

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE JUGO DE  
CAÑA, CACHAZA Y MELAZA, MEDIANTE LA  
INCORPORACIÓN DE DOS NIVELES DE FERMENTO  
(*Saccharomyces cerevisiae*)”**

**AUTORES:**

- ✿ Campués Tulcán Jenny Karina
- ✿ Tarupí Rosero Juan Carlos


**DIRECTOR**

Ing. Walter Quezada. Msc.

**IBARRA - ECUADOR**

**2011**



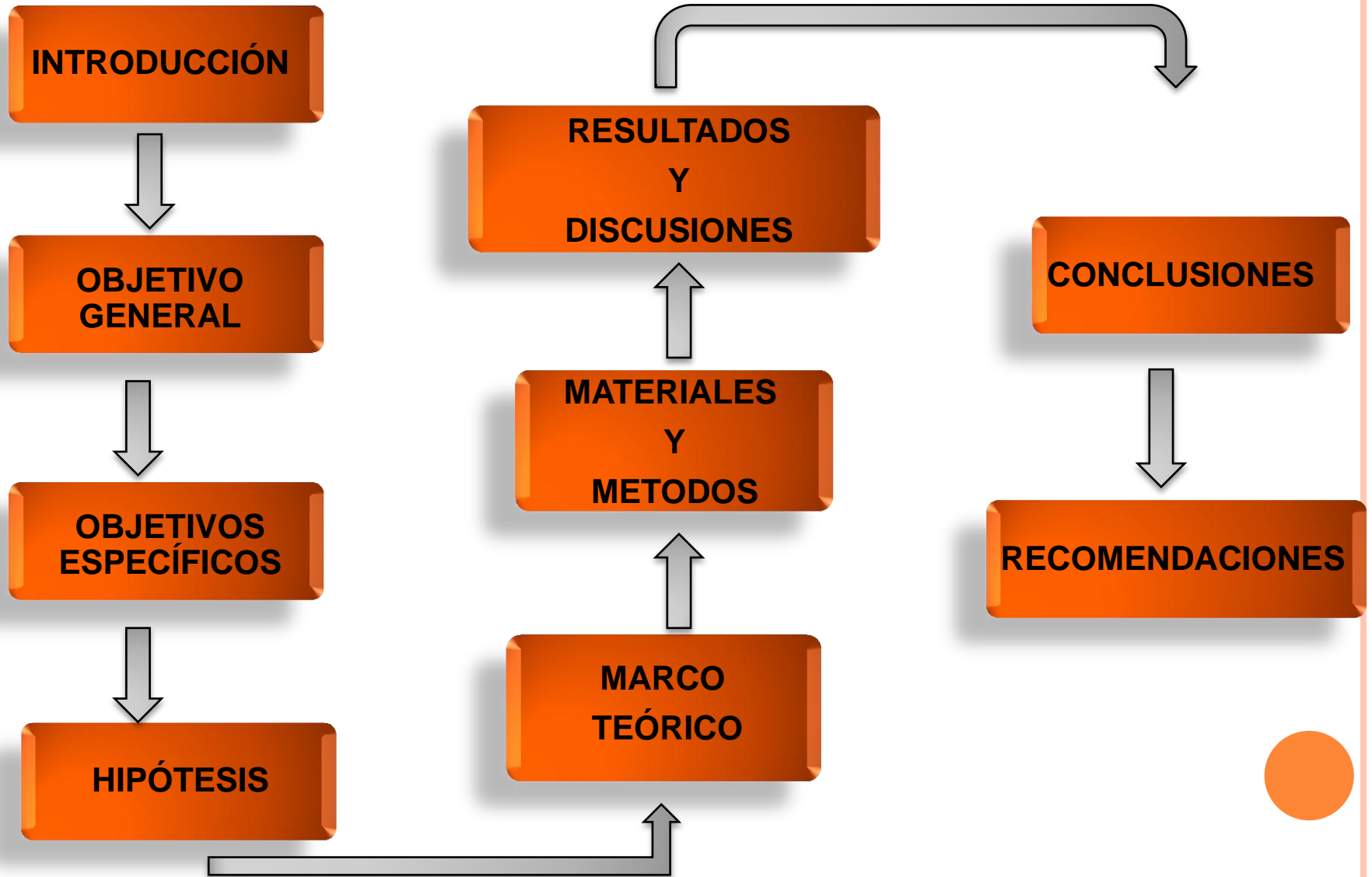


La caña de azúcar es una de las principales materias primas en el país, de la misma que se extrae jugo de caña para obtener productos como Azúcar, Panela, Alcohol etc.

