2,56667</b>	<b>d</b>
<b>T3</b>	<b>2,43333</b>	<b>d</b>

Realizada la prueba del DMS para la localización al 5% como se indica en el cuadro 20, se determinó, dos rangos (a y b) siendo el factor **A1** que corresponde a la savia de Cahuasquí, tuvo la media más baja, esto significa que este factor presenta menos °Brix final; determinando que si la penca azul se encuentra a mayor altitud en suelos conglomerados y calizos produjo savia con menor concentración de °Brix al final de la fermentación, debido a las levaduras existentes. El factor **A2** corresponde a la savia

de Tumbabiro, presentó la media más alta, demostrando que a menor altitud en suelos planos y arenosos, resultó savia con mayor concentración de °Brix al final de la fermentación, como se explica en el cuadro 12.

**Cuadro 20: Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización), UTN; 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A2	3,15833	a
<b>A1</b>	<b>2,96667</b>	<b>b</b>

Realizada la prueba del DMS para la madurez al 5% como se ve en el cuadro 21, se estableció, dos rangos (a y b) donde el factor **B2** corresponde a la savia de penca azul madura, obteniendo la media más baja, es decir este factor presenta menor °Brix final; concluyéndose que en este estado el °Brix inicial disminuye rápidamente debido a las levaduras presentes en la fermentación. El factor **B1** que corresponde a la savia de penca azul semi-madura, presentó la media más alta, es decir mayor °Brix demostrándonos que con este estado, el °Brix inicial baja lentamente porque las levaduras no tienen el medio adecuado para poder fermentar (menos azúcares).

**Cuadro 21: Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez), UTN, 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
B1	3,45833	a
<b>B2</b>	<b>2,66667</b>	<b>b</b>

Realizada la prueba del DMS para la extracción al 5% como se indica en el cuadro 22, se determinó, dos rangos (a y b), donde el factor **C1** corresponde a la savia extraída por hidratación, tuvo la media más baja, por tanto este factor produce savia con menor °Brix si hidratamos el tallo de penca azul, debido a que el agua facilita el desdoblamiento y reducción del °Brix notablemente. El factor **C2** que corresponde a

la savia de penca azul extraída sin hidratación, presentó la media más alta, concluyéndose que si el tallo de penca azul no es hidratado produce savia con mayor °Brix.

**Cuadro 22: Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción), UTN, 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
C1	2,90833	a
C2	3,21667	b

Al observar el gráfico 5, se puede apreciar que **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada) es el tratamiento con menor concentración de sólidos solubles (°Brix), en la etapa final de fermentación, es decir fue el tratamiento del cual la mayoría de sus azúcares fueron convertidos en alcohol quedando con un 2,43°Brix final.



**Gráfico 5: Comparación de sólidos solubles en la etapa final de fermentación**

### 4.2.3 VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN

En el gráfico 4, se muestra el descenso de °Brix en los ocho tratamientos, indicando que la actividad de las levaduras fue más notoria hasta el cuarto día, de los 16 días que duró la fermentación, sobresaliendo el **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada) donde se produjo el mayor decremento de 13,0% en el primer día hasta 6,20% al 4to día, llegando al final de la fermentación con 2,43%. Por otra parte el **T6** (Tumbabiro, semi-madura, no hidratada), originó el menor decremento, durante la fermentación, concluyéndose que si la savia es de pendientes y suelos calizos (Cahuasquí), en estado maduro e hidratamos su tallo obtuvimos una mejor y mayor conversión de °Brix en alcohol.

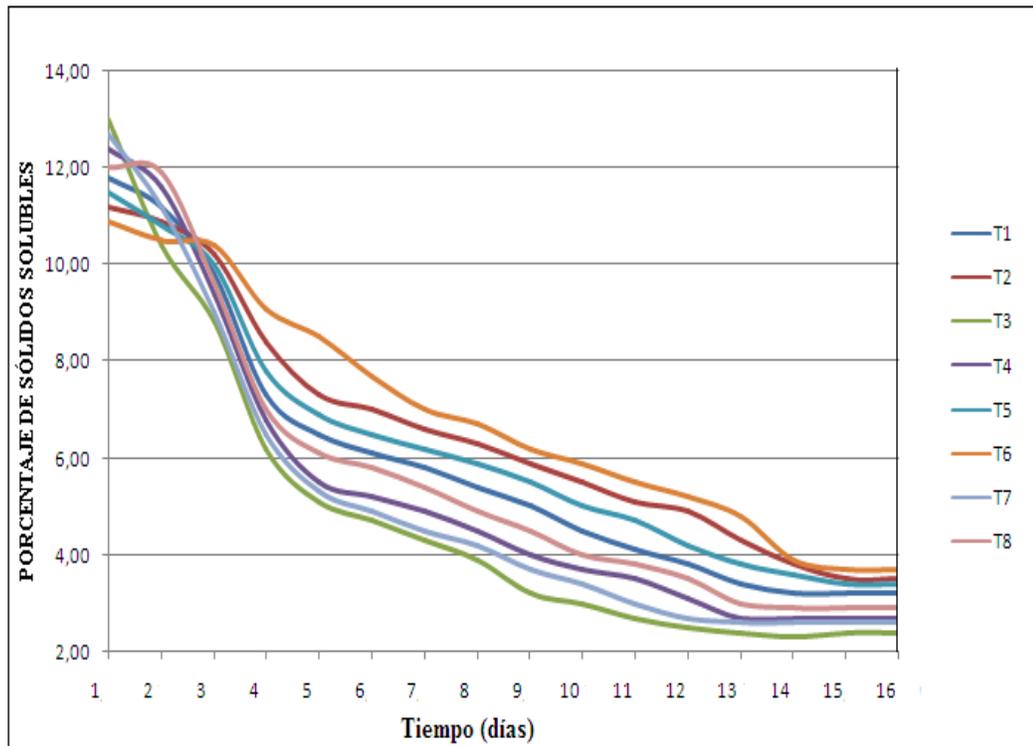


Gráfico 6: Variación del porcentaje de sólidos solubles durante la fermentación.

#### 4.2.4 pH EN LA ETAPA INICIAL DE FERMENTACIÓN DE SAVIA DE PENCA AZUL. (1er día)

A continuación se representan los valores de pH en la savia para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, en la etapa inicial de fermentación como se indica en el cuadro 23.

**Cuadro 23: pH en la etapa inicial de fermentación, UTN, 2010**

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
<b>A1B1C1</b>	4,45000	4,46000	4,46000	13,37000	4,45667
<b>A1B1C2</b>	4,48000	4,48000	4,47000	13,43000	4,47667
<b>A1B2C1</b>	4,40000	4,40000	4,41000	13,21000	4,40333
<b>A1B2C2</b>	4,43000	4,43000	4,44000	13,30000	4,43333
<b>A2B1C1</b>	4,47000	4,47000	4,46000	13,40000	4,46667
<b>A2B1C2</b>	4,49000	4,49000	4,48000	13,46000	4,48667
<b>A2B2C1</b>	4,42000	4,42000	4,43000	13,27000	4,42333
<b>A2B2C2</b>	4,45000	4,45000	4,44000	13,34000	4,44667
<b>SUMA</b>	<b>35,59000</b>	<b>35,60000</b>	<b>35,59000</b>	<b>106,78000</b>	<b>4,44917</b>

Realizada la prueba de Tuckey al 5% como se indica en el cuadro 24, se determinó, la presencia de cuatro rangos (a, b, c y d) donde los tratamiento **T3** que corresponde a la savia de Cahuasquí, madura e hidratada y el **T7** que corresponde a la savia de Tumbabiro, madura e hidratada tuvieron las medias más bajas, esto significa que los tratamientos presentaron un menor pH, porque las levaduras en la fermentación empiezan a producir ácidos volátiles. El tratamiento **T6** corresponde a la savia de Tumbabiro, semi-madura, no hidratada y el **T2** que corresponde a la savia de Cahuasquí, semi-madura, no hidratada, tuvieron las medias más altas, significando

que estos tratamientos tuvieron mayor pH, debido a la baja acción de las levaduras en producir ácidos volátiles.

**Cuadro 24: Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos**

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T6	4,48667	a
T2	4,47667	a
T5	4,46667	b
T1	4,45667	b
T8	4,44667	c
T4	4,43333	c
<b>T7</b>	<b>4,42333</b>	<b>d</b>
<b>T3</b>	<b>4,40333</b>	<b>d</b>

Realizada la prueba del DMS para la localización al 5% como se muestra en el cuadro 25, se determinó, la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **A1** corresponde a la savia obtenida de Cahuasquí, tuvo la media más baja, significando que este factor presenta un menor pH concluyéndose que si la penca azul se encuentra a mayor altitud posee una mayor acidez, produciendo metabolitos secundarios propios de la fermentación siendo uno de estos el acetato de etilo, el que le confiere aroma al producto. El factor **A2** que corresponde a la savia obtenida de Tumbabiro, presentó la media más alta, determinándose que si la penca azul está a menor altitud presentó presente por ende menor acidez según (Jaramillo y Soria, 2007).

**Cuadro 25: Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización), UTN, 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A2	4,45583	a
<b>A1</b>	<b>4,44250</b>	<b>b</b>

Realizada la prueba del DMS para la madurez al 5% como se indica en el cuadro 26, se determina, la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **B2** corresponde a la savia en estado madura, que tuvo la media más baja es decir menor pH, esto se debe a que durante el proceso fermentativo existe mayor producción de metabolitos secundarios de las levadura como ácidos orgánicos. El factor **B1** (savia en estado semi-madura) presentó la media más alta, es decir un mayor pH debido a la baja actividad de las levaduras en la fermentación según (Jaramillo y Soria, 2007)

**Cuadro 26: Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez), UTN, 2010**

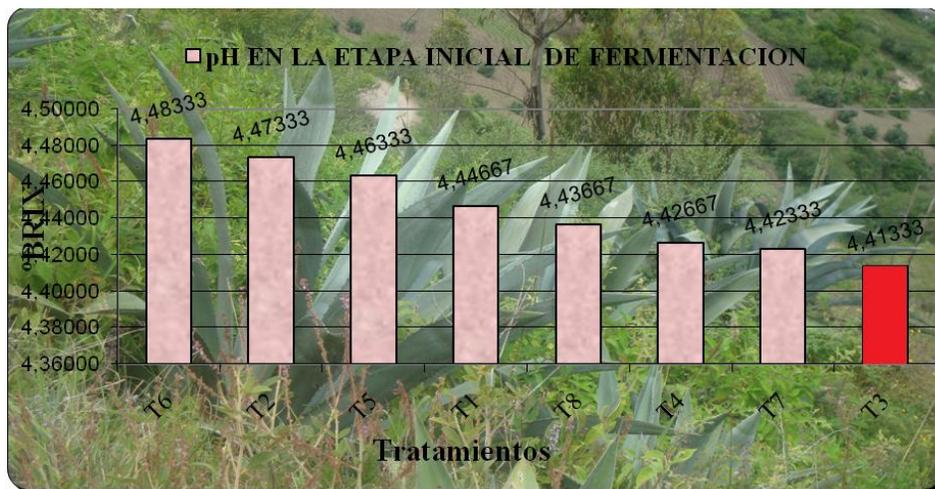
FACTORES	MEDIAS	RANGOS
B1	4,47167	a
<b>B2</b>	<b>4,42667</b>	<b>b</b>

Realizada la prueba del DMS para la extracción al 5% como se indica en el cuadro 27, se determinó la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **C1** corresponde a la savia extraída por hidratación, este tuvo la media más baja dando como resultado menor pH, esto se debe al proceso de la hidrólisis que facilita el desdoblamiento de los azúcares por la acción de las levaduras, las mismas que producen alcohol y ácidos orgánicos los mismos que le dan una mayor acidez a la savia bajando su pH. El factor **C2** que corresponde a la savia extraída sin hidratación, presenta la media más alta, es decir pH más alto y tiempo de conservación más bajo.

**Cuadro 27: Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción), UTN, 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
C2	4,46083	a
<b>C1</b>	<b>4,43750</b>	<b>b</b>

Al observar el gráfico 7, se puede apreciar que **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada) es el tratamiento con menor pH, en la etapa inicial de fermentación esto se debe a que en estado maduro, en zonas altas y con una hidratación, los azúcares de la savia se desdoblan de mejor manera resultando alcohol etílico y productos secundarios como el acetato de etilo propio de la fermentación, que es el que le da mayor acidez y por ende menor pH.



**Gráfico 7: Comparación de pH en la etapa inicial de fermentación**

#### **4.2.5 pH EN LA ETAPA FINAL DE FERMENTACIÓN DE SAVIA DE PENCA AZUL. (16to día)**

A continuación se representan los valores del pH en la savia para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, en la etapa final de fermentación como se indica en el cuadro 28.

**Cuadro 28: pH en la etapa final de fermentación, UTN, 2010**

<b>TRAT/REPT.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>A1B1C1</b>	3,07000	3,06000	3,07000	9,20000	3,06667
<b>A1B1C2</b>	3,10000	3,11000	3,10000	9,31000	3,10333
<b>A1B2C1</b>	3,02000	3,01000	3,02000	9,05000	3,01667
<b>A1B2C2</b>	3,04000	3,04000	3,04000	9,12000	3,04000
<b>A2B1C1</b>	3,08000	3,09000	3,07000	9,24000	3,08000
<b>A2B1C2</b>	3,11000	3,11000	3,11000	9,33000	3,11000
<b>A2B2C1</b>	3,03000	3,04000	3,05000	9,12000	3,04000
<b>A2B2C2</b>	3,05000	3,05000	3,05000	9,15000	3,05000
<b>SUMA</b>	<b>24,50000</b>	<b>24,51000</b>	<b>24,51000</b>	<b>73,52000</b>	<b>3,06333</b>

Realizada la prueba de Tuckey al 5% como se muestra en el cuadro 29, se determinó la presencia de cinco rangos (a, b, c, d y e) donde el tratamiento **T3** corresponde a la savia de Cahuasquí, madura, hidratada, tuvo la media más baja, esto significa que el tratamiento presenta un menor pH final, esto se debe a la explicación antes mencionada en el cuadro 21, siendo los valores de 4,41 a 3,02 los ideales para una buena fermentación ya que pH menores a este reducen la actividad fermentativa y en pH mayores se produce el ataque de microorganismos indeseables. Los tratamientos; **T6** (savia de Tumbabiro, semi-madura, no hidratada) y el **T2** (savia de Cahuasquí, semi-madura, no hidratada) presentan las medias más altas, significando que en estos tratamientos hubo menos actividad fermentativa y por ende menos acidez.

**Cuadro 29: Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos, UTN, 2010**

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T6	3,11000	a
T2	3,10333	a
T5	3,08000	b
T1	3,06667	c
T8	3,05000	c
T4	3,04000	d
T7	3,04000	d
<b>T3</b>	3,01667	<b>e</b>

Realizada la prueba del DMS para la localización al 5% como se ve en el cuadro 30, se determinó la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **A1** corresponde a la savia obtenida de Cahuasquí, tuvo la media más baja, significa que este factor tuvo menor pH final; afirmando que, si la penca azul se encuentra a mayor altitud produce savia con mayor acidez esto se debe a la actividad fermentativa que realizan las levaduras para obtener alcohol y ácidos volátiles. El factor **A2** que corresponde a la savia obtenida de Tumbabiro, presenta la media más alta, es decir mayor pH, significando que si la penca azul se encuentra a menor altitud será menor la acidez de la savia.

**Cuadro 30: Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización), UTN, 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A2	3,07000	a
<b>A1</b>	<b>3,05667</b>	<b>b</b>

Realizada la prueba del DMS para la madurez al 5% como se indica en el cuadro 31, se determinó dos rangos (a y b) donde el factor **B2** corresponde a la savia en estado madura, tuvo la media más baja, es decir menor pH esto se debe a la actividad de las levaduras durante la etapa de la fermentación las cuales producen metabolitos

secundarios. El factor **B1** que corresponde a la savia en estado semi-madura presenta la media más alta con un mayor pH, mostrándonos por lo tanto que su acidez fue baja debido a la acción de las levaduras.

**Cuadro 31: Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez), UTN, 2010**

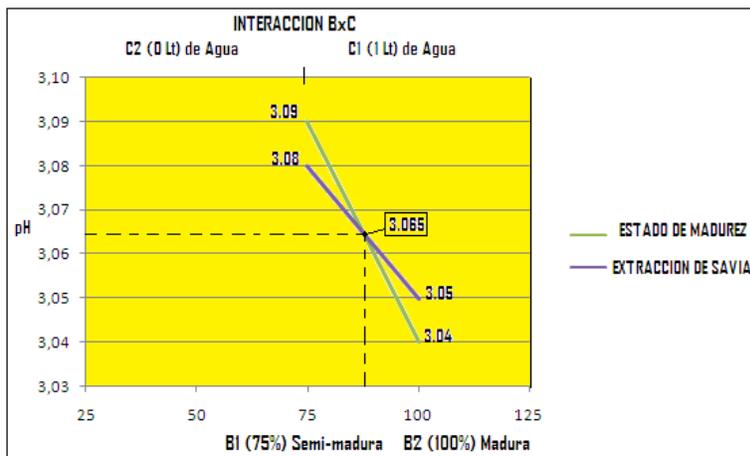
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
B1	3,09000	a
<b>B2</b>	<b>3,03667</b>	<b>b</b>

Realizada la prueba del DMS para la extracción al 5% como se ve en la tabla 32, se determinó la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **C1** corresponde a la savia extraída mediante la hidratación, tuvo la media más baja, es decir menor pH esto se debe a la acción del agua en el desdoblamiento de los azúcares como se explica en el cuadro 24. El factor **C2** que corresponde a la savia de penca azul extraída sin hidratación, presenta la media más alta, con un mayor pH debido a la baja producción de ácidos volátiles.

**Cuadro 32: Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción), UTN, 2010**

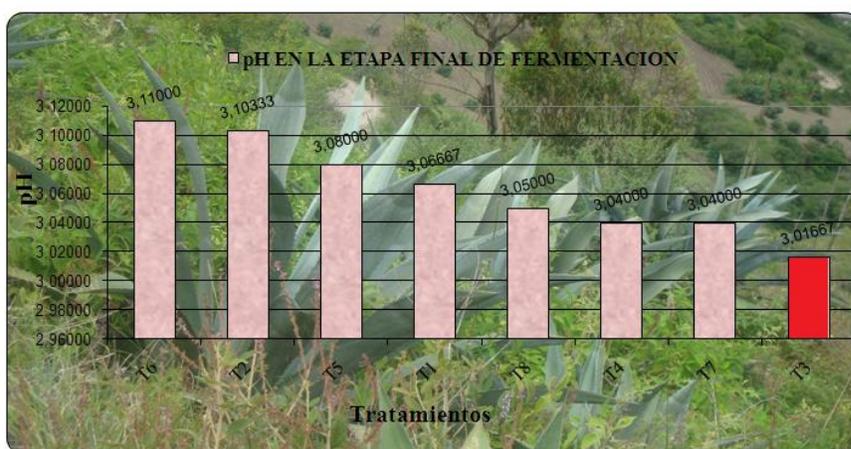
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
C2	3,07583	a
<b>C1</b>	<b>3,05083</b>	<b>b</b>

En el gráfico 8; se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores **B** (estado de madurez) y el factor **C** (extracción de savia) para la variable pH en la etapa final de fermentación es de 3,065, este valor interactúa directamente entre el nivel B2 (Cahuasquí) y el nivel C1 (Con agua) es decir q si se partimos de una penca en estado maduro y a esta le hidratamos el tallo obtuvimos una savia ácida al final de la fermentación con un bajo pH debido a la actividad de las levaduras.



**Gráfico 8: Interacciones entre el factor B (estado de madurez) y el factor C (extracción de savia)**

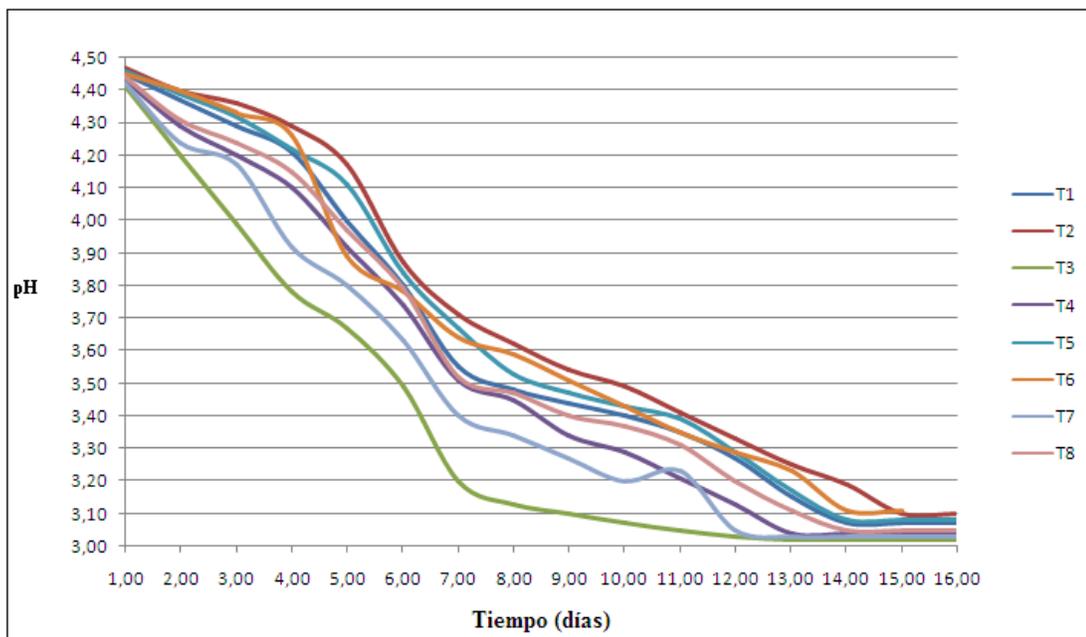
Al observar el gráfico 9, se puede apreciar que **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada) es el tratamiento con menor pH, en la etapa final de fermentación esto se debe a la actividad de las levaduras que son las encargadas en producir además de alcohol cierto tipos de metabolitos secundarios como ácidos orgánicos, que son los que elevan su acidez.



**Gráfico 9: Comparación del pH en la etapa final de fermentación**

#### 4.2.6 VARIACIÓN DEL pH DURANTE LA ETAPA DE FERMENTACIÓN.

En el gráfico 8, se muestra el descenso del pH en los ocho tratamientos, indicando que la acidez fue más notoria hasta el séptimo día, de los 16 días que duró la fermentación, sobresaliendo el **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada) donde se produjo el mayor decremento de 4,41 en el primer día hasta 3,78 al 4to día, llegando al final de la fermentación con 3,02. Por otra parte el **T2** (Cahuasquí, semi-madura, no hidratada), originó el menor decremento durante la fermentación, esto se debe como ya se dijo anteriormente a la actividad de las levaduras que son las facultadas de reducir los azúcares en productos primarios y secundarios estos últimos encargados en realzar la acidez.



**Gráfico 10: Variación del pH durante la fermentación**

#### 4.2.7 Tiempo durante el proceso de la fermentación

A continuación, se presentan en el cuadro 33, los valores medidos en la variable, tiempo durante la etapa de la fermentación.

**Cuadro 33: Días en el proceso de fermentación, UTN, 2010**

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
<b>A1B1C1</b>	13,00000	13,00000	13,00000	39,00000	13,00000
<b>A1B1C2</b>	14,00000	14,00000	14,00000	42,00000	14,00000
<b>A1B2C1</b>	12,00000	11,00000	12,00000	35,00000	11,66667
<b>A1B2C2</b>	12,00000	11,00000	13,00000	36,00000	12,00000
<b>A2B1C1</b>	13,00000	13,00000	13,00000	39,00000	13,00000
<b>A2B1C2</b>	14,00000	14,00000	14,00000	42,00000	14,00000
<b>A2B2C1</b>	12,00000	11,00000	12,00000	35,00000	11,66667
<b>A2B2C2</b>	13,00000	13,00000	14,00000	40,00000	13,33333
<b>SUMA</b>	<b>103,00000</b>	<b>100,00000</b>	<b>105,00000</b>	<b>308,00000</b>	<b>12,83333</b>

Realizada la prueba de Tuckey al 5% como se ve en el cuadro 31, se estableció la presencia de cuatro rangos (a, b, c y d) donde los tratamientos **T3** (savia obtenida de Cahuasquí, madura, hidratada) y el **T7** (savia obtenida de Tumbabiro, madura, hidratada) tuvieron la media más baja, estos tratamientos presentaron menor tiempo de fermentación debido a que iniciaron con un pH de 4,0 y °Brix de 13% valores satisfactorios para la fermentación según (Paramas, 1978). El tratamiento **T6** (savia obtenida de Tumbabiro, semi-madura, no hidratada) y el **T2** (savia procedente de Cahuasquí, semi-madura, no hidratada) presentaron la media más alta, necesitando estos tratamientos mayor tiempo de fermentación para que su pH y °Brix lleguen a valores mínimos (ver anexo 10).

**Cuadro 34: Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos, UTN, 2010**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
T6	14,00000	a
T2	14,00000	a
T5	13,33333	b
T1	13,00000	b
T8	13,00000	c
T4	12,00000	c
<b>T7</b>	11,66667	<b>d</b>
<b>T3</b>	11,66667	<b>d</b>

Realizada la prueba del DMS para la madurez al 5% como se ve en el cuadro 35, se determinó, la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **B2** corresponde a la savia de penca azul madura, tuvo la media más baja, afirmando que este factor representa menos días de fermentación esto se debe a que si la penca esta madura la savia presenta mejores condiciones de fermentación por acción de las levaduras basándonos en el pH y °Brix final, esto se conoce cuando no hay espuma sobre el nivel del tanque y de la savia o no hace burbujas, como se indica en la fotografía 15. El factor **B1** corresponde a la savia de penca azul semi-madura presentó la media más alta, estableciendo que la penca azul en estado semi-maduro necesitó más días para fermentarse, existiendo bajo consumo de °Brix y pH.

**Cuadro 35: Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez), UTN, 2010**

<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
B1	4,40250	a
<b>B2</b>	<b>4,26333</b>	<b>b</b>

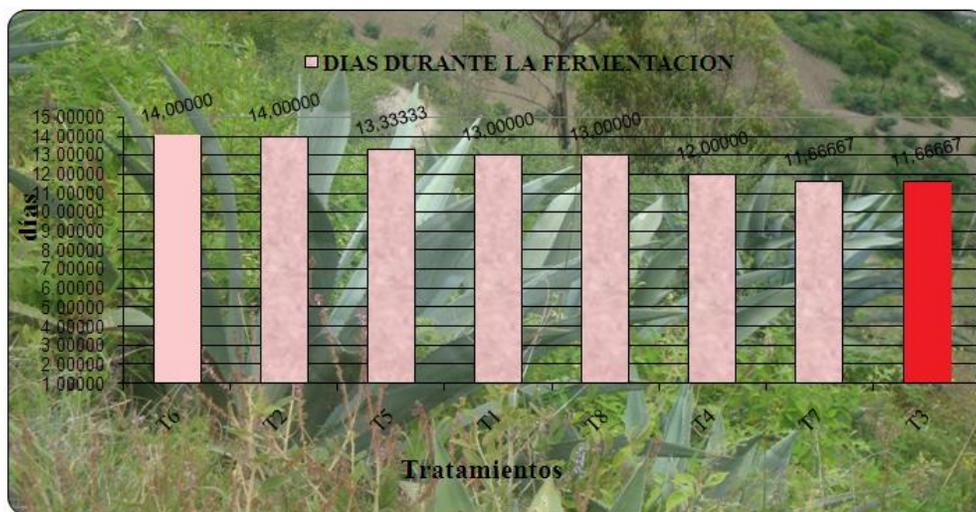
Realizada la prueba del DMS para la extracción al 5% como indica el cuadro 36, se obtuvo dos rangos (a y b) siendo el factor **C1** que corresponde a la savia extraída

mediante la hidratación, el que tiene la media más baja, lo que significa que si hidratamos el tallo, la savia se fermenta en menos tiempo, debido a la acción del agua que ayuda en la transformación de los azúcares en menos días tomando en cuenta la variación del pH y °Brix durante la fermentación. El factor **C2** que corresponde a la savia de penca azul extraída sin hidratación, presentó la media más alta lo que significa que si el tallo de penca azul no es hidratado necesita mayor tiempo de fermentación por lo antes mencionado.

**Cuadro 36: Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción), UTN, 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
C2	4,36333	a
C1	<b>4,30250</b>	<b>b</b>

Al observar el gráfico 11, se puede apreciar que **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada) es el que culmina su etapa de fermentación, manteniéndose el °Brix y pH constantes a partir del día once, esto se debe a que la fermentación alcohólica se llevó a cabo en condiciones optimas según (Panamá, 1978).



**Gráfico 11: Días para la fermentación en los ocho tratamientos**

### 4.3 PRODUCTO FINAL

#### 4.3.1 ALCOHOLES SUPERIORES EN EL PRODUCTO FINAL

A continuación en el cuadro 37 se muestran los valores medidos en la variable, alcoholes superiores para el producto final.

**Cuadro 37: Alcoholes superiores (producto final), UTN, 2010**

<b>TRAT/REPT.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>A1B1C1</b>	4,76000	4,70000	4,83000	14,29000	4,76333
<b>A1B1C2</b>	4,90000	5,00000	4,80000	14,70000	4,90000
<b>A1B2C1</b>	3,00000	2,98000	3,08000	9,06000	3,02000
<b>A1B2C2</b>	4,58000	4,63000	4,60000	13,81000	4,60333
<b>A2B1C1</b>	4,85000	4,75000	4,94000	14,54000	4,84667
<b>A2B1C2</b>	5,01000	5,00000	5,00000	15,01000	5,00333
<b>A2B2C1</b>	3,90000	4,00000	3,81000	11,71000	3,90333
<b>A2B2C2</b>	4,68000	4,75000	4,61000	14,04000	4,68000
<b>SUMA</b>	<b>35,70000</b>	<b>35,81000</b>	<b>35,65000</b>	<b>107,16000</b>	<b>4,46500</b>

Con la prueba de Tuckey al 5% como se ve en el cuadro 38, se detectó la presencia de ocho rangos (a, b, c, d, e, f, g y h) siendo el tratamiento **T3** correspondiente a la savia obtenida de Cahuasquí, madura, hidratada, tuvo la media más baja, existiendo menor cantidad de alcoholes superiores cumpliendo así con los requisitos establecidos por la norma 375 (ver anexo 11). El tratamiento **T6** que corresponde a la savia obtenida de Tumbabiro, semi-madura, no hidratada, presentó la media más alta es decir tuvo mayor cantidad de alcoholes superiores y a pesar de que su resultado fue mayor, los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma 375.

**Cuadro 38: Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos, UTN, 2010**

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T6	5,00333	a
T2	4,90000	a
T5	4,84667	a
T1	4,76333	a
T8	4,68000	a
T4	4,60333	a
T7	3,90333	b
T3	3,02000	c

Realizada la prueba del DMS al 5% como se muestra en el cuadro 39, se determinó la presencia de dos rangos (a y b) donde el factor **A1** corresponde a la savia obtenida de Cahuasquí, tuvo la media más baja, afirmando que si la penca azul se encuentra a mayor altitud produce licor con menos cantidad de alcoholes superiores, esto se debe a que la conversión de azúcares de la savia en alcohol fue mejor, en la fermentación. El factor **A2** que corresponde a la savia de penca azul obtenida de Tumbabiro, mostró la media más alta demostrando que si la penca azul se encuentra a menor altitud produce licor con más contenido de alcoholes superiores, por lo tanto su conversión de azúcares en alcohol fue menor.

**Cuadro 39: Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización), UTN, 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A2	4,61	a
<b>A1</b>	<b>4,32</b>	<b>b</b>

Realizada la prueba del DMS para la madurez al 5% como muestra el cuadro 40, se encontró dos rangos (a y b) donde el factor **B2** corresponde a la savia de penca azul en estado maduro, tuvo la media más baja, identificando que cuando la penca azul se

encuentra en su madurez óptima nos dará como resultado menor producción de alcoholes superiores en el licor, esto se debe a las condiciones en las que se encuentran los azúcares de la savia, siendo los responsables en producir mayor cantidad de metabolitos primarios (alcohol etílico) y menor cantidad de metabolitos secundarios (alcoholes superiores). El factor **B1** que corresponde a la savia de penca azul en estado semi-maduro mostró la media más alta lo que significó que la penca azul que no ha alcanzado la suficiente madurez produce licor con mayor contenido de alcoholes superiores.

**Cuadro 40: Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez), UTN, 2010**

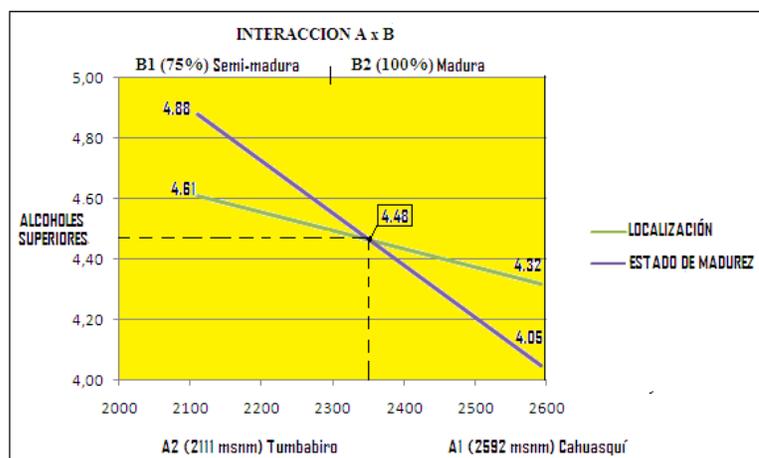
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
B1	4,88	a
<b>B2</b>	<b>4,05</b>	<b>b</b>

Realizada la prueba del DMS para la extracción al 5% como se muestra en el cuadro 41, se determinó, dos rangos (a y b) donde el factor **C1** corresponde a la savia extraída por hidratación, tuvo la media más baja, señalando que, si hidratamos el tallo de penca azul, da como resultado menor cantidad de alcoholes superiores en el licor, debido a la acción del agua en el desdoblamiento de los azúcares en alcohol, producto principal de la destilación. El factor **C2** que corresponde a la savia de penca azul extraída sin hidratación, presentó la media más alta, significando que si el tallo de penca azul no es hidratado producirá gran cantidad de alcoholes superiores, debido a que no existe reacción del agua, conocida como hidrólisis.

**Cuadro 41: Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción), UTN, 2010**

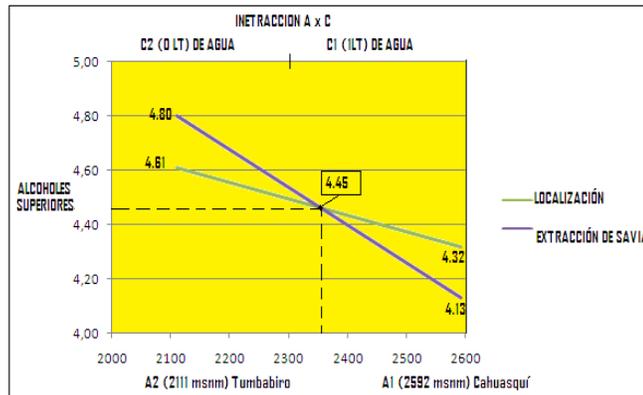
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
C2	4,80	a
<b>C1</b>	<b>4,13</b>	<b>b</b>

En el gráfico 12; se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (localidad) y **B** (estado de madurez) para la variable alcoholes superiores es de 4,48, este valor interactúa directamente entre el nivel A1 (Cahuasquí) y el nivel B2 (Madura), es decir que si queremos obtener un licor con los requerimientos establecidos por la norma 375 para alcoholes superiores, debemos partir de una penca azul en estado madura, de suelos altos, conglomerados y calizos, como es Cahuasquí.



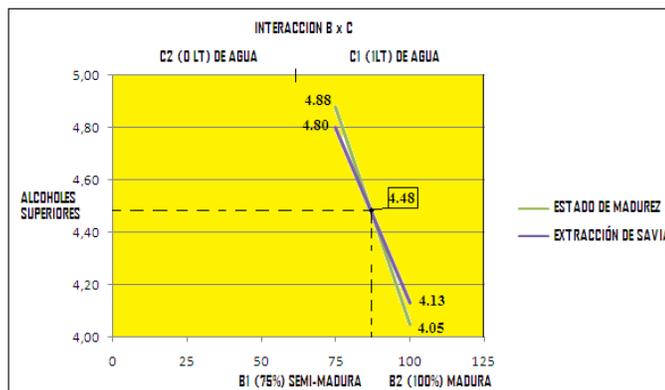
**Gráfico 12: Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor B (estado de madurez)**

En el gráfico 11; se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (localidad) y **C** (extracción de savia) para la variable alcoholes superiores, es de 4,45, este valor interactúa directamente entre el nivel A1 (Cahuasquí) y el nivel C1 (Con agua ), es decir que para obtener un licor con bajo contenido de alcoholes superiores, se necesita de una penca azul que se encuentre en zonas altas, de suelos conglomerados y calizos; extrayendo la savia mediante la hidratación del tallo.