En la industria Azucarera podemos encontrar subproductos como la melaza, en la industria panelera tenemos la cachaza.



# CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN



Los productores por desconocimiento en procesos tecnológicos que lleven a un mayor rendimiento, no aprovechan estos subproductos de forma adecuada ocasionando serias pérdidas económicas.

Los subproductos más importantes como la melaza y cachaza de la Industria Azucarera y Panelera respectivamente, tendrán un incremento considerable.

## Introducción

Buscar alternativas que permitan obtener buenos rendimientos de alcohol

En el caso las micro empresas la producción de alcohol es de forma artesanal, en donde no se adiciona fermento de tipo comercial (*Saccharomyces cerevisiae*)

Actualmente los medianos y pequeños agricultores están incrementando la superficie de siembra de la caña de azúcar.

# OBJETIVO GENERAL

Obtener alcohol a partir de jugo de caña, cachaza y melaza, mediante la incorporación de dos niveles de fermento (*Sacharomyces cerevisiae*).

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar tiempo de fermentación y Brix finales del mosto fermentado de jugo de caña, cachaza y melaza.

Determinar el rendimiento de alcohol y grado alcohólico de acuerdo a la concentración óptima de fermento, incorporado en la dilución de jugo de caña, cachaza y melaza.

Determinar las características físico-químicas del alcohol obtenido a partir de jugo de caña, cachaza y melaza, en el mejor tratamiento de cada muestra (aldehydos, alcoholes superiores, esteres y metanol).

Evaluar las características sensoriales, como (olor, color, sabor), del alcohol obtenido a partir de jugo de caña, cachaza y melaza, en el mejor tratamiento de cada muestra.

# HIPÓTESIS

## **Hi:**

- La concentración de fermento influye en el rendimiento de alcohol producido a partir de jugo de caña, cachaza y melaza.

## **Ho:**

- La concentración de fermento no influye en el rendimiento de alcohol producido a partir de jugo de caña, cachaza y melaza.

# MARCO TEÓRICO

MP





# LA CAÑA

La caña es una gramínea gigante de género *Saccharum* que se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, por su elevado contenido de azúcares en el tallo, es utilizada como materia prima para agroindustria panelera y azucarera.

## COMPOSICIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

COMPONENTES	PORCENTAJE
Agua	73-76
Sólidos	24-26
Sólidos solubles	10-16
Fibra seca	11-18

MP



# JUGO DE CAÑA

- Se define jugo de caña al líquido obtenido de la molienda de la caña de azúcar, el mismo que es utilizado en las industrias productoras de panela, azúcar y alcohol.

## COMPOSICIÓN DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR

<b>Componentes</b>	<b>Porcentaje %</b>
Agua	81-85
Solidos Solubles	15-21
Sales	0.23-0.67
Proteinas	0.08-0.11
Gomas-Almidones	0.05-0.05
Azucares	
Sacarosa	12.5-16.72
Glucosa	0.3-0.76
Fructosa	0.3-0.76



## CACHAZA

**Residuo** que se elimina en el proceso de clarificación del jugo de caña durante la fabricación del azúcar o panela.

Es un material rico en fósforo calcio nitrógeno y materia orgánica.

Se usa principalmente como abono ya que mejora algunas propiedades físicas y químicas del suelo, aun que también se emplea en alimentación de ganado vacuno.



# MELAZA

Las melazas, mieles finales, suelen ser definidas por muchos autores como los residuos de la cristalización final del azúcar de los cuales no se puede obtener más azúcar por métodos físicos.

También se define como jarabe o líquido denso y viscoso, separado de la misma masa cocida final en la obtención de azúcar.

## COMPOSICIÓN DE LA MELAZA.

Componente	Cantidad
Materias secas	80 %
Polarización	27
Sacarosa	36 %
No azúcares	44 %
Brix	90
Pv (Pureza verdadera)	45
Pg(Pureza por gravedad)	40
Pa(Pureza aparente)	30



# ALCOHOL

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

El alcohol etílico o Etanol, cuya fórmula química es  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$ , es el componente activo esencial de las bebidas alcohólicas. Puede obtenerse a través de dos procesos de elaboración: la fermentación o descomposición de los azúcares y la destilación, consistente en la depuración de las bebidas fermentadas.