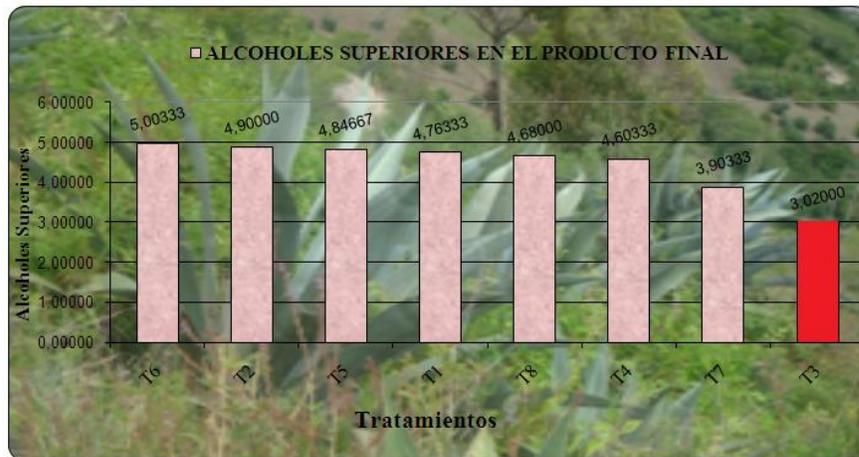
**Gráfico 13: Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor C (extracción)**

En el gráfico 14; se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores **B** (estado de madurez) y **C** (extracción de savia) para la variable alcoholes superiores es de 4,48, este valor interactúa directamente entre el nivel B2 (Madura) y el nivel C1 (Con agua), es decir que si queremos obtener un licor con los requerimientos establecidos por la norma 375 para alcoholes superiores, debemos partir de una penca azul en estado madura, extrayendo la savia mediante la hidratación del tallo, justificandose las razones en los cuadros 37 y 38.



**Gráfico 14: Interacciones entre el factor B (estado de madurez) y el factor C (extracción)**

Al observar el gráfico 15, se puede apreciar que T3 (Cahuasquí, madura, hidratada) es el tratamiento con menor cantidad de alcoholes superiores en el licor, cumpliendo con los requisitos establecidos por la norma 375.



**Gráfico 15: Comparación de alcoholes superiores en producto final**

#### 4.3.2 ACIDEZ TOTAL EN EL LICOR

A continuación en el cuadro 42 se presentan los valores medidos en la variable, acidez total del producto final.

**Cuadro 42: Acidez total en el producto final, UTN, 2010**

<b>TRAT/REPT.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>A1B1C1</b>	3,20000	3,19000	3,20000	9,59000	3,19667
<b>A1B1C2</b>	3,00000	2,99000	3,00000	8,99000	2,99667
<b>A1B2C1</b>	3,50000	3,49000	3,50000	10,49000	3,49667
<b>A1B2C2</b>	3,40000	3,41000	3,41000	10,22000	3,40667
<b>A2B1C1</b>	3,10000	3,10000	3,09000	9,29000	3,09667
<b>A2B1C2</b>	3,00000	2,99000	2,99000	8,98000	2,99333
<b>A2B2C1</b>	3,46000	3,45000	3,45000	10,36000	3,45333
<b>A2B2C2</b>	3,30000	3,30000	3,29000	9,89000	3,29667
<b>SUMA</b>	<b>25,96000</b>	<b>25,92000</b>	<b>25,93000</b>	<b>77,81000</b>	<b>3,24208</b>

Realizada la prueba de Tuckey al 5% como se ve en el cuadro 43, se encontró siete rangos (a, b, c, d, e, f y g) siendo el tratamiento **T3** que correspondió a la savia obtenida de Cahuasquí, madura, hidratada, tuvo la media más alta, concluyendo que este tratamiento presentó mayor cantidad de acidez total, esto se debe a que se partió de un pH de savia que fue ajustado entre 4 y 4,5 para su fermentación (ver cuadro 23), estos valores de pH son importantes por su efecto sobre los microorganismos, color, sabor, aroma y acción del CO<sub>2</sub>. El tratamiento **T6** corresponde a la savia obtenida de Tumbabiro, en estado semi-madura, no hidratada presentó la media más baja lo que significa que tuvo menor acidez total y su pH fue más alto, debido a la acción de las levaduras en la etapa de fermentación.

**Cuadro 43: Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos, UTN, 2010**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>T3</b>	<b>3,49667</b>	<b>a</b>
T7	3,45333	b
T4	3,40667	c
T8	3,29667	d
T1	3,19667	e
T5	3,09667	f
T2	2,99667	g
T6	2,99333	g

Realizada la prueba del DMS al 5% como muestra el cuadro 44, se determinó, dos rangos (a y b) donde el factor **A1** corresponde a la savia obtenida de Cahuasquí, tuvo la media más alta, demostrándose que si la penca azul se encuentra a mayor altitud produce licor con mayor acidez total, esto se debe a que si la penca azul esta en suelos altos y conglomerados, el resultado de la transformación de savia será gran cantidad de ácidos orgánicos. El factor **A2** corresponde a la savia obtenida de Tumbabiro, presentó la media más baja, significando que si la penca azul se encuentra a menor altitud produce menor acidez total.

**Cuadro 44: Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización), UTN, 2010**

<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>A1</b>	<b>3,27417</b>	<b>a</b>
A2	3,21000	b

Realizada la prueba del DMS para la madurez al 5% como indica el cuadro 45, se detectó dos rangos (a y b) donde el factor **B2** corresponde a la savia de penca azul en estado maduro, tuvo la media más alta, lo que permitió identificar que si la penca

azul se encuentra en su madurez óptima nos da como resultado una mayor cantidad de acidez total dentro de los límites permitidos. El factor **B1** que corresponde a la penca azul en estado semi-maduro presenta la media más baja lo que significa que la penca azul que no ha alcanzado la suficiente madurez, nos produce savia con menor cantidad de acidez total.

**Cuadro 45: Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez), UTN, 2010**

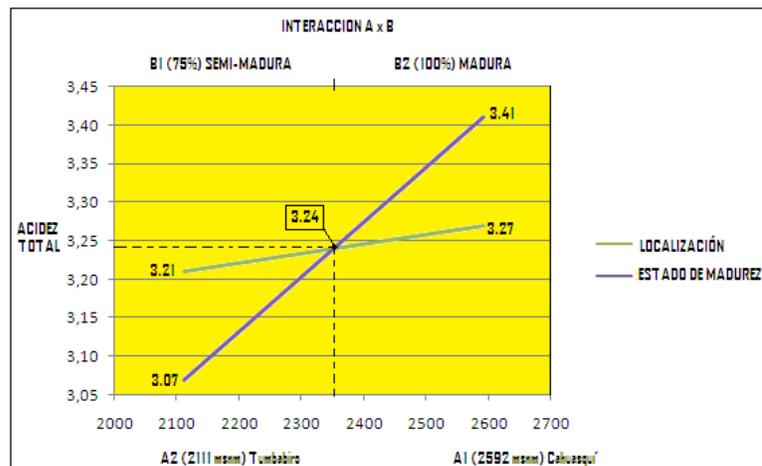
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>B2</b>	<b>3,41333</b>	<b>a</b>
B1	3,07083	b

Realizada la prueba del DMS para la extracción al 5% como se ve en el cuadro 46, se determinó, dos rangos (a y b) donde el factor **C1** corresponde a la savia de penca azul extraída por hidratación, tuvo la media más alta, demostrando que si se hidrata el tallo de penca azul da mayor acidez total en el licor, esto consideramos se debe a la acción del agua sobre los azúcares que son los productores de ácidos orgánicos, los mismos que elevan el pH. El factor **C2** que corresponde a la savia de la penca azul extraída sin hidratación, presentó la media más baja, esto significa que si el tallo no es hidratado presenta menor acidez total, debido a la baja producción de ácidos orgánicos.

**Cuadro 46: Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción), UTN, 2010**

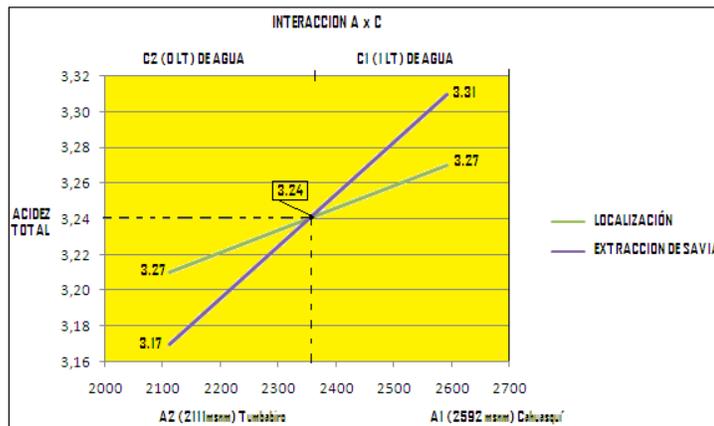
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>C1</b>	<b>3,31083</b>	<b>a</b>
C2	3,17333	b

En el gráfico 16; se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (localidad) y **B** (estado de madurez) para la variable acidez total es de 3,24. Siendo A1 (Cahuasquí) y B2 (Madurez) este punto de interacción, esto se debe a que la savia extraída de penca azul en estado maduro, de suelos calizos y de altitud produjeron licor con mayor acidez total con un pH bajo justificandose los motivos en el cuadro 30 y 31.



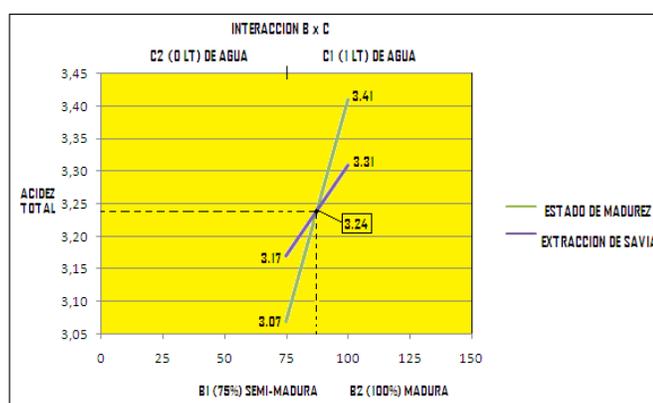
**Gráfico 16: Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor B (estado de madurez)**

En el gráfico 17: se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (Localidad) y **C** (Extracción de savia) para la variable acidez total, es de 3,24, este valor interactúa directamente entre el nivel A1 (Cahuasquí) y el nivel C1 (Hidratado) es decir un buen licor se obtiene partiendo de una savia extraída de zonas altas con suelos calizos y mediante la hidratación del tallo para así bajar su pH y por ende aumentar la acidez, valores que son inversamente proporcionales.



**Gráfico 17: Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor C (extracción)**

En el gráfico 18: se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores **B** (Estado de madurez) y **C** (Extracción de savia) para la variable acidez total, es de 3,24, este valor interactúa directamente entre el nivel B2 (Madura) y el nivel C1 (Hidratación), para lograr un buen licor, se parte de savia extraída de penca azul en estado maduro y mediante la hidratación del tallo para así obtener un menor pH aumentando la acidez total.



**Gráfico 18; Interacciones entre el factor B (estado de madurez) y el factor C (extracción)**

Al observar el gráfico 19, se puede apreciar que T3 (Cahuasquí, madura, hidratada) es el tratamiento con mayor cantidad de acidez total en el producto terminado, esto se debe a que el pH es bajo durante la etapa de fermentación haciendo que las levaduras trabajen de mejor manera.

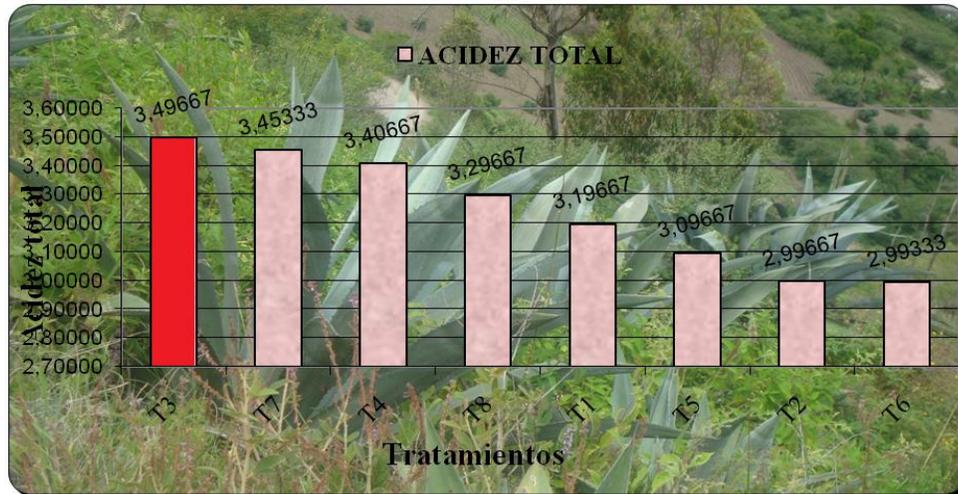


Gráfico 19; Comparación de la acidez total en el licor.

### 4.3.3 GRADO ALCOHÓLICO EN EL LICOR

A continuación en el cuadro 47 se muestran los datos de grado alcohólico del licor.

**Cuadro 47: Grado alcohólico en el licor, UTN, 2010**

<b>TRAT/REPT.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>A1B1C1</b>	30,00000	29,00000	30,00000	89,00000	29,66667
<b>A1B1C2</b>	25,00000	24,00000	25,00000	74,00000	24,66667
<b>A1B2C1</b>	39,00000	39,00000	40,00000	118,00000	39,33333
<b>A1B2C2</b>	35,00000	35,00000	36,00000	106,00000	35,33333
<b>A2B1C1</b>	27,00000	26,00000	27,00000	80,00000	26,66667
<b>A2B1C2</b>	23,00000	23,00000	24,00000	70,00000	23,33333
<b>A2B2C1</b>	37,00000	37,00000	36,00000	110,00000	36,66667
<b>A2B2C2</b>	33,00000	32,00000	33,00000	98,00000	32,66667
<b>SUMA</b>	<b>249,00000</b>	<b>245,00000</b>	<b>251,00000</b>	<b>745,00000</b>	<b>31,04167</b>

Realizada la prueba de Tuckey al 5% como se ve en el cuadro 48, se determinó seis rangos (a, b, c, d, e y f) donde el tratamiento **T3** corresponde a la savia de Cahuasquí, madura, hidratada, tuvo la media más alta, significando que este tratamiento presenta mayor grado alcohólico que es determinante de rendimiento, esto se debe a que hubo mayor conversión de azúcares en alcohol como se puede ver en el cuadro 18. El tratamiento **T6** que corresponde a la savia de Tumbabiro, semi-madura, no hidratada presentó la media más baja afirmando que este tratamiento posee menor grado alcohólico por lo tanto menor rendimiento.

**Cuadro 48: Prueba de Tuckey al 5% para los tratamientos, UTN, 2010**

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T3	39,33333	a
T7	36,66667	b
T1	35,33333	b
T8	32,66667	c
T2	29,66667	d
T4	26,66667	e
T5	24,66667	f
T6	23,33333	f

Realizada la prueba del DMS para la localidad al 5% como se ve en el cuadro 49, se detectó dos rangos (a y b) donde el factor **A1** corresponde a la savia obtenida de Cahuasquí, tuvo la media más alta, por tanto se consideró que si la penca azul se encuentra a mayor altitud produce un licor con mayor grado alcohólico, esto se debe a que en este tipo de suelos existe mayor asimilación de carbono (fotosíntesis) y almacenaje de azúcares en las piñas según (Pimienta, Zañudo, García Y Nobel, 2006). El factor **A2** que corresponde a la savia obtenida de Tumbabiro, presentó la media más baja lo que significa que si la penca se encuentra a menor altitud produce licor con menor grado alcohólico debido a que en estos suelos se reduce el almacenaje de azúcares.

**Cuadro 49: Prueba del DMS al 5% para el factor A (Localización), UTN, 2010**

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A1	32,25000	a
A2	29,83333	b

Realizada la prueba del DMS para la madurez al 5% como se indica en el cuadro 50, se encontró dos rangos (a y b) donde el factor **B2** corresponde a la savia de penca azul en estado maduro, tuvo la media más alta, demostrando que cuando la penca está en su madurez óptima mayor grado alcohólico presente en el licor, esto se debe a que existe mayor contenido de azúcares en la savia. El factor **B1** corresponde a la savia de la penca azul en estado semi-maduro, presentó la media más baja considerando que la penca azul produce un licor con menor grado alcohólico si se encuentra semi-madura.

**Cuadro 50: Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez), UTN, 2010**

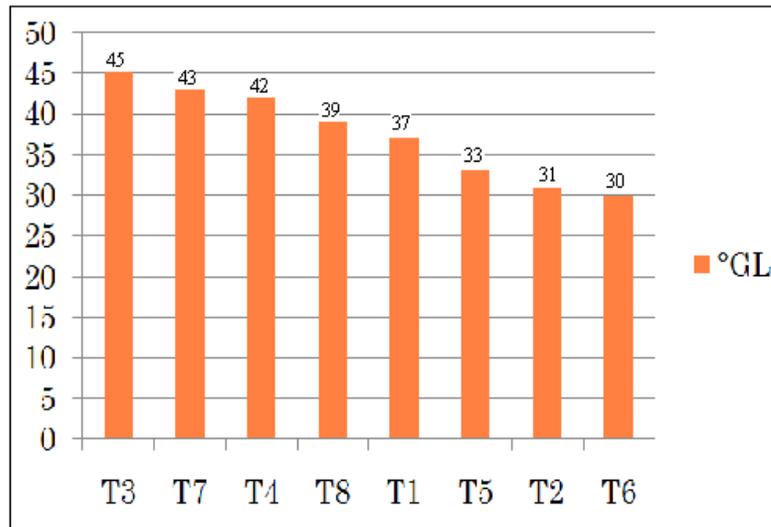
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>B2</b>	<b>36,00000</b>	<b>a</b>
B1	26,08333	b

Realizada la prueba del DMS para la extracción al 5% como se ve en el cuadro 51, se encontró, dos rangos (a y b) donde el factor **C1** corresponde a la savia extraída por hidratación, tuvo la media más alta, afirmando que si se hidrata el tallo de penca azul da licor con mayor grado alcohólico debido a que los azúcares se convierten con mayor facilidad por la adición de agua. El factor **C2** que corresponde a la savia de penca azul extraída sin hidratación, presentó la media más baja esto significa que si el tallo de penca azul no es hidratado produce licor de menor grado alcohólico debido a que sus no todos los azucares fueron desdoblados.

**Cuadro 51: Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción), UTN, 2010**

<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>C1</b>	<b>33,08333</b>	<b>a</b>
C2	29,00000	b

Del gráfico 20, se puede apreciar que **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada) fue el tratamiento con mayor grado alcohólico en el producto final, debido a que si se parte de una savia extraída de penca azul de grandes altitudes, en estado madura e hidratando el tallo, nos dará como resultado un licor con alto grado alcohólico, debido a que la mayoría de sus azúcares fueron consumidos generando mayor rendimiento.



**Gráfico 20: Comparación del grado alcohólico entre tratamientos, UTN, 2010**

#### 4.3.4 RENDIMIENTO EN EL LICOR

En el cuadro 52, se muestra los valores medidos para el rendimiento del licor.

**Cuadro 52: Rendimiento en el producto final, UTN, 2010**

<b>TRAT/REPT.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
<b>A1B1C1</b>	11,50000	11,40000	11,50000	34,40000	11,46667
<b>A1B1C2</b>	10,00000	10,50000	10,10000	30,60000	10,20000
<b>A1B2C1</b>	17,50000	17,50000	17,00000	52,00000	17,33333
<b>A1B2C2</b>	14,00000	15,50000	14,00000	43,50000	14,50000
<b>A2B1C1</b>	11,00000	11,50000	10,90000	33,40000	11,13333
<b>A2B1C2</b>	10,00000	10,00000	10,10000	30,10000	10,03333
<b>A2B2C1</b>	15,00000	15,50000	15,00000	45,50000	15,16667
<b>A2B2C2</b>	12,50000	12,40000	12,50000	37,40000	12,46667
<b>SUMA</b>	<b>101,50000</b>	<b>104,30000</b>	<b>101,10000</b>	<b>306,90000</b>	<b>12,78750</b>

Realizada la prueba de Tuckey al 5% como se ve en el cuadro 53, se detectó cuatro rangos (a, b, c y d) donde el tratamiento **T3** corresponde a la savia obtenida de Cahuasquí, madura, hidratada, tuvo la media más alta, lo que significa que este tratamiento presenta un mayor rendimiento de licor debido a que la mayoría de sus azúcares fueron consumidos debido a las levaduras presentes en la fermentación. Los tratamientos **T6** (savia de Tumbabiro, semi-madura, no hidratada), y el **T2** (savia de Cahuasquí, semi-madura, no hidratada) presentaron la media más baja, seguido por el **T5**, demostrando que estos tratamientos producen menor rendimiento de licor es decir en estos tratamientos menos fue el consumo de azúcares.

**Cuadro 53: Prueba de Tuckey al 5 % para tratamientos, UTN, 2010**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>T3</b>	<b>17,33333</b>	<b>a</b>
T7	15,16667	b
T4	14,50000	b
T8	12,46667	c
T1	11,46667	c
T5	11,13333	d
T2	10,20000	d
T6	10,03333	d

Realizada la prueba del DMS para la localidad al 5% como se ve en el cuadro 54, se determinó, dos rangos (a y b) donde el factor **A1** corresponde a la savia de penca azul obtenida de Cahuasquí, tuvo la media más alta, por lo que consideramos que si la penca azul se encuentra a mayor altitud, produce mayor rendimiento de licor, se debe a que en estos suelos se produce mayor concentración de azúcares en la piña. El factor **A2** que corresponde a la savia de penca azul obtenida de Tumbabiro, presentó la media más baja afirmando que si la penca azul se encuentra a menos altitud genera menor rendimiento de licor existiendo inversa concentración de azúcares con relación al factor antes mencionado.

**Cuadro 54: Prueba del DMS al 5% para el Factor A (Localización), UTN, 2010**

<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>A1</b>	<b>13,38</b>	<b>a</b>
A2	12,20	b

Realizada la prueba del DMS para la madurez al 5% como se indica en el cuadro 55, se detectó dos rangos (a y b) donde el factor **B2** corresponde a la savia de penca azul

en estado madura, tiene la media más alta, lo que significa que este factor presenta mayor rendimiento de licor, si la penca está en su madurez óptima debido a la excelente concentración de azúcares en este estado. El factor **B1** corresponde a la savia de penca azul en estado semi-madura, presentó la media más baja deduciéndose que si la penca azul no alcanzado su madurez produce un menor rendimiento de licor por su bajo contenido de azúcares en la etapa inicial de fermentación.

**Cuadro 55: Prueba del DMS al 5% para el factor B (Madurez), UTN, 2010**

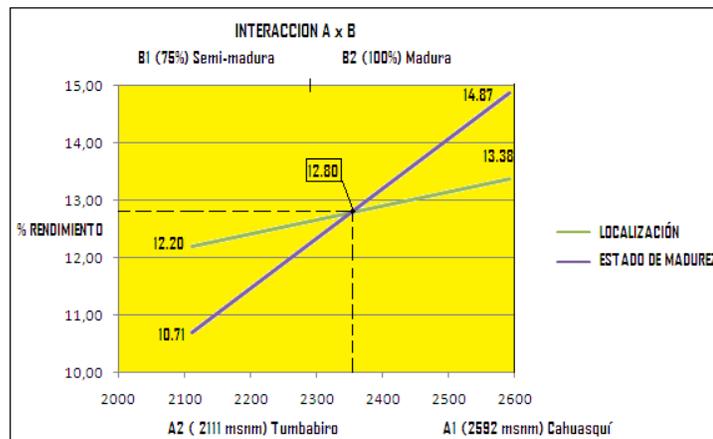
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>B2</b>	14,87	<b>a</b>
B1	10,71	b

Realizada la prueba del DMS para la extracción al 5% como se indica en el cuadro 56, se determinó dos rangos (a y b) donde el factor **C1** corresponde a la savia extraída por hidratación, tuvo la media más alta, deduciéndose que si hidratamos el tallo de penca azul da como resultado mayor rendimiento de licor, debido al efecto que ocasiona el agua sobre los azúcares volviéndolos menos complejos para que así sean asimilables en la fermentación. El factor **C2** que corresponde a la savia extraída sin hidratación, presentó la media más baja lo que significa que si el tallo de penca azul no es hidratado nos produce menor cantidad de licor debido al tardío desdoblamiento de azúcares por ausencia del agua.

**Cuadro 56: Prueba del DMS al 5% para el factor C (Extracción), UTN, 2010**

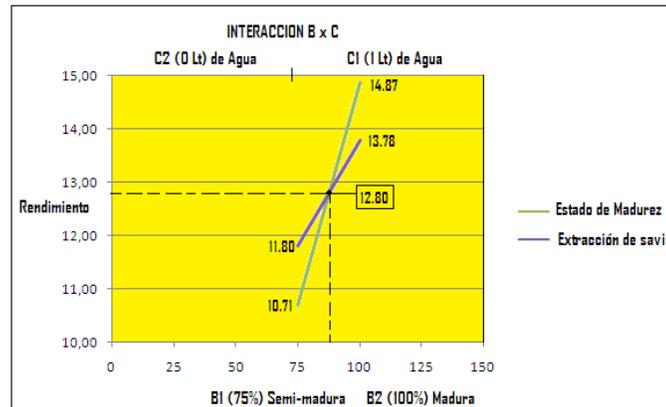
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>C1</b>	13,78	<b>a</b>
C2	11,80	b

En el gráfico 21; se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores **A** (Localidad) y **B** (Estado de madurez) para la variable rendimiento es de 12,80, este valor interactúa directamente entre el nivel A1 (Cahuasquí) y el nivel B2 (Madura) considerando que un buen rendimiento de licor se obtiene, de pencas que se encuentran en zonas altas y en estado maduro, permitiendo fácilmente la reducción de azúcares en compuestos primarios y secundarios propios de la fermentación.



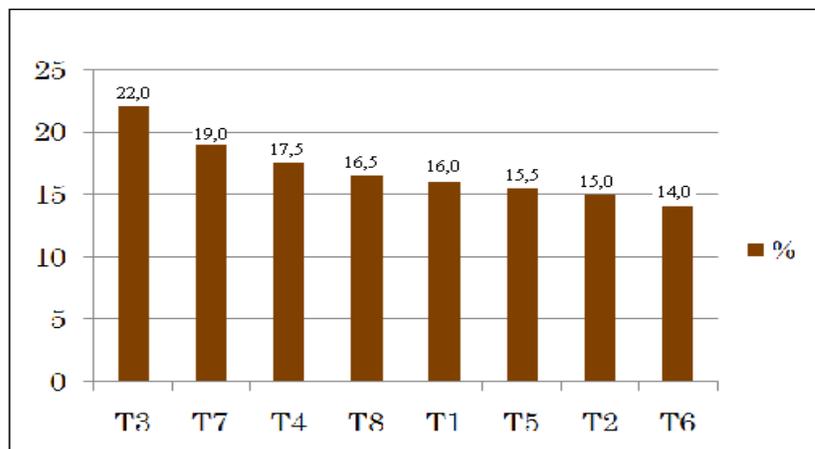
**Gráfico 21: Interacciones entre el factor A (localidad) y el factor B (estado de madurez)**

En el gráfico 22: se puede observar que el punto crítico de la interacción entre los factores **B** (Estado de madurez) y **C** (Extracción de savia) para la variable rendimiento, es de 12,80, este valor interactúa directamente entre el nivel B2 (Madura) y el nivel C1 (Con agua), es decir mayor rendimiento de licor logramos, si contamos con pencas en estado maduro e hidratando su tallo, debido a que los azúcares serán fácilmente transformados en alcohol en estas condiciones.



**Gráfico 22; Interacciones entre el factor B (estado de madurez) y el factor C (extracción)**

Al observar el gráfico 23, se puede apreciar que **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada) es el tratamiento con mayor rendimiento de licor debido a que éste, se lo obtuvo de pencas de zonas calizas y de mayor altitud, en estado maduro e hidratando su tallo, para que la mayoría de sus azúcares fueran consumidos debido a las levaduras presentes en la fermentación.



**Gráfico 23: Comparación del rendimiento en el producto final**

#### 4.4 ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

El análisis sensorial del producto terminado, se realizó con la finalidad de evaluar las características organolépticas como: color, olor, sabor y aspecto, y así determinar los tres mejores tratamientos según la aceptabilidad del panel catador; el mismo que estuvo conformado por ocho personas; estudiantes de la Universidad Técnica del Norte, comprendidos en edades de 20 a 35 años, de sexo femenino y masculino. El test de catación para la evaluación sensorial de licor obtenido a partir de la penca azul se detalla en el (anexo 5).

##### 4.4.1 Color

La valoración de la característica de color, se encuentra en el (anexo 6).

Al observar el gráfico 24, se aprecia que **T3** (Cahuasquí, Madura, Hidratada), fue el tratamiento que más aceptabilidad en color tuvo por parte del panel catador; seguido de **T4** (Cahuasquí, Madura, No hidratada) y **T7** (Tumbabiro, Madura, Hidratada); definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada.

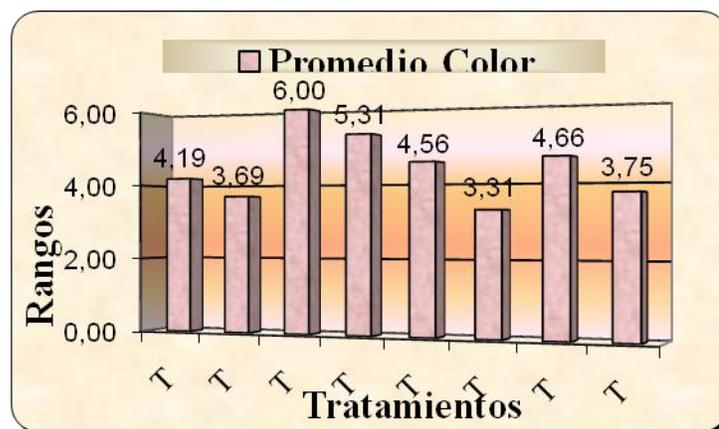
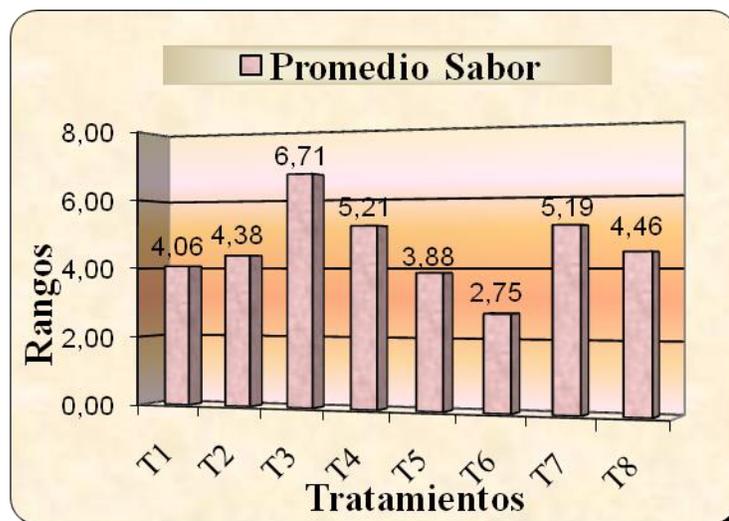


Gráfico 24: Caracterización del color en el producto terminado

#### 4.4.2 Sabor

La valoración de la característica de sabor, se encuentra en el (anexo 6).

Al observar el gráfico 25, se aprecia que **T3** (Cahuasquí, Madura, Hidratada), fue el tratamiento que más aceptabilidad en sabor tuvo por parte del panel catador; seguido de **T4** (Cahuasquí, Madura, No hidratada) y **T7** (Tumbabiro, Madura, Hidratada); definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada



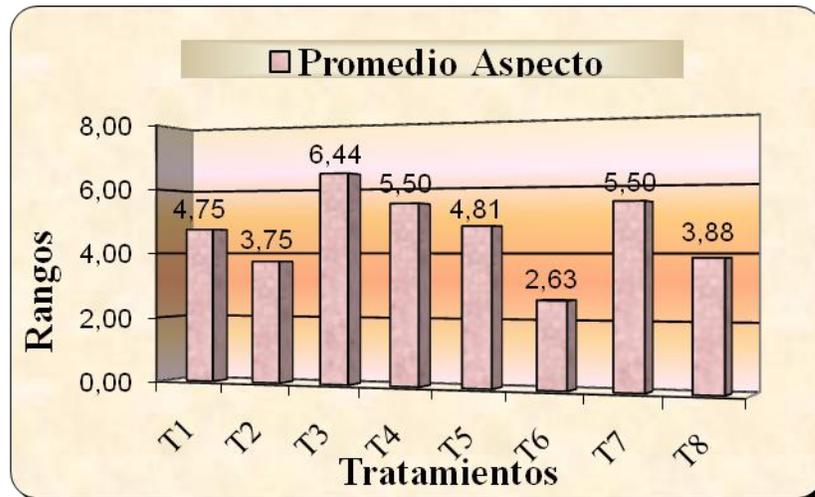
**Gráfico 25: Caracterización del sabor en el producto terminado**

#### 4.4.3 Aspecto

La valoración de la característica de aspecto, se encuentra en el (anexo 6).

Al observar el gráfico 26, se aprecia que **T3** (Cahuasquí, Madura, Hidratada), fue el tratamiento que más aceptabilidad en aspecto tuvo por parte del panel catador;

seguido de **T4** (Cahuasquí, Madura, No hidratada) y **T7** (Tumbabiro, Madura, Hidratada); definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada.

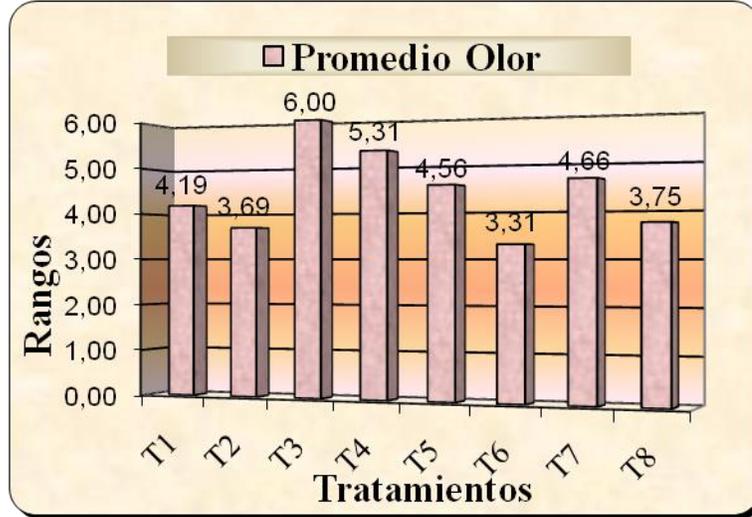


**Gráfico 26: Caracterización del aspecto en el producto terminado**

#### 4.4.4 Olor

La valoración de la característica de aspecto, se encuentra en el (anexo 6).

Al observar el gráfico 27, se aprecia que **T3** (Cahuasquí, Madura, Hidratada), fue el tratamiento que más aceptabilidad en olor tuvo por parte del panel catador; seguido de **T4** (Cahuasquí, Madura, No hidratada) y **T7** (Tumbabiro, Madura, Hidratada); definiéndose así los tres mejores tratamientos de esta variable evaluada



**Gráfico 27: Caracterización del olor en el producto terminado**

Para determinar si existe o no significación estadística en las variables de la evaluación sensorial anteriormente descritas, se realizó el análisis de Friedman al 5 % y 1%. Los valores obtenidos se detallan en el cuadro 57.

**Cuadro 57: Análisis de Friedman para las variables de la evaluación sensorial**

VARIABLE	VALOR CALCULADO X <sup>2</sup>	VALOR TABULAR X <sup>2</sup> (5%)	VALOR TABULAR X <sup>2</sup> (1%)	SIGN.
<b>COLOR</b>	6.990	15.5	20.1	NS
<b>OLOR</b>	1.184	15.5	20.1	NS
<b>SABOR</b>	20.202	15.5	20.1	**
<b>ASPECTO</b>	28.844	15.5	20.1	**

Como se puede apreciar en el análisis de Friedman para las variables de la evaluación sensorial; el sabor y aspecto tuvieron significación estadística; es decir, que para el panel catadores las tres variables fueron distintas. El olor y color fue no significativo, lo que significa que no existe diferencia en esta variable.

#### **4.5 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO PARA LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS**

A continuación se presenta la composición físico - química para los tres mejores tratamientos. Estos análisis se encuentran dentro de los rangos establecidos según Norma INEN 375 (ver anexo 11).