## PROCESOS EN LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL.

### LA FERMENTACIÓN

- Los azúcares contenidos en el mosto se convierten en alcohol etílico, debido a la acción de las levaduras.

### LA DESTILACIÓN

- El calor hace que el jugo se evapore, el vapor pasa por un serpentín, el agua fría se usa para condensar el vapor hasta obtener un líquido transparente.



# CONDICIONES PARA LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

- **Levaduras:** Se recomienda la adición de 15 a 20 g/hl de mosto



- **pH del Mosto:** de 4.5 y 5.0



- **Concentración de Azúcar:** Del 10 a 22 %



- **Oxígeno Necesario**



- **Temperatura :** de 13-14 °C hasta los 33-35 °C



# MATERIALES Y MÉTODOS

MP





# MATERIALES Y MÉTODOS

**MATERIALES**

**DIAGRAMAS DE  
PROCESO**

**MÉTODOS**

**VARIABLES**

**FACTORES**



# Materiales

## Materia prima e insumos

Jugo de caña  
Cachaza  
Melaza (IANCEM)  
Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)  
Acido cítrico

## Materiales y equipos de proceso

Envases Plásticos de 18 lt.  
Olla de Aluminio  
Cocina Industrial  
Mangueras  
Colador  
Jarras  
Embudos

## Material de laboratorio

Probeta de 1000 y 250 ml  
Termómetro  
Vaso de precipitación de 500 ml  
Cronómetro  
Mechero de gas

## Equipos de proceso

Balanza gramera digital  
pH metro  
Refractómetro  
Alcoholímetro  
Alambique



# Métodos

## Localización del Experimento.

La presente investigación se realizó en el “Laboratorio de Azúcares de la Universidad Técnica del Norte” el mismo que está ubicado en la ciudadela San Andrés en la Parroquia del Sagrario; y el análisis del producto final se envió al laboratorio de control de calidad LICORES DE AMERICA “LICORAM”.

## Datos Informativos del lugar

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Temperatura	17,4 °C
Altitud	2250 m.s.n.m
Clima	Templado
Humedad relativa	73 %

# Factores en Estudio

## FACTOR A:

Tipo de materia prima (jugo de caña, cachaza y melaza) (19 °Brix)

**A1**= Jugo de caña

**A2**= Cachaza panelera

**A3**= Melaza azucarera (IANCEM)

## FACTOR B:

Cantidad de fermento (*Saccharomyces cerevisiae*)

**B1**= 0.15 g/lt

**B2**= 0.20g/lt



## Tratamientos en Estudio

Tratamientos	Factor A	Factor B	Combinaciones
T1	A1	B1	A1B1
T2	A1	B2	A1B2
T3	A2	B1	A2B1
T4	A2	B2	A2B2
T5	A3	B1	A3B1
T6	A3	B2	A3B2

## Diseño Experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) donde en factor A es el tipo de materia prima utilizada en la investigación y el factor B es la cantidad de fermento (*Saccharomyces cerevisiae*) por litro de mezcla (dilución), obedeciendo a un arreglo factorial de A x B. se obtuvo como resultado 6 tratamientos a los cuales se les repitió 3 veces.



## Esquema del análisis de la varianza

F de V	GL
TOTAL	17
TRATAMIENTOS	5
FACTOR A	2
FACTOR B	1
FACTOR AxB	2
Error Experimental	12

✓ Se calculó el Coeficiente de Variación (CV)

✓ Prueba de Tukey al 5% para tratamientos

✓ Para el factor A, el factor B la prueba de Diferencia Mínima Significativa (D.M.S.).

✓ La prueba de Friedman para variables no paramétricas, como olor, color y sabor.



# Análisis Funcional

Se calculó el Coeficiente de Variación (CV), prueba de Tukey al 5% para tratamientos, para el factor A, el factor B la prueba de Diferencia Mínima Significativa (D.M.S.). La prueba de Friedman para variables no paramétricas, como olor, color y sabor.