**Cuadro 58: Análisis Físico – Químico para T3, T4 y T7**

<b>PARÁMETROS ANALIZADOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>		
		<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T7</b>
<b>Metanol</b>	<b>mg/100g</b>	3.0	3.4	3.5
<b>Alcoholes Superiores</b>	<b>mg/100g</b>	3.0	4.6	3.9
<b>Aldehídos</b>	<b>mg/100g</b>	0.3	0.2	0.3
<b>Acidez total</b>	<b>mg/100g</b>	0.50	0.043	0.46

Los análisis microbiológicos mohos y levaduras se encuentran dentro de los rangos establecidos por la Norma INEN 1529. Los resultados que se realizaron para los mejores tratamientos de licor, se muestran en el anexo 4.

**Cuadro 59: Análisis microbiológico para T3, T4 y T7**

PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	RESULTADOS		
		T3	T4	T7
Recuento de Mohos	mg/100g	0	0	0
Recuento de Levaduras	mg/100g	0	0	0



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Se caracterizó la penca azul (*Agave americana*), en sus partes principales; hojas, raíz y tallo, empleadas para el desarrollo de esta tesis, ya que con la aparición de las inflorescencias todos los azúcares presentes en el tallo, necesarios para la fermentación, se destinan a la alimentación de los frutos que aparecerán posteriormente, siendo inapropiado para la obtención del licor.
- El estado de madurez apropiado es el maduro, **B2** por su alto contenido de (°Brix) que pueden ser aprovechados por los microorganismos para la generación de licor. Éste corresponde a la presencia de hojas secas en la base de la penca azul, así como cierta coloración verde-amarillenta en las mismas.
- Se establece que el mejor método de extracción de savia es mediante la hidratación del tallo, con agua destilada durante tres días, obteniendo así mayor cantidad de savia para fermentar, destilar y rectificar; resultando mayor rendimiento y calidad de licor esto corresponde al factor **C1**.
- Se identifica que el licor presenta mayor calidad y rendimiento (4,4 L), aquel que su savia fue extraída de la localidad de Cahuasquí (**A1**), allí se produce una savia fluída y azucarada, porque en zonas altas de baja temperatura facilita la asimilación de carbono (fotosíntesis) y el almacenaje de azúcares en las piñas y en las hojas debido a los efectos de la temperatura en la respiración, siendo entonces la mejor procedencia (**A1**) de la parroquia antes mencionada. A diferencia, el factor **A2** (Tumbabiro), cuya savia es espesa y menos azucarada, produce un licor de menor °GL y rendimiento, por que el

sitio de donde proviene tiene altas temperaturas que reducen el almacenaje de azúcares, según PIMIENTA, E; ZAÑUDO, J; GARCIA, J; NOBEL, P. (2006), produciendo un rendimiento de 2,8 L de licor de 30°GL.

- El mayor grado alcohólico se obtuvo en el **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada), con 45°GL, resaltando que se fermentó utilizando únicamente las levaduras silvestres propias de ésta savia.
- El análisis químico del licor determinó la presencia de 3,5mg de metanol, 4,6mg de Alcoholes superiores y 0.03mg de aldehídos por 100cc de muestra. Los valores están dentro de los límites permitidos para el alcohol etílico rectificado según NORMA INEN 375. Por lo tanto es apto para el consumo.
- El balance de materiales determinó que para obtener 3,5Kg de licor con 45°GL se requiere de 31,60Kg de savia de penca azul, partiendo con una materia prima (tallo) de 454,60Kg.
- Mediante las pruebas de Friedman se determinó que existe significación para el sabor y aspecto en el **T3** en donde se obtuvo los más altos puntajes en la catación, seguidos por los **T4** y **T7**. Por tanto se concluye que **T3** savia extraída de la localidad Cahuasquí, en estado madura, hidratada, permitió obtener un licor con mayor rendimiento y calidad, cumpliendo con los requisitos establecidos por la norma INEN 375.
- Se acepta la hipótesis alternativa  $H_i$ ; establecida al inicio de la investigación, es decir que el rendimiento y calidad del licor de la penca azul se ven afectados por la localidad de donde proviene, el estado de madurez de la planta y los métodos de extracción.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios de agroindustrialización de la savia de penca azul por su gran potencial para la obtención de derivados como; néctar, miel, panela, jugos refrescantes, etc.
- ✓ Se debe tener cuidado al momento de extraer la savia, debido a que las hojas de penca contiene ácido oxálico y al entrar en contacto con la piel destruye el epitelio generando una dermatitis severa y muy desagradable, para ello es importante protegerse la piel, usando guantes de látex y mascarilla.
- ✓ Se debe elaborar un plan de capacitación conjunto entre productores y responsables de la propuesta, basados en la realidad y partiendo de las necesidades comunitarias.
- ✓ Buscar alternativas, para acelerar el ciclo de cultivo de la planta de penca azul, pero sin alterar su forma natural.
- ✓ Incorporar fuentes ricas en nitrógeno y sales minerales, así como el uso de enzimas comerciales para favorecer la actividad fermentativa de las levaduras en el proceso de elaboración del licor.
- ✓ Diseñar hornos y molinos que se puedan utilizar para la obtención del licor de penca azul, para de esta manera aprovechar toda la materia prima (tallo) y evitar así grandes pérdidas.
- ✓ Ejecutar un estudio de factibilidad para la producción y comercialización del licor de savia de penca azul con los parámetros de elaboración determinados como óptimos en el presente estudio, correspondientes al tratamiento **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada).

- ✓ Determinar el tipo de levaduras existentes en la savia de penca azul y la factibilidad de extraer dichas levaduras.

## CAPÍTULO VI

### 6.1 RESUMEN

La presente investigación titulada “Obtención de licor de savia de penca azul (*Agave americana*)”, se realizó como una alternativa de rentabilidad y aprovechamiento para el Gobierno Municipal de San Miguel de Urcuquí, al darle un valor agregado a la penca azul mediante la producción de licor, experimentando tecnologías acordes al sitio de producción.

El ensayo consistió en obtener licor mediante el proceso de fermentación, destilación y rectificación, proveniente de la savia existente en el tallo de penca azul. Se aplicó el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B x C; en el que **A** corresponde a localidad, **B** estados de madurez y **C** métodos de extracción de savia; con tres repeticiones, ocho tratamientos y veinte y cuatro unidades experimentales conformadas por 24 botellas de 1litro de producto final. Para el análisis sensorial se utilizó la prueba de Friedman.

Las variables en estudio para la fermentación fueron: tiempo, variación de sólidos solubles y pH. Al producto terminado se evaluó: pH, porcentaje de sólidos solubles, acidez total, °GL, alcoholes superiores rendimiento, análisis sensorial (catación) y para los tres mejores tratamientos se realizó un análisis físico-químico y microbiológico.

Para los tres mejores tratamientos se realizó el análisis físico-químico, análisis microbiológico y balance de materiales concluyendo como mejor tratamiento **T3** (Cahuasquí, madura, hidratada).

## 6.2 SUMMARY

The present investigation entitled “obtaining of liquor of the sap of the blue penca (*American Agave*) presenting an alternative of use profitability for the Municipal Government of San Miguel of Urcuquí, giving him to the blue penca an added value by means of the production of liquor, experiencing technologies based on the production place.

The present rehearsal consisted on obtaining liquor by means of the process of fermentation, distillation and rectification, coming from the existent sap in the shaft of the blue penca. The statistical analysis that was used was, a Design Totally at random with factorial arrangement  $TO \times B \times C$ ; in the one that **A** it corresponds to localization, **B** to the states of maturity and **C** method of sap extraction. The characteristics of the experiment were three repetitions, eight treatments and twenty four experimental units conformed by 24 bottles of 1000cc of end product. For the sensorial analysis the test of Friedman was used.

The variables in study for the fermentation were; time, variation of% of soluble solids and pH. Ended product they were evaluated; pH,% of soluble solids, total acidity, °GL, alcohols superior yield, sensorial analysis (catación) and for the three better treatments one carries out a physical-chemical analysis and microbiologic.

Then it was determined the three better treatments, in which he/she was carried out the physical-chemical analysis, analysis microbiologic and balance of materials concluding as better treatment **T3** (Cahuasquí, mature. hydrous).

## CAPÍTULO VII

### 7 BIBLIOGRAFÍA

CISNEROS, O; UBIDIA, M. (2005). Elaboración de alcohol a partir del lacto suero de queso con hidrólisis de la lactosa Tesis De Grado Ingeniería Agroindustrial. Ibarra-Ecuador, UTN. p. 89-90 [2008, Mayo 15].

ESCUELA DE NUTRICIÓN Y SALUD COMUNITARIA, F.C.C.S. (1995), Composición de los alimentos Ecuatorianos. Quito-Ecuador UTN. p 43 [2008, Mayo 30].

JAY, J; LOESSNER, M; GOLDEN, D. (2009). Microbiología moderna de los alimentos. Zaragoza-España, p126, 147 [2008, Junio 23].

PANAMÁ, R. (1978). Microbiología de las bebidas. La Habana- Cuba. ed. Pueblos y Educación, p26-28 [2008, Junio 11].

PASCUA, T. (1998). Tecnología de los vinos blancos. Barcelona- España, ed. Mundi Prensa, p141, 165 [2008, Junio 03].

PIMIANTA, E; ZAÑUDO, J; GARCIA, J; NOBEL, P. (2006). Ecofisiología del Agave azul. México ed.1ra. p 21-23,55 [2008, Mayo 08].

POZO, N; GALLEGOS, L (2006). Determinación de parámetros óptimos en la elaboración de una bebida alcohólica a partir de yuca, p28 [2008, Junio 03].

SANCHEZ, P. (2003). Procesos De Elaboración de alimentos y bebidas. Madrid-España. ed. Nica. p135 [2008, Julio 04].

SORIA, A; JARAMILLO, C. (2007), Obtención de pisco utilizando un alambique de destilación. Tesis De Grado Ingeniería Agroindustrial. Ibarra-Ecuador. UTN. p 35-36 [2008, Mayo 28].

ALAMBIQUES. (1998). Tipos de destilación.

Consultada: 2008, Junio 3

Disponible en: [http://www.alambiques.com/tecnicas\\_destilacion.htm](http://www.alambiques.com/tecnicas_destilacion.htm)

BRISEÑO, O. (2006). El Agave americana uso alimentario en el Perú.

Consultada: 2008, Mayo 26.

Disponible en <http://www.chlorischile.cl/agavepardo/Agavetexto.html>.

CYBERTESIS. (2005). Agave americana (Maguey).

Consultada: 2008, Junio 11.

Disponible en <http://www.shands.org/health/spanish/article/001944html>

ENCARTA. (2006). Enciclopedia en línea.

Consultada: 2008, Junio 15.

Disponible en Microsoft Encarta.

FUNDACIÓN NUCIS, (2005) ONG, FEDE, federada de la ONU, propiedades terapéuticas.

Consultada: 2008, Mayo 21.

Disponible en <http://www.prodiversitas.bioetica.org>, 2005

GOBIERNO DEL ESTADO DE OAXACA. (2002). Maguey o agave.

Consultada: 2008, Mayo 15.

Disponible en <http://www.http://oaxaca.gob.mx/mezcal/indica.html>.

GRUPO DIPLOMADO DE NABON. (2005). Proyecto de industrialización de los productos derivados de la penca.

Consultada: 2008, Mayo 5.

Disponible en <http://www.fundacioncaritasalegres.gov.ec.pdf>. PDF.

QUIMPAC. (2007). Etapas y equipos del proceso.

Consultada: 2008, Junio 12

Disponible en

[http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/313101/313101\\_ee.htm#](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/313101/313101_ee.htm#)

WEBCINDARIO. (2003). Tipos de licores.

Consultada: 2008, Mayo 6.

Disponible en

<http://secretosabuela.webcindario.com/teoria/tipos%20de%20licores.html>

WIKIPEDIA. (2008). Agave. (Enciclopedia en línea).

Consultad: 2008, Mayo 15.

Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/agavetequilana weber/1245.html](http://es.wikipedia.org/wiki/agavetequilana_weber/1245.html).

INEN: Instituto Ecuatoriano De Normalización 1978. Bebidas alcohólicas, Determinación de la Acidez Total. Norma Técnica, NTE INEN 341. Quito-Ecuador.

INEN: Instituto Ecuatoriano De Normalización 1987. Alcohol etílico rectificado, requisitos. Norma Técnica, NTE INEN 375. Quito- Ecuador.

LUZURIAGA, O. (2010). Análisis de composición química de la penca azul. Quito-Ecuador. Laboratorios LABOLAB.

AVILA, M. (2009). Análisis físico-químico del producto final de los tres mejores tratamientos (T3, T4, T7). Ibarra-Ecuador. Laboratorios de LICORAM.

MORENO, J. (2010). Análisis microbiológico de la savia de penca azul. Ibarra-Ecuador. Laboratorios de uso múltiple FICAYA-UTN.

MORENO, J. (2010). Análisis microbiológico del producto final de los tres mejores tratamientos (T3, T4, T7). Ibarra-Ecuador. Laboratorios de uso múltiple FICAYA-UTN.

## **CAPÍTULO VIII**

### **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Análisis químico de la penca azul (*Agave americana*).



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

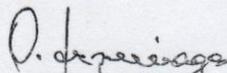
#### INFORME DE RESULTADO

Orden de trabajo N° 101800  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Vanessa Chulde  
**DIRECCIÓN:** Los Ceibos Río Quinindé 221  
**FECHA DE RECEPCION:** 18 de junio del 2010  
**MUESTRA:** Penca Azul (Agave Americana)  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Sólido color habano  
**ENVASE:** Funda de polietileno  
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 15 de junio del 2010  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 18 - 23 de junio del 2010  
**REFERENCIA:** 101800  
**MUESTREADO:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 23 °C 48 %HR

#### ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO
Humedad (%)	INEN 540	78.18
Proteína (%)	PEE/LA/01	1.05
Grasa (%)	INEN 541	0.17
Ceniza (%)	PEE/LA/03	1.66
Fibra (%)	INEN 522	12.22
Carbohidratos Totales (%)	Cálculo	6.72
Energía (Kcal/100g)	Cálculo	32.61

  
Dr. Oscar Luzuriaga  
PRESIDENTE

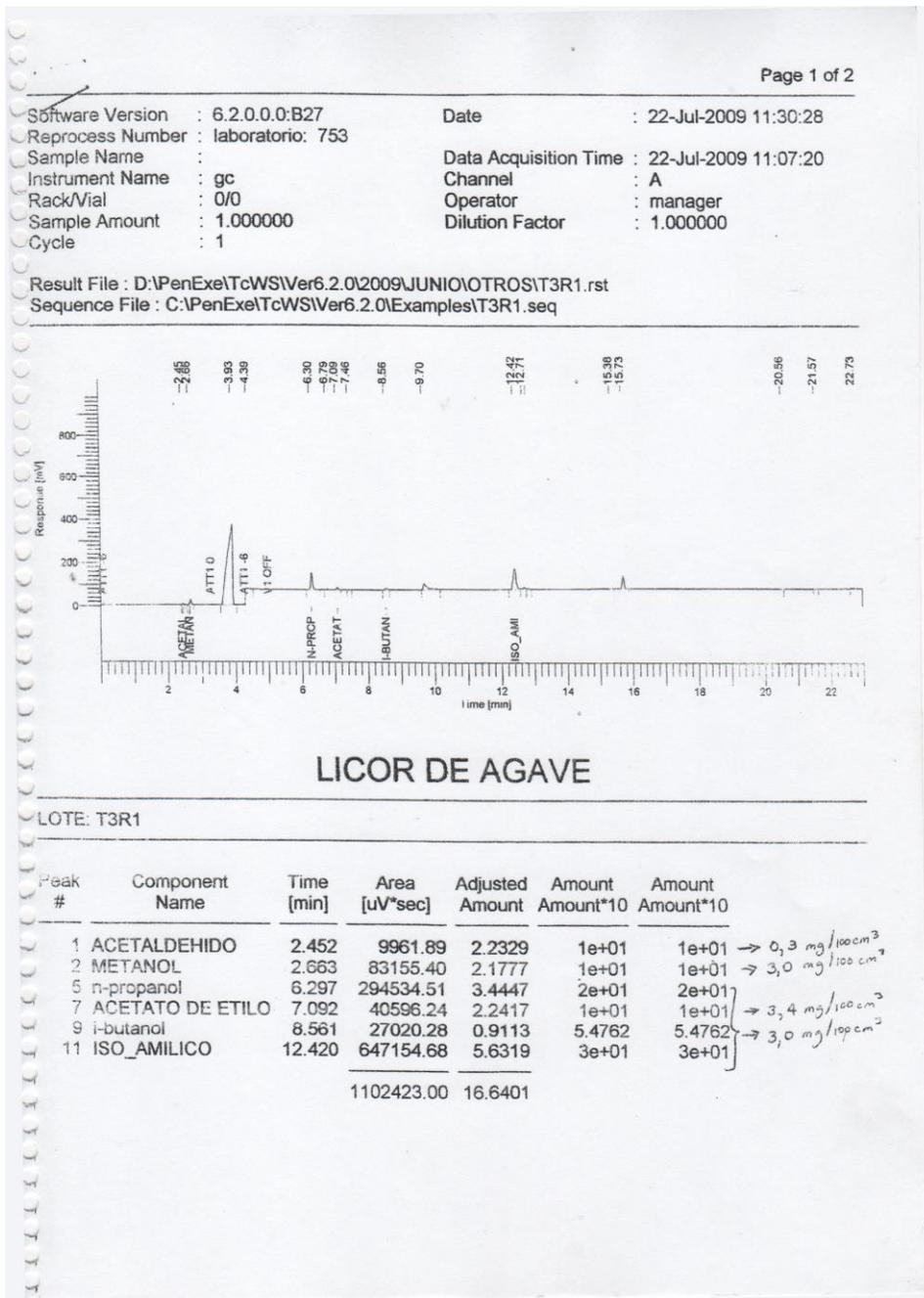


El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.

Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

## ANEXO 2

### Análisis físico-químico de los tres mejores tratamientos; T3, T4, T7 (producto final)



2009 11:30:28 Result:  
penExcel\cWS\Ver6.2.0\2009\JUNIO\OTROS\T3R1.rst

Missing Component Report

Component Expected Retention (Calibration File)

---

i-propanol	4.620
n-propilacetato	10.850
N_AMILICO	13.920
FURFURAL	17.117

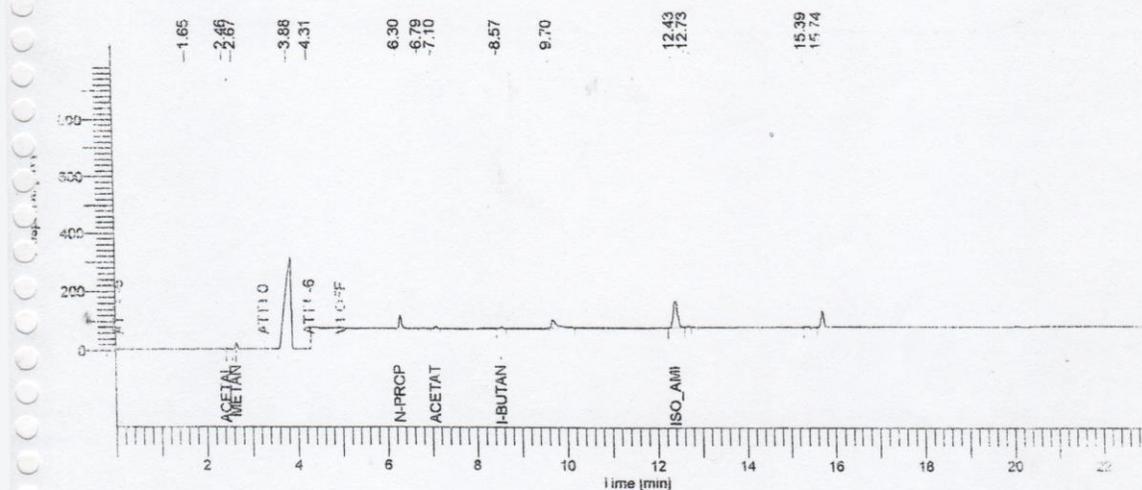
---

MARCO L. AVILA J.

---

Software Version : 6.2.0.0.0:B27 Date : 22-Jul-2009 12:27:23  
 Process Number : laboratorio: 754  
 Sample Name : Data Acquisition Time : 22-Jul-2009 12:04:17  
 Instrument Name : gc Channel : A  
 Vial : 0/0 Operator : manager  
 Sample Amount : 1.000000 Dilution Factor : 1.000000  
 Cycle : 1

Result File : D:\PenExe\TcWS\Ver6.2.0\2009\JUNIO\OTROS\T4R3.rst  
 Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.0\Examples\T4R3.seq



## LICOR DE AGAVE

NOTE: T4R3

Peak #	Component Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Adjusted Amount	Amount	Amount*10	Amount*10
2	ACETALDEHIDO	2.455	7927.85	1.9695	1e+01	1e+01	→ 0,2 mg/100 cm <sup>3</sup>
3	METANOL	2.668	63538.57	1.9659	1e+01	1e+01	→ 3,4 mg/100 cm <sup>3</sup>
6	n-propanoi	6.298	170249.22	2.4134	2e+01	2e+01	→ 4,5 mg/100 cm <sup>3</sup>
8	ACETATO DE ETILO	7.100	23841.81	1.9647	1e+01	1e+01	
9	i-butanol	8.569	15137.01	0.8176	5.5481	5.5481	→ 4,6 mg/100 cm <sup>3</sup>
11	ISO_AMILICO	12.428	643646.33	5.6061	4e+01	4e+01	
			924340.80	14.7373			

09 12:27:23 Result:  
E:\Tc\WS\Ver6.2.0\2009\JUNIO\OTROS\T4R3.rst

Using Component Report

Component	Expected Retention (Calibration File)
propanol	4.620
-propilacetato	10.850
_AMILICO	13.920
URFURAL	17.117

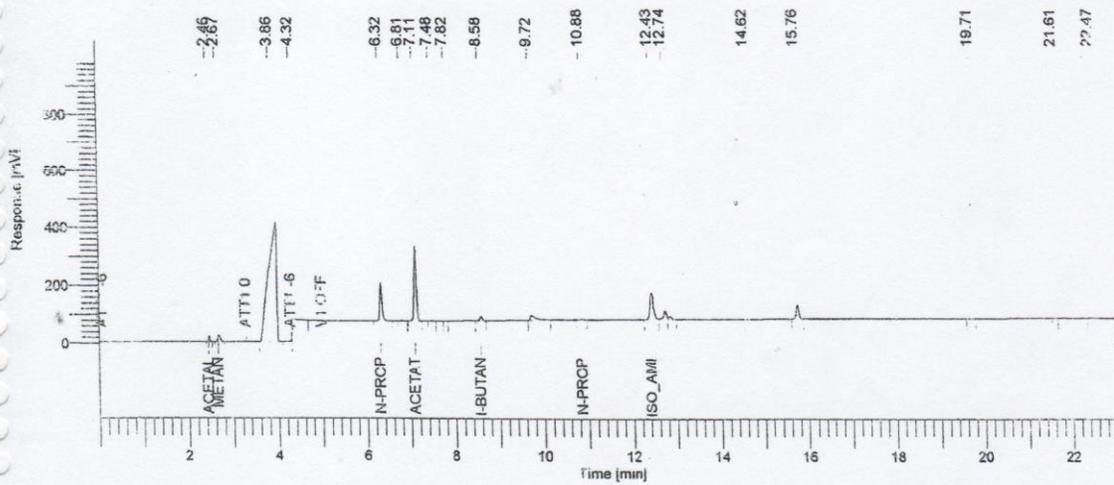
---

MARCO L. AVILA J.

---

Software Version : 6.2.0.0.0:B27 Date : 22-Jul-2009 10:36:32  
 Reprocess Number : laboratorio: 752  
 Sample Name : Data Acquisition Time : 22-Jul-2009 10:13:24  
 Instrument Name : gc Channel : A  
 Rack/Vial : 0/0 Operator : manager  
 Sample Amount : 1.000000 Dilution Factor : 1.000000  
 Cycle : 1

Result File : D:\PenExe\TcWS\Ver6.2.0\2009\JUNIO\OTROS\T1R1.rst  
 Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.0\Examples\T1R1.seq



## LICOR DE AGAVE

LOTE: T1R1

Peak #	Component Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Adjusted Amount	Amount Amount*10	Amount Amount*10
1	ACETALDEHIDO	2.458	36653.11	5.6888	2e+01	2e+01
2	METANOL	2.668	89114.57	2.2420	5.9245	5.9245
5	n-propanol	6.316	476705.52	4.9564	1e+01	1e+01
7	ACETATO DE ETILO	7.106	957283.12	17.3954	5e+01	5e+01
10	i-butanol	8.582	69110.27	1.2428	3.2842	3.2842
12	n-propilacetato	10.879	16791.93	1.5073	3.9831	3.9831
13	ISO_AMILICO	12.431	535600.20	4.8101	1e+01	1e+01
				2181258.72	37.8427	

Handwritten annotations on the right side of the table:  
 → 0,3 mg/100 cm<sup>3</sup>  
 → 3,5 mg/100 cm<sup>3</sup>  
 → 4,0 mg/100 cm<sup>3</sup>  
 → 3,9 mg/100 cm<sup>3</sup>

Jul-2009 10:36:32 Result:  
PenExe\TcWS\Ver6.2.0\2009JUNIO\OTROS\T1R1.rst

Missing Component Report

Component Expected Retention (Calibration File)

i-propanol	4.620
N_ AMILICO	13.920
FURFURAL	17.117

---

MARCO L. AVILA J.

---

### ANEXO 3

### Análisis microbiológico de la sabia del mejor tratamiento (T3)

 **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
IBARRA - ECUADOR

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE  
Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 22 -2010 Ibarra, 23 de junio de 2010

Análisis solicitado por: Vanessa Chulde  
Número de muestras: Una  
Fecha de recepción de las muestras: 17 de junio de 2010

Parámetros Analizados	Método	Unidad	Resultados
			Jugo de penca
Recuento mohos	NTE INEN 1529	UPM/g	0
Recuento levaduras		UPL/g	.8400

Atentamente:  
  
Blaq. José Luis Moreno  
ANALISTA

  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
LABORATORIO DE USO MÚLTIPLE  
FICATA

  
AUTÓNOMA DESDE 1974  
IBARRA - ECUADOR

## ANEXO 4

### Análisis microbiológico de los tres mejores tratamientos; T3, T4, T7 (Producto Final)

 **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
IBARRA - ECUADOR

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE  
Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 22 -2010 Ibarra, 28 de junio de 2010

Análisis solicitado por: Vanessa Chulda

Número de muestras: Tres, alcohol

Fecha de recepción de las muestras: 21 de junio de 2010

Parámetros Analizados	Método	Unidad	Resultados		
			T3	T4	T7
Recuento mohos	NTE INEN 1529	UPM/g	0	0	0
Recuento levaduras		UPL/g	0	0	0

Alta (firma)  
Bibq. José Luis Moreno  
ANALISTA

  
LABORATORIO DE USO MÚLTIPLE  
IBARRA - ECUADOR



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE  
Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 22 -2010

Ibarra, 28 de junio de 2010

Análisis solicitado por: Vanessa Chulde

Número de muestras: Una

Fecha de recepción de las muestras: 21 de junio de 2010

Parámetros Analizados	Método	Unidad	Jugo de penca
Recuento mohos	NTE INEN 1529	UPM/g	0
Recuento levaduras		UPL/g	650000

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno  
ANALISTA



AUTÓNOMA DESDE 1996  
IBARRA - ECUADOR

## ANEXO 5

### Guía instructiva para evaluar el licor de penca azul.

**HOJA PARA LA CATACIÓN SENSORIAL  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

CATACIÓN DE LICOR A PARTIR DE SAVIA DE PENCA AZUL (Agave Americana).

FECHA: .....

Nº DE CATADOR: .....

#### INTRODUCCIÓN

La cata se realiza a través del análisis sensorial y tiene por objeto identificar las diferentes características organolépticas de la bebida alcohólica, analizarlas e interpretarlas.

#### INSTRUCCIONES PARA EL CATADOR

- ✓ Cada una de las muestras tendrá sus propias características, positivas o negativas, y esos son los que deben contar para usted, de acuerdo con su gusto y preferencias, ya que esto es finalmente lo que se busca
- ✓ Para el siguiente análisis es necesario que usted ese dispuesto y con la mente despejada.
- ✓ El catador no debe fumar, ni ingerir alimentos o bebidas unas dos horas antes de realizar la operación.
- ✓ Las manos del catador deben estar perfectamente limpias y exentas de olores, a fin de evitar confusiones en la operación.
- ✓ Para la Catación del producto tómesese el tiempo necesario y analice detenidamente cada una de las características que se detallan a continuación.

**Color.** Observar la porción de muestra contenida en la copa a fin de determinar el color del producto (debe ser cristalino).

**Olor.** Primeramente oler el producto en reposo, luego mover la copa suavemente y en forma circular para facilitar la captación del olor, evitando la fatiga del olfato.

Dejar transcurrir por lo menos 5 minutos entre cada prueba, aspirando aire profundamente en el intervalo.

**Sabor.** Probar con sorbos de igual volumen aproximadamente de 4 a 5cc., no debiendo permanecer la bebida más de 5 segundos en la boca, transcurrido este tiempo escupir la muestra en el escupitajo (no debe pasarse).

El catador debe concentrar su atención en una propiedad particular (suavidad, acidez, amargor, dulzor, etc.).

**Aspecto.** Observar la porción de muestra contenida en la copa, a fin de determinar la transparencia del producto (aspecto turbio, presencia de grumos, sólidos en suspensión o materias extrañas).

Después de cada prueba debe tomar un poco de agua y comer una galleta, dejar pasar 5 minutos entre cada prueba.

A continuación encontrará los cuadros de alternativas establecidas con el número de muestras a evaluar.

Señale con una X las casillas que expresen su opinión de acuerdo a la escala presentada para las características de cada muestra.

**NOTA:** Considere que la evaluación de cada muestra es en extremo valiosa y que con sus calificaciones estará afectando positiva o negativamente a esa muestra, por lo que se debe realizar con extrema imparcialidad y absoluta honestidad.

CARACTERÍSTICA	ALTERNATIVA	MUESTRAS							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
<b>COLOR</b>	Muy bueno								
	Bueno								
	Malo								
<b>OLOR</b>	Muy bueno								
	Bueno								
	Malo								
<b>SABOR</b>	Muy bueno								
	Bueno								
	Malo								
<b>ASPECTO</b>	Muy bueno								
	Bueno								
	Malo								

Observaciones.-----  
 -----  
 -----  
 -----

-----¡GRACIAS.....!!!!

## ANEXO 6

**Valoración de las características de sabor, color, olor y aspecto según los catadores.**

### VALORACION DE LA CARACTERISTICA DE OLOR

PANELISTAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
P1	6	6	6	2	2	2	10	10
P2	10	6	10	10	10	6	6	2
P3	2	2	10	6	6	6	6	6
P4	10	10	10	6	2	6	10	2
P5	6	6	6	10	10	10	10	10
P6	10	6	10	6	6	2	6	6
P7	2	2	10	10	6	10	6	10
P8	6	10	10	10	10	2	10	2
<b>SUMA</b>	<b>52</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>60</b>	<b>52</b>	<b>44</b>	<b>64</b>	<b>48</b>

(Valores ponderados de acuerdo a las características)

MUY BUENO: 10

BUENO: 6

MALO: 2

### VALORACION DE LA CARACTERISTICA DE SABOR

PANELISTAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
P1	6	6	10	6	2	2	10	10
P2	10	10	10	10	6	6	6	2
P3	2	2	10	6	6	6	6	6
P4	10	10	10	10	2	6	10	6
P5	2	6	10	10	10	10	10	10
P6	10	6	10	6	6	2	6	6
P7	2	6	10	10	6	2	6	10
P8	6	10	6	2	10	2	10	2
<b>SUMA</b>	<b>48</b>	<b>56</b>	<b>76</b>	<b>60</b>	<b>48</b>	<b>36</b>	<b>64</b>	<b>52</b>

### VALORACION DE LA CARACTERISTICA DE ASPECTO

<b>PANELISTAS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
<b>P1</b>	6	6	10	6	6	2	10	10
<b>P2</b>	10	10	10	10	6	6	10	6
<b>P3</b>	6	2	10	6	10	6	6	6
<b>P4</b>	10	6	10	10	6	6	10	6
<b>P5</b>	2	6	6	10	10	2	10	10
<b>P6</b>	10	2	10	6	6	2	6	6
<b>P7</b>	6	6	10	10	6	10	6	6
<b>P8</b>	6	10	10	6	10	2	10	2
<b>SUMA</b>	56	48	76	64	60	36	68	52

VALORACION DE LA CARACTERISTICA DE COLOR

<b>PANELISTAS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
<b>P1</b>	10	10	2	2	2	2	10	10
<b>P2</b>	10	2	10	10	10	10	10	2
<b>P3</b>	2	6	10	2	6	6	6	2
<b>P4</b>	10	10	6	2	2	6	10	2
<b>P5</b>	6	6	6	10	10	10	10	10
<b>P6</b>	10	6	10	6	10	6	10	6
<b>P7</b>	10	2	10	2	10	10	10	10
<b>P8</b>	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>SUMA</b>	68	52	64	44	60	60	76	52

## ANEXO 7

### Análisis de varianza de todas las variables

#### Análisis de varianza, sólidos solubles, día 1

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	23	10,61110				
<b>Tratamientos</b>	7	10,38370	1,48339	104,37186 **	4,03000	2,66000
<b>FA (Localización)</b>	1	0,40300	0,40300	28,35561 **	8,53000	4,49000
<b>FB (Estado de Madurez)</b>	1	8,53234	8,53234	600,34037 **	8,53000	4,49000
<b>FC (Extracción de savia)</b>	1	1,35850	1,35850	95,58517 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxB)</b>	1	0,01000	0,01000	0,70390 NS	8,53000	4,49000
<b>I (AxC)</b>	1	0,01084	0,01084	0,76253 NS	8,53000	4,49000
<b>I (BxC)</b>	1	0,03450	0,03450	2,42773 NS	8,53000	4,49000
<b>I (AxBxC)</b>	1	0,03450	0,03450	2,42773 NS	8,53000	4,49000
<b>ERROR EXP.</b>	16	0,22740	0,01421			

CV= 0,99933%

NS: No significativo

\* : Significativo

\*\* : Altamente significativo

#### Análisis de varianza, sólidos solubles, día 16

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	23	4,69625				
<b>Tratamientos</b>	7	4,56292	0,65185	78,22143 **	4,03000	2,66000
<b>FA (Localización)</b>	1	0,22042	0,22042	26,45000 **	8,53000	4,49000
<b>FB (Estado de Madurez)</b>	1	3,76042	3,76042	451,25000 **	8,53000	4,49000
<b>FC (Extracción de savia)</b>	1	0,57042	0,57042	68,45000 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxB)</b>	1	0,00375	0,00375	0,45000 NS	8,53000	4,49000
<b>I (AxC)</b>	1	0,00042	0,00042	0,05000 NS	8,53000	4,49000
<b>I (BxC)</b>	1	0,00375	0,00375	0,45000 NS	8,53000	4,49000
<b>I (AxBxC)</b>	1	0,00375	0,00375	0,45000 NS	8,53000	4,49000
<b>ERROR EXP.</b>	16	0,13333	0,00833			

CV= 2,98080

**Análisis de varianza, pH 1er día, UTN, 2010**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	23	0,01718				
<b>Tratamientos</b>	7	0,01665	0,00238	71,35714 **	4,03000	2,66000
<b>FA (Localización)</b>	1	0,00107	0,00107	32,00000 **	8,53000	4,49000
<b>FB (Estado de Madurez)</b>	1	0,01215	0,01215	364,50000 **	8,53000	4,49000
<b>FC (Extracción de savia)</b>	1	0,00327	0,00327	98,00000 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxB)</b>	1	0,00007	0,00007	2,00000 NS	8,53000	4,49000
<b>I (AxC)</b>	1	0,00002	0,00002	0,50000 NS	8,53000	4,49000
<b>I (BxC)</b>	1	0,00007	0,00007	2,00000 NS	8,53000	4,49000
<b>I (AxBxC)</b>	1	0,00002	0,00002	0,50000 NS	8,53000	4,49000
<b>ERROR EXP.</b>	16	0,00053	0,00003			

CV= 0.12977

**Análisis de varianza, pH, 16avo día, UTN, 2010**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	23	0,02313				
<b>Tratamientos</b>	7	0,02253	0,00322	85,84127 **	4,03000	2,66000
<b>FA (Localización)</b>	1	0,00107	0,00107	28,44444 **	8,53000	4,49000
<b>FB (Estado de Madurez)</b>	1	0,01707	0,01707	455,11111 **	8,53000	4,49000
<b>FC (Extracción de savia)</b>	1	0,00375	0,00375	100,00000 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxB)</b>	1	0,00007	0,00007	1,77778 NS	8,53000	4,49000
<b>I (AxC)</b>	1	0,00015	0,00015	4,00000 NS	8,53000	4,49000
<b>I (BxC)</b>	1	0,00042	0,00042	11,11111 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxBxC)</b>	1	0,00002	0,00002	0,44444 NS	8,53000	4,49000
<b>ERROR EXP.</b>	16	0,00060	0,00004			

CV= 0,1999

### Análisis de varianza, tiempo de fermentación, UTN, 2010

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	23	23,33333				
<b>Tratamientos</b>	7	19,33333	2,76190	11,04762 **	4,03000	2,66000
<b>FA (Localización)</b>	1	0,66667	0,66667	2,66667 NS	8,53000	4,49000
<b>FB (Estado de Madurez)</b>	1	10,66667	10,66667	42,66667 **	8,53000	4,49000
<b>FC (Extracción de savia)</b>	1	6,00000	6,00000	24,00000 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxB)</b>	1	0,66667	0,66667	2,66667 NS	8,53000	4,49000
<b>I (AxC)</b>	1	0,66667	0,66667	2,66667 NS	8,53000	4,49000
<b>I (BxC)</b>	1	0,00000	0,00000	0,00000 NS	8,53000	4,49000
<b>I (AxBxC)</b>	1	0,66667	0,66667	2,66667 NS	8,53000	4,49000
<b>ERROR EXP.</b>	16	4,00000	0,25000			

CV= 3,8961

### Análisis de varianza de los alcoholes superiores (producto final), UTN, 2010

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	23	9,62900				
<b>Tratamientos</b>	7	9,54767	1,36395	268,31850 **	4,03000	2,66000
<b>FA (Localización)</b>	1	0,49307	0,49307	96,99672 **	8,53000	4,49000
<b>FB (Estado de Madurez)</b>	1	4,10027	4,10027	806,60984 **	8,53000	4,49000
<b>FC (Extracción de savia)</b>	1	2,64007	2,64007	519,35738 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxB)</b>	1	0,22427	0,22427	44,11803 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxC)</b>	1	0,23207	0,23207	45,65246 **	8,53000	4,49000
<b>I (BxC)</b>	1	1,60167	1,60167	315,08197 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxBxC)</b>	1	0,25627	0,25627	50,41311 **	8,53000	4,49000
<b>ERROR EXP.</b>	16	0,08133	0,00508			

CV= 1,59681

**Análisis de varianza para acidez total en el producto final, UTN, 2010**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	23	0,85500				
<b>Tratamientos</b>	7	0,85446	0,12207	3661,98214 **	4,03000	2,66000
<b>FA (Localización)</b>	1	0,02470	0,02470	741,12500 **	8,53000	4,49000
<b>FB (Estado de Madurez)</b>	1	0,70384	0,70384	21115,12500 **	8,53000	4,49000
<b>FC (Extracción de savia)</b>	1	0,11344	0,11344	3403,12500 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxB)</b>	1	0,00094	0,00094	28,12500 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxC)</b>	1	0,00034	0,00034	10,12500 **	8,53000	4,49000
<b>I (BxC)</b>	1	0,00120	0,00120	36,12500 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxBxC)</b>	1	0,01000	0,01000	300,12500 **	8,53000	4,49000
<b>ERROR EXP.</b>	16	0,00053	0,00003			

CV= 0,17808

**Análisis de varianza, grado alcohólico en el producto final, UTN, 2010**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	23	732,95833				
<b>Tratamientos</b>	7	727,62500	103,9464	311,8392 **	4,0300	2,6600
<b>FA (Localización)</b>	1	35,04167	35,04167	105,12500**	8,5300	4,4900
<b>FB (Estado de Madurez)</b>	1	590,04167	590,0416	1770,1250**	8,5300	4,4900
<b>FC (Extracción de savia)</b>	1	100,04167	100,0416	300,1250 **	8,5300	4,4900
<b>I (AxB)</b>	1	0,37500	0,37500	1,12500 NS	8,5300	4,4900
<b>I (AxC)</b>	1	1,04167	1,04167	3,12500 NS	8,5300	4,4900
<b>I (BxC)</b>	1	0,04167	0,04167	0,12500 NS	8,5300	4,4900
<b>I (AxBxC)</b>	1	1,04167	1,04167	3,12500 NS	8,5300	4,4900
<b>ERROR EXP.</b>	16	5,33333	0,33333			

CV= 1,85992

**Análisis de varianza, rendimiento en el producto final, UTN, 2010**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	23	146,56625				
<b>Tratamientos</b>	7	144,36625	20,62375	149,99091 **	4,03000	2,66000
<b>FA (Localización)</b>	1	8,28375	8,28375	60,24545 **	8,53000	4,49000
<b>FB (Estado de Madurez)</b>	1	103,75042	103,75042	754,54848 **	8,53000	4,49000
<b>FC (Extracción de savia)</b>	1	23,40375	23,40375	170,20909 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxB)</b>	1	5,13375	5,13375	37,33636 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxC)</b>	1	0,03375	0,03375	0,24545 NS	8,53000	4,49000
<b>I (BxC)</b>	1	3,76042	3,76042	27,34848 **	8,53000	4,49000
<b>I (AxBxC)</b>	1	0,00042	0,00042	0,00303 NS	8,53000	4,49000
<b>ERROR EXP.</b>	16	2,20000	0,13750			

CV: 2,89978

## ANEXO 8

**Resultados del pH y porcentaje de sólidos solubles de los 8 tratamientos durante la fermentación.**

### HOJA DE TOMA DE DATOS DE LAS DIFERENTES VARIABLES PARAMÉTRICAS

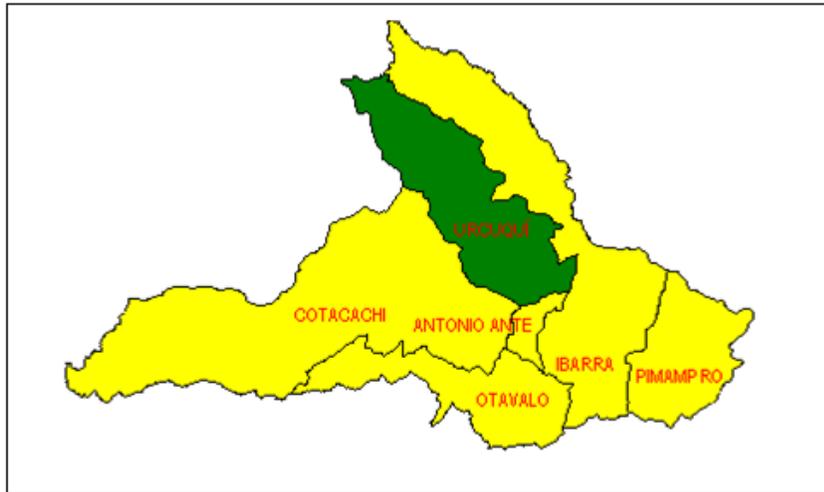
Toma N°: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ **R 1**

DIAS	VARIABLES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	°BRIX	11,80	11,20	13,00	12,40	11,50	10,90	12,70	12,00
	pH	4,45	4,47	4,41	4,43	4,46	4,49	4,42	4,44
2	°BRIX	11,00	10,90	10,40	11,60	10,80	10,50	11,20	11,90
	pH	4,37	4,40	4,20	4,29	4,39	4,45	4,24	4,31
3	°BRIX	9,80	10,20	8,80	9,40	10,00	10,40	9,00	9,60
	pH	4,29	4,36	3,99	4,20	4,32	4,40	4,17	4,24
4	°BRIX	7,30	8,40	6,20	6,80	7,80	9,10	6,50	7,00
	pH	4,21	4,29	3,78	4,10	4,22	4,30	3,92	4,15
5	°BRIX	6,50	7,30	5,10	5,50	6,90	8,50	5,30	6,10
	pH	4,00	4,17	3,67	3,92	4,11	4,26	3,80	3,97
6	°BRIX	6,10	7,00	4,70	5,20	6,50	7,70	4,90	5,80
	PH	3,80	3,87	3,49	3,74	3,84	3,89	3,63	3,79
7	°BRIX	5,80	6,60	4,30	4,90	6,20	7,00	4,50	5,40
	pH	3,55	3,71	3,20	3,51	3,67	3,78	3,40	3,52
8	°BRIX	5,40	6,30	3,90	4,50	5,90	6,70	4,20	4,90
	pH	3,48	3,62	3,13	3,45	3,53	3,64	3,34	3,47
9	°BRIX	5,00	5,90	3,20	4,00	5,50	6,20	3,70	4,50
	pH	3,44	3,54	3,10	3,34	3,97	3,59	3,27	3,40
10	°BRIX	4,50	5,50	3,00	3,70	5,00	5,90	3,40	4,00
	pH	3,40	3,49	3,07	3,29	3,43	3,51	3,20	3,37
11	°BRIX	4,10	5,10	2,70	3,50	4,70	5,50	3,00	3,80
	pH	3,55	3,41	3,05	3,03	3,02	3,02	3,02	3,02
12	°BRIX	3,88	4,90	2,50	3,10	4,20	5,20	2,70	3,50
	pH	3,27	3,33	3,03	3,13	3,29	3,35	3,05	3,20
13	°BRIX	3,40	4,30	2,40	2,70	3,80	4,80	2,60	3,00
	pH	3,15	3,25	3,02	3,04	3,17	3,29	3,03	3,11
14	°BRIX	3,20	3,80	2,40	2,70	3,60	3,90	2,60	2,90
	pH	3,07	3,19	3,02	3,04	3,08	3,23	3,03	3,05
15	°BRIX	3,20	3,50	2,40	2,70	3,40	3,70	2,60	2,90
	pH	3,07	3,10	3,02	3,04	3,08	3,11	3,03	3,05
16	°BRIX	3,20	3,50	2,40	2,70	3,40	3,70	2,60	2,90
	pH	3,07	3,10	3,02	3,04	3,08	3,11	3,03	3,05

## ANEXO 9

### Ubicación del proyecto 1. Fase (en campo)

#### MAPA DE LA PROVINCIA DE IMBABURA



#### MAPA DEL CANTÓN URCUQUÍ



## ANEXO 10

### NORMA INEN; Bebidas alcohólicas, determinación de la acidez.

Norma Ecuatoriana Obligatoria	BEBIDAS ALCOHOLICAS DETERMINACION DE LA ACIDEZ	INEN 341 1978-03
<b>1. OBJETO</b>		
1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la acidez en bebidas alcohólicas destiladas.		
<b>2. ALCANCE</b>		
2.1 Esta norma establece el método para determinar la acidez total, la acidez fija y la acidez volátil.		
<b>3. DEFINICIONES</b>		
3.1 <i>Acidez total.</i> Es la suma de los ácidos valorables obtenida cuando se lleva la bebida alcohólica a neutralidad (pH: 7), por adición de una solución alcalina.		
3.2 <i>Acidez volátil.</i> Es la suma de los ácidos volátiles valorables por neutralización de la bebida alcohólica, usando una solución alcalina.		
3.3 <i>Acidez fija.</i> Es la suma de los ácidos fijos valorables por neutralización de la bebida alcohólica, usando una solución alcalina.		
<b>4. RESUMEN</b>		
4.1 Determinar la acidez total y la acidez fija mediante titulación con hidróxido de sodio y, por diferencia, establecer el valor de la acidez volátil.		
<b>5. INSTRUMENTAL</b>		
5.1 <i>Matraz Erlenmeyer</i> , de 500 cm <sup>3</sup> .		
5.2 <i>Crisol de platino</i> , o de porcelana, de 50 cm <sup>3</sup> .		
5.3 <i>Baño de vapor</i> .		
5.4 <i>Estufa</i> , con regulador de temperatura.		
5.5 <i>Bureta</i> , de 10 cm <sup>3</sup> con graduación de 0,05 cm <sup>3</sup> .		
5.6 <i>Pipeta volumétrica</i> , de 25 cm <sup>3</sup> .		
<i>(Continúa)</i>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3899 - Ave. Colón 1183 - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

- 1 - 1977-06070

## 6. REACTIVOS

- 6.1 Solución 0,1 N de hidróxido de sodio, debidamente valorada.
- 6.2 Solución indicador de fenolftaleína, solución alcohólica al 1%.
- 6.3 Alcohol neutro.
- 6.4 Agua destilada.

## 7. PROCEDIMIENTO

- 7.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra.
- 7.2 Determinación de la acidez total.
- 7.2.1 Colocar 250 cm<sup>3</sup> de agua destilada, recientemente hervida y neutralizada, en un matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup> y añadir 25 cm<sup>3</sup> de muestra y 5 gotas de la solución de fenolftaleína; proceder a titular, utilizando la bureta, con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio.
- 7.3 Determinación de la acidez fija.
- 7.3.1 Evaporar a sequedad 25 cm<sup>3</sup> de muestra contenidos en un crisol de platino o de porcelana, sobre un baño de vapor.
- 7.3.2 Colocar el crisol y su contenido en la estufa, a 100° C, durante 30 min.
- 7.3.3 Disolver y transferir el residuo seco utilizando porciones de alcohol neutro (aproximadamente 25 cm<sup>3</sup>) a un matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup>, que debe contener 250 cm<sup>3</sup> de agua destilada, recientemente hervida y neutralizada.
- 7.3.4 Adicionar 5 gotas de solución de fenolftaleína y proceder a titular, utilizando la bureta, con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio.

## 8. CALCULOS

- 8.1 La acidez total en bebidas alcohólicas destiladas se determina utilizando la ecuación siguiente:

$$AT = 2,4 \frac{V_1}{G}$$

Siendo:

AT = acidez total, expresada como ácido acético, en gramos por 100 cm<sup>3</sup> de alcohol anhidro.

V<sub>1</sub> = volumen de solución 0,1 N de hidróxido de sodio usado en la titulación, en centímetros cúbicos (ver 7.2.1).

(Continúa)

G = grado alcohólico de la muestra (ver INEN 340).

8.2 La acidez fija se determina utilizando la ecuación siguiente:

$$AF = 2,4 \frac{V_2}{G}$$

Siendo:

AF = acidez fija, expresada como ácido acético, en gramos por 100 cm<sup>3</sup> de alcohol anhidro.

V<sub>2</sub> = volumen de solución 0,1 N de hidróxido de sodio usado en la titulación, en centímetros cúbicos (ver 7.3.4).

G = grado alcohólico de la muestra (ver INEN 340).

8.3 La acidez volátil se determina utilizando la ecuación siguiente:

$$AV = AT - AF$$

Siendo:

AV = acidez volátil.

AT = acidez total.

AF = acidez fija.

## 9. ERRORES DE METODO

9.1 La diferencia entre los resultados de una determinación afectuada por duplicado no debe exceder del 1%; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

## 10. INFORME DE RESULTADO

10.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los resultados de la determinación.

10.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

10.3 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

(Continúa)

# ANEXO 11

## NORMA INEN; Alcohol etílico rectificado.

Norma Ecuatoriana	ALCOHOL ETILICO RECTIFICADO. REQUISITOS	INEN 375 Segunda Revisión
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el alcohol etílico rectificado.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. DEFINICIONES</b></p> <p>2.1 <b>Alcohol etílico rectificado.</b> Es el producto obtenido mediante destilación y rectificación de mostos que han sufrido fermentación alcohólica, como también el producto de la rectificación de aguardientes naturales y que puede utilizarse en la elaboración de bebidas alcohólicas.</p> <p>2.2 <b>Congéneres.</b> Elementos volátiles naturales, diferentes al alcohol etílico y excluido el metanol que contiene la bebida.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>3.1 La destilación y la rectificación deben realizarse en equipos adecuados, separando el porcentaje necesario de cabezas y colas, a fin de obtener un producto que cumpla con los requisitos establecidos en la Tabla 1.</p> <p>3.2 Las cabezas y colas obtenidas con este proceso no podrán usarse para la fabricación de bebidas alcohólicas.</p> <p>3.3 El alcohol etílico rectificado podrá usarse para la fabricación de bebidas alcohólicas y usos industriales.</p> <p>3.4 El alcohol etílico rectificado para uso en industrias que no sean de bebidas alcohólicas o industrias farmacéuticas, debe desnaturalizarse mediante la adición de sustancias extrañas que lo haga impropio y desagradable para la bebida y que no sean fácilmente separables por procedimientos físicos, químicos o mecánicos.</p> <p>3.5 El alcohol etílico obtenido por procesos de síntesis no podrá utilizarse para la fabricación de bebidas alcohólicas.</p> <p>3.6 El alcohol etílico no debe contener sustancias empleadas comúnmente como desnaturalizantes de alcoholes, ni ácidos minerales u orgánicos extraños a la composición del producto.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normatización, INEN, Casilla 3989 - Daquerozo 454 y Ave. 6 de Diciembre - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

#### 4. REQUISITOS

- 4.1 El alcohol etílico rectificado debe presentar un aspecto transparente e incoloro.
- 4.2 No debe tener sabores ni olores extraños.
- 4.3 El alcohol etílico rectificado debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos del alcohol etílico rectificado.

REQUISITOS	UNIDAD	Min.	Máx.	METODO DE ENSAYO
Grado alcohólico a 15° C.	°GL	95	-	INEN 340
Acidez volátil, como ácido acético.	*	-	10	INEN 341
Esteres, como acetato de etilo.	*	-	5	INEN 342
Aldehídos, como etanal	*	-	2	INEN 343
Furfural.	*	-	0	INEN 344
Alcoholes superiores.	*	-	5	INEN 345
Metanol.	*	-	8	INEN 347
Tiempo de permanganato	min	20	-	INEN 1 546
Congéneres	*	-	18	

\* mg/100 cm<sup>3</sup> de alcohol anhidro.

- 4.4 El alcohol etílico rectificado debe ser perfectamente miscible con agua destilada en todas proporciones sin enturbiar ni presentar opalescencia.

#### 5. INSPECCION

- 5.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a la Norma INEN 339.
- 5.2 En la muestra extraída se efectuará los ensayos indicados en el numeral 4.3 de esta norma.

(Continúa)

5.3 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en el numeral 4.3 de esta norma, se extraerá una nueva muestra y se repetirán los ensayos.

5.4 Si alguno de los ensayos repetidos no cumpliera con los requisitos establecidos, se rechazará el lote correspondiente.

## 6. ENVASADO Y ROTULADO

### 6.1 Envasado

6.1.1 El alcohol etílico rectificado debe envasarse en recipientes de material resistente a la acción del producto y que no altere las características del mismo.