# VARIABLES A EVALUARSE

## En Materia Prima

- ✓ Sólidos Solubles (°Brix)
- ✓ pH
- ✓ Solute en la solución

## Durante el Proceso

- ✓ Sólidos Solubles durante la fermentación
- ✓ Sólidos Solubles finales
- ✓ pH durante la fermentación
- ✓ pH finales

## Producto Terminado

- ✓ Rendimiento de alcohol
- ✓ Grado alcohólico, Aldehídos, Alcoholes Superiores, Esteres, Metanol.

## Análisis Sensorial

- ✓ Sabor
- ✓ Color
- ✓ Olor





## En Materia Prima

### ✓ Sólidos Solubles (°Brix)

- Los grados brix indican los sólidos solubles presentes en la solución.
- Se determinó mediante un refractómetro manual.
- Variable que permitió determinar los sólidos solubles presentes en el jugo de caña, cachaza y melaza antes de someterlos al proceso de pasteurización.



## DETERMINACIÓN DEL PH

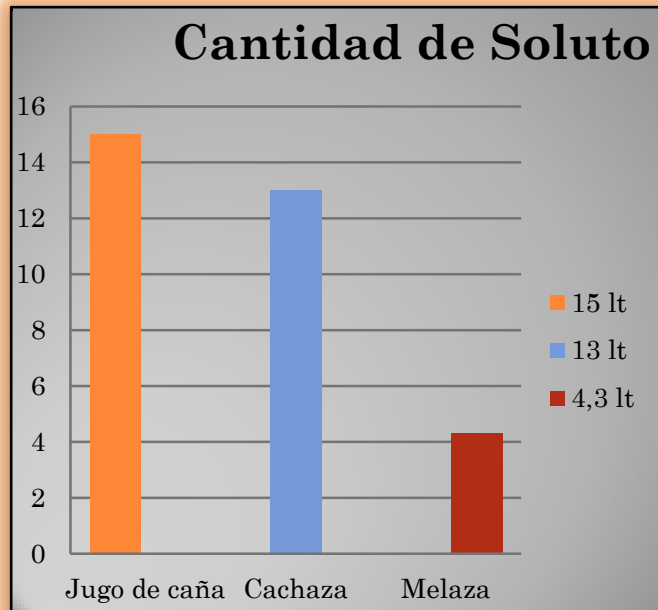
El pH es el término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución.



Se determinó, con la finalidad de evaluar el grado de acidez o alcalinidad del jugo de caña, cachaza y melaza antes de someterlos al proceso de pasteurización.



## Soluto en la Solución



- Se midió con la ayuda de un recipiente graduado en litros para determinar la cantidad de soluto necesario para realizar la dilución.
- Se determino la cantidad de solvente en todos los tratamientos utilizando la siguiente formula:  
$$M_i \times B_i = M_f \times B_f$$



# Durante el Proceso

## SÓLIDOS SOLUBLES DURANTE-FINAL DE LA FERMENTACIÓN

### **Durante:**

Con el objeto de determinar las curvas de fermentación del mosto, se empleó un refractómetro de escala 0° a 32° Brix, la toma de datos se efectuaron cada 7 horas en todos los tratamientos.

### **Finales:**

Estos valores se los determino al no registrar descensos en los valores del °Brix en cada uno de los tratamientos.



## PH DURANTE Y FINAL DE LA FERMENTACIÓN

### **Durante:**

Se utilizó en la investigación pHmetro perteneciente al laboratorio de azúcares, los datos se registraron durante la fermentación en un periodo de 7 horas entre cada registro, esto se aplicó a todos los tratamientos.

### **Final:**

se empleó un pHmetro perteneciente al laboratorio de azúcares, estos valores se los determinó al no registrar incremento en los valores de pH en cada uno de los tratamientos.



## EN EL PRODUCTO TERMINADO

**Rendimiento de alcohol:** Se midió el volumen de alcohol destilado en relación al sustrato utilizado por 100. Con el objeto de conocer el rendimiento de alcohol de cada tratamiento.

Donde:

$$R = \frac{\text{Alcohol destilado (lt)}}{\text{Volumen de la disolución (lt)}} \times 100$$

**Grado alcohólico:** se empleó un alcoholímetro, con la finalidad de determinar la cantidad de grados de alcohol presentes en el producto final.



## **Aldehídos, Alcoholes Superiores, Esteres, Metanol**

En esta variable se determinó el mejor tratamiento en cada repetición, con respecto al rendimiento y grado alcohólico, los mismos que se sometió a los respectivos análisis ya mencionados. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de control de calidad LICORES DE AMERICA “LICORAM” para determinar la cantidad Aldehídos, Alcoholes Superiores, Esteres, Metanol en el producto final.



## DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS

- ✓ Se realizó el análisis para conocer la aceptación o rechazo del producto.
- ✓ Los datos registrados se los evaluó a través de las pruebas no paramétricas de FRIEDMAN.

### **Variables a Evaluarse:**

- ✓ Color
- ✓ Olor
- ✓ Sabor

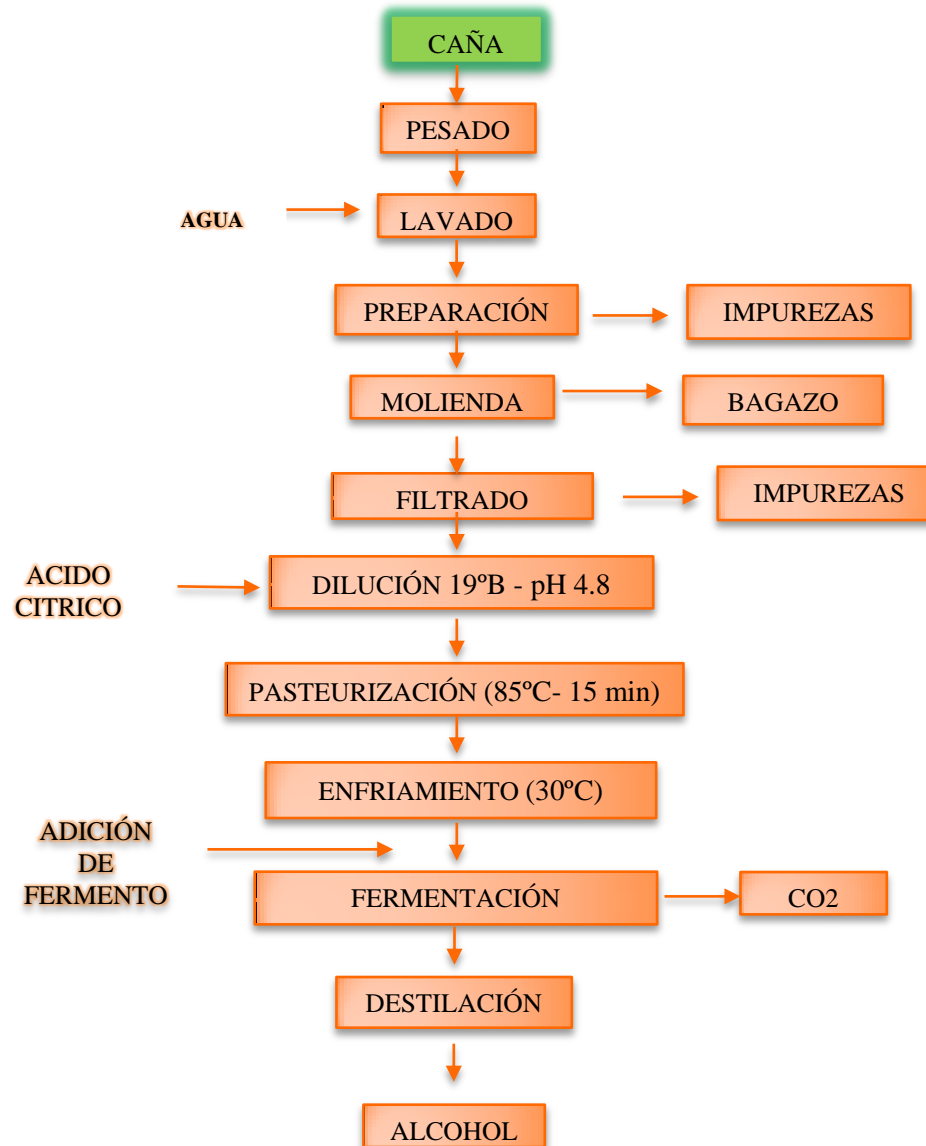