### 6.2 Rotulado

6.2.1 En todos los envases de hasta 300 litros de capacidad debe constar con caracteres legibles las indicaciones siguientes:

- a) razón social del fabricante,
- b) denominación del producto: *Alcohol etílico rectificado*,
- c) contenido neto en litros,
- d) grado alcohólico a 15° C,
- e) norma INEN de referencia,
- f) número de lote y fecha de fabricación,
- g) leyenda: *Industria Ecuatoriana*,
- h) dirección del fabricante, ciudad y país,
- i) las demás especificaciones exigidas por ley.

6.2.2 No debe tener leyendas de significado ambiguo ni descripciones de características del producto que no puedan comprobarse debidamente.

6.2.3 Para la comercialización al granel el fabricante emitirá un certificado con la información enumerada en el numeral 6.2.1.

6.3 La comercialización de este producto cumplirá con lo dispuesto en las Regulaciones y Resoluciones dictadas con sujeción a la Ley de Pesas y Medidas

(Continúa)

## APENDICE Z

## Z.1 NORMAS A CONSULTAR

- INEN 339 *Bebidas alcohólicas. Muestreo.*
- INEN 340 *Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico.*
- INEN 341 *Bebidas alcohólicas. Determinación de la acidez.*
- INEN 342 *Bebidas alcohólicas. Determinación de esteres.*
- INEN 343 *Bebidas alcohólicas. Determinación de aldehídos.*
- INEN 344 *Bebidas alcohólicas. Determinación de furfural.*
- INEN 345 *Bebidas alcohólicas. Determinación de alcoholes superiores.*
- INEN 347 *Bebidas alcohólicas. Determinación de metanol.*
- INEN 1 546 *Bebidas alcohólicas. Determinación del tiempo de permanganato.*

## Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ICONTEC 620. Primera Revisión. *Alcohol etílico.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1978.

Norma ITINTEC 211007 *Alcohol etílico rectificado.* Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. Lima, 1978.

## ANEXO 12

### RESULTADOS DE LA I FASE

<b>Localidad</b>	<b>Estado de madurez</b>	<b>Extracción de savia</b>	<b>Número de pencas utilizadas</b>	<b>Volumen de savia /1 penca</b>
Cahuasquí	Semi- Madura	Con agua	8	2,8 L
Cahuasquí	Semi- Madura	Sin agua	10	2,1 L
Cahuasquí	Madura	Con agua	5	4 L
Cahuasquí	Madura	Sin agua	8	2,5 L
Tumbabiro	Semi- Madura	Con agua	10	2 L
Tumbabiro	Semi- Madura	Sin agua	14	1,5 L
Tumbabiro	Madura	Con agua	7	3,3 L
Tumbabiro	Madura	Sin agua	12	1,8 L

## ANEXO 13

### GLOSARIO

**Brixómetro:** Instrumento de medida que permite establecer la cantidad de sólidos solubles de una sustancia a evaluarse y su unidad de medida es °Brix (porcentaje de contenido).

**Crasuláceo:** hierbas y arbustos dicotiledóneos, con hojas carnosas, flores cimosas y por frutos folículos dehiscentes.

**Cutícula:** Película de cutina que cubre el polo externo de las células epidérmicas de los vegetales.

**Perenne:** Que no tiene intermisión, que vive más de dos años.

**Savia:** Es el fluido transportado por los tejidos de conducción de las plantas (xilema o floema). La savia transportada por el xilema (denominada "savia bruta") consiste principalmente de agua, elementos minerales, reguladores de crecimiento y otras sustancias que se hallan en disolución.

**Suculencia:** Son aquellas plantas en las que la raíz, el tallo o las hojas se han engrosado para permitir el almacenamiento de agua en cantidades mucho mayores que en las plantas normales. Esta adaptación les permite mantener reservas de líquido durante períodos prolongados, y sobrevivir así en entornos áridos y secos que otras plantas encuentran inhabitables.

**Valor Agregado:** El valor agregado o valor añadido es el valor que un determinado proceso productivo adiciona al ya plasmado en la prima desde el punto de vista de un productor, es la diferencia entre el ingreso y los costos de la materia prima y el capital fijo.

**Valor Nutricional:** Es una serie de valores que permite establecer que sustancias conforman un alimento o producto.

**Xerofita:** Plantas adaptadas a los lugares secos.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“OBTENCIÓN DE LICOR DE SAVIA DE PENCA AZUL (*Agave americana*)”**

**AUTORAS**

Chulde Morales Digna Vanessa  
Simba Alpala Iralda Rocío

**DIRECTOR**

Ing. Luis Sandoval

**ASESORES**

Ing. Marcelo Vacas  
Ing. Gladys Yaguana  
Dr. Galo Vásquez

**BENEFICIARIOS**

Gobierno Municipal de San Miguel de Urucuquí

**Ibarra – Ecuador**

**2011**

## HOJAS DE VIDA DE LAS INVESTIGADORAS



**APELLIDOS:** Chulde Morales

**NOMBRES:** Digna Vanessa

**C. CIUDADANÍA:** 100256279-9

**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 062603-248

**TELÉFONO CELULAR:** 093007852

**Correo electrónico:** diva7832000@yahoo.es

**DIRECCIÓN:** Imbabura- Ibarra San Francisco Cdla Los Ceibos Río Quininde 2-21

**AÑO:** 20/04/2011



**APELLIDOS:** Simba Alpala

**NOMBRES:** Iralda Rocío

**C. CIUDADANÍA:** 100278898-0

**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 062954-523

**TELÉFONO CELULAR:** 086117138

**Correo electrónico:** rociosimba\_2705@yahoo.es

**DIRECCIÓN:** Imbabura- Ibarra San Francisco Cdla Los Ceibos Río Orinoco 1-64

**AÑO:** 20/04/2011

## OBTENCIÓN DE LICOR DE SAVIA DE PENCA AZUL (*Agave americana*)

Autoras: Vanessa Chulde, Rocío Simba  
Director: Ing. Luis Sandoval

### 1. RESUMEN

En la actualidad, a nivel mundial se ha incrementado la demanda de nuevos productos agrícolas que apuntan hacia la calidad, lo cual ha dado oportunidad al desarrollo de cultivos no tradicionales. La apertura de mercados de licores, así como el buen precio que se paga por ellos, ha generado una situación ventajosa para aquellos países donde la diversidad agroclimática permite cultivar ciertas especies, como es el caso del agave azul, planta que se le conoce en Ecuador como penca azul. Actualmente las comunidades del país consumen una bebida obtenida por fermentación natural del tallo de penca azul, llamada (*chahuarmishqui*), es consumida en estado fresco, debido a sus ventajas medicinales ante los resfríos, afecciones bronquiales, artritis.

La presente investigación titulada "Obtención de licor de savia de penca azul (*Agave americana*)", se realizó como una alternativa de aprovechamiento para el Gobierno Municipal de San Miguel de Urququí, al darle un valor agregado a la penca azul mediante la producción de licor, experimentando tecnologías acordes al sitio de producción.

El ensayo consistió en obtener licor mediante el proceso de fermentación, destilación y rectificación, proveniente de la savia existente en el tallo de penca azul. Se aplicó el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B x C; en el que A corresponde a localización, B estados de madurez y C métodos de extracción de savia; con tres repeticiones. Las unidades experimentales fueron de 1 Kg de producto. Las variables en estudio para la fermentación fueron: tiempo, variación de sólidos solubles y pH. Al producto terminado se evaluó: acidez total, °GL, alcoholes superiores, rendimiento y análisis sensorial (Pruebas de Friedman). Para los tres mejores tratamientos se realizó un análisis físico-químico y microbiológico concluyendo como mejor tratamiento T3 (Cahuasquí, madura, hidratada), debido a que se produjo en menor tiempo de fermentación mayor °GL (45) y mayor rendimiento (4,4 litros).

**2. PALABRAS CLAVE:** Chuahuarmisqui, Crasuláceo, Cutícula, Perenne, Suculencia, Valor agregado, Xerofita.

### 3. SUMMARY

At the present time, at world level the demand of new agricultural products has been increased that point toward the quality, that which has given opportunity to the development of non traditional cultivations. The opening of markets of liquors, as well as the good price that pays you for them, has generated an advantageous situation for those countries where the diversity agroclimática allows to cultivate certain species, like it is the case of the blue agave, it plants that he/she is known in Ecuador like blue penca. At the moment the domestic communities consume a drink obtained by natural fermentation of the shaft of blue penca, call (*chahuarmishqui*), it is consumed in fresh state, due to their medicinal advantages before the resfríos, bronchial affections, arthritis.

The present investigation entitled "Obtaining of liquor of the sap of the blue penca (*American Agave*) presenting an alternative of use profitability for the Municipal Government of San Miguel de Urququí, giving him to the blue penca an added value by means of the production of liquor, experiencing technologies based on the production place.

The present rehearsal consisted on obtaining liquor by means of the process of fermentation, distillation and rectification, coming from the existent sap in the shaft of the blue penca. The statistical analysis that was used was, a Design Totally at random with factorial arrangement TO x B x C; in the one that a it corresponds to localization, B to the states of maturity and C method of sap extraction, were three repetitions. The experimental units conformed by of 1Kg of product. The

variables in study for the fermentation were; time, variation of% of soluble solids and pH. Ended product they were evaluated; total acidity, °GL, alcohols superior and yield, sensorial analysis (Friedman test) and for the three better treatments one carries out a physical-chemical analysis and microbiologic concluding as better treatment T3 (Cahuasquí, mature. hydrous) because °GL took place in smaller time of more fermentation bigger °GL (45) and bigger yield (4,4 liters).

**KEY WORDS:** Chuahuarmisqui, Crasuláceo, Cuticle, Perennial, Succulency, added value, Xerofita.

#### 4. INTRODUCCIÓN

Existe un desconocimiento de tecnologías para la obtención de licor a partir de la penca azul debido a la ausencia de incentivos agrícolas y financieros. Esta materia prima no tiene valor agregado, por la falta de investigación de sus características, condiciones de producción, rentabilidad económica e industrialización obligando a la población de estos sectores productivos a abandonar la actividad agrícola y migrar, generando índices de pobreza, desempleo y delincuencia.

El Gobierno cantonal de Urcuquí, vio necesario realizar un estudio de rentabilidad del aprovechamiento de la penca azul, razón por la cual se propone una alternativa de solución dándole valor agregado por medio de la producción de licor, insertando una alternativa tecnológica e incentivando así el cultivo. La inversión y promoción de este cultivo incrementará los ingresos económicos, mejorando los estándares de vida.

- Obtener licor de savia de penca azul (*Agave americana*).
- Caracterizar a la penca azul en sus partes principales.
- Determinar el estado de madurez de la planta para la extracción de savia para obtener licor.
- Establecer el método de extracción de savia que mejor rendimiento y calidad de licor genere.
- Definir el mejor tratamiento obtenido durante la investigación con base en el rendimiento y calidad de licor obtenido.
- Identificar el rendimiento y calidad del licor de la penca azul proveniente de dos localidades (Tumbabiro y Cahuasquí).
- Evaluar las características de calidad del licor de la penca azul mediante análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.

**Hi:** El rendimiento y calidad del licor de penca azul se ven afectados por la localidad de donde proviene, el grado de madurez y los métodos de extracción.

**Ho:** El rendimiento y calidad del licor de penca azul no se ven afectados por la localidad de donde proviene, el grado de madurez y los métodos de extracción.

#### 5. MATERIALES Y MÉTODOS

##### 5.1 Materia prima

Penca azul de Tumbabiro y Cahuasquí (*Agave americana*)

##### 5.2 Insumos

Agua destilada

Ácido cítrico

##### 5.3 Equipos y Materiales

-Balanza gramera.

-Refractómetro

-Potenciómetro

-Alambique

-Recipientes de plástico de 20 litros

-Botellas de vidrio de 200ml.

-Termómetro

-Materiales de laboratorio.

-Material y equipo de oficina.

-Materiales de limpieza.

## 5.4 LOCALIZACIÓN

Se realizó en dos lugares: 1.) Campo: Cahuasquí y Tumbabiro, parroquias del cantón Urcuquí y 2.) Los laboratorios de la escuela de Ing. Agroindustrial de la FICAYA.

## 5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

La fase experimental de este proyecto empezó el 28 de Julio del 2009 y termino el 21 de Agosto de mismo año. Es necesario destacar que la savia es mas fluída y azucarada, si se la obtiene de zonas altas de baja temperatura ya que facilitan la asimilación de carbono (fotosíntesis) y el almacenaje de azúcares en las piñas y en las hojas debido a los efectos de la temperatura en la respiración. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial: A x B x C.

**Unidad experimental:** 24 botellas de 1 Kg de licor.

**Número de repeticiones:** Tres

## 5.6 VARIABLES EVALUADAS

### 5.6.1 VARIABLES CUANTITATIVAS:

Variación de pH, °Brix, tiempo de fermentación, grado alcohólico, acidez total, alcoholes superiores y rendimiento.

### 5.6.2 VARIABLES CUALITATIVAS

Para conocer la aceptabilidad del producto y seleccionar los tres mejores tratamientos, se realizó pruebas de degustación, evaluadas mediante un panel de 8 catadores de edades comprendidas entre 20 y 35 años, de sexo femenino y masculino determinando color, sabor, olor y aspecto.

### 5.6.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS.

La calidad del licor se comprobó por análisis microbiológico con recuento de mohos y levaduras, en base a la norma INEN 1529 y la composición química en base a la norma INEN 375.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 VARIACIÓN DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES

El tratamiento 3, es el mejor, indicando que la actividad de las levaduras fue más notoria hasta el cuarto día, de los 16 días que duró la fermentación. Concluyéndose que la savia extraída de pendientes y suelos calizos (Cahuasquí), en estado maduro e hidratando su tallo, produce una mejor y mayor conversión de °Brix en alcohol.

### 6.2 VARIACIÓN DE PH

El tratamiento 3 es el mejor, aquí se produjo mayor decremento del pH desde 4,41 en el primer día hasta 3,78 al 4to día, llegando al final de la fermentación con 3,02, pH menores a este reducen la actividad de las levaduras y pH mayores producen el ataque de microorganismos indeseables.

### 6.3 TIEMPO DE FERMENTACIÓN

El tratamiento 3 fue el primero que culmina la etapa de fermentación, manteniéndose constantes el °Brix y pH en valores mínimos a partir del día once.

### 6.4 ALCOHOLES SUPERIORES

El tratamiento 3 es el que menor cantidad de alcoholes superiores tuvo, cumpliendo así con los requisitos establecidos por la norma 375.

### 6.5 ACIDEZ TOTAL

El tratamiento 3 es el que presentó mayor acidez total esto se debe a que el pH es bajo durante la etapa de fermentación haciendo que las levaduras trabajen de mejor manera.

### 6.6 GRADO ALCOHÓLICO

El tratamiento 3 es el que mayor grado alcohólico produjo, debido a que la mayoría de sus azúcares fueron consumidos generando mayor rendimiento.

### 6.7 RENDIMIENTO

El tratamiento 3 es el de mayor rendimiento de licor debido a que la mayoría de sus azúcares fueron consumidos debido a las levaduras presentes en la fermentación.

## 7. CONCLUSIONES

- ✓ Las partes principales de la penca azul (*Agave americana*), son; hojas, raíz y tallo, empleadas para el desarrollo de esta tesis. Con la aparición de las inflorescencias todos los azúcares presentes en el tallo, necesarios para la fermentación, se destinan a la alimentación de los frutos, siendo inapropiado para la obtención del licor.

diferencia, el factor A2 (Tumbabiro), cuya savia fue espesa y menos azucarada, produjo un licor de menor °GL y rendimiento, debido a que el sitio de dónde provino las temperaturas son altas las cuales reducen el almacenaje de azúcares.

- ✓ Se acepta la hipótesis alternativa Hi; establecida al inicio de la investigación, es decir que el rendimiento y calidad del licor de la penca azul se ven afectados por la localidad de donde proviene, el estado de madurez de la planta y los métodos de extracción.

#### 8. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de industrialización de savia de penca azul por su gran potencial medicinal, para la obtención de derivados como; néctar, miel, panela, jugos refrescantes, etc.
- Tener cuidado al momento de extraer la savia, debido a que las hojas de penca contiene ácido oxálico y al entrar en contacto con la piel destruye el epitelio generando una dermatitis severa y muy desagradable, para ello es importante protegerse la piel, usando guantes de látex y mascarilla.
- Incorporar fuentes ricas en nitrógeno y sales minerales, así como el uso de enzimas comerciales para favorecer la actividad fermentativa de las levaduras en el proceso de elaboración del licor.
- Determinar el tipo de levaduras existentes en la savia de penca azul y la factibilidad de su uso.

#### 9. BIBLIOGRAFÍA.

**CISNEROS, O; UBIDIA, M.** (2005). Elaboración de alcohol a partir del lacto suero de queso con hidrólisis de la lactosa Tesis De Grado Ingeniería Agroindustrial. Ibarra-Ecuador, UTN, 2008.

**ESCUELA DE NUTRICIÓN Y SALUD COMUNITARIA, F.C.C.S.** (1995), Composición de los alimentos Ecuatorianos. Quito-Ecuador UTN. 2008.

**JAY, J; LOESSNER, M; GOLDEN, D.** (2009). Microbiología moderna de los alimentos. Zaragoza-España. 2008.

**PANAMÁ, R.** (1978). Microbiología de las bebidas. La Habana- Cuba. ed. Pueblos y Educación, 2008.

**PASCUA, T.** (1998). Tecnología de los vinos blancos. Barcelona- España, ed. Mundi Prensa, 2008.

**PIMIENTA, E; ZAÑUDO, J; GARCIA, J; NOBEL, P.** (2006). Ecofisiología del Agave azul. México ed. 1ra. 2008.

**POZO, N; GALLEGOS, L** (2006). Determinación de parámetros óptimos en la elaboración de una bebida alcohólica a partir de yuca. 2008.

**SANCHEZ, P.** (2003). Procesos De Elaboración de alimentos y bebidas. Madrid- España. ed. Nica. 2008.

**SORIA, A; JARAMILLO, C.** (2007), Obtención de pisco utilizando un alambique de destilación. Tesis De Grado Ingeniería Agroindustrial. Ibarra-Ecuador. UTN. 2008.

- [http://www.alambiques.com/tecnicas\\_destilacion.htm](http://www.alambiques.com/tecnicas_destilacion.htm)
- <http://www.chlorischile.cl/agavepardo/Agavetexto.html>
- <http://www.shands.org/health/spanish/article/001944html>
- <http://www.prodiversitas.bioetica.org>, 2005
- <http://www.http://oaxaca.gob.mx/mezcal/indica.html>
- <http://www.fundacioncaritasalegres.gov.ec.pdf>. PDF.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/agavetequilana\\_weber/1245.html](http://es.wikipedia.org/wiki/agavetequilana_weber/1245.html)

  
Ing. Luis Sandoval  
DIRECTOR DE TESIS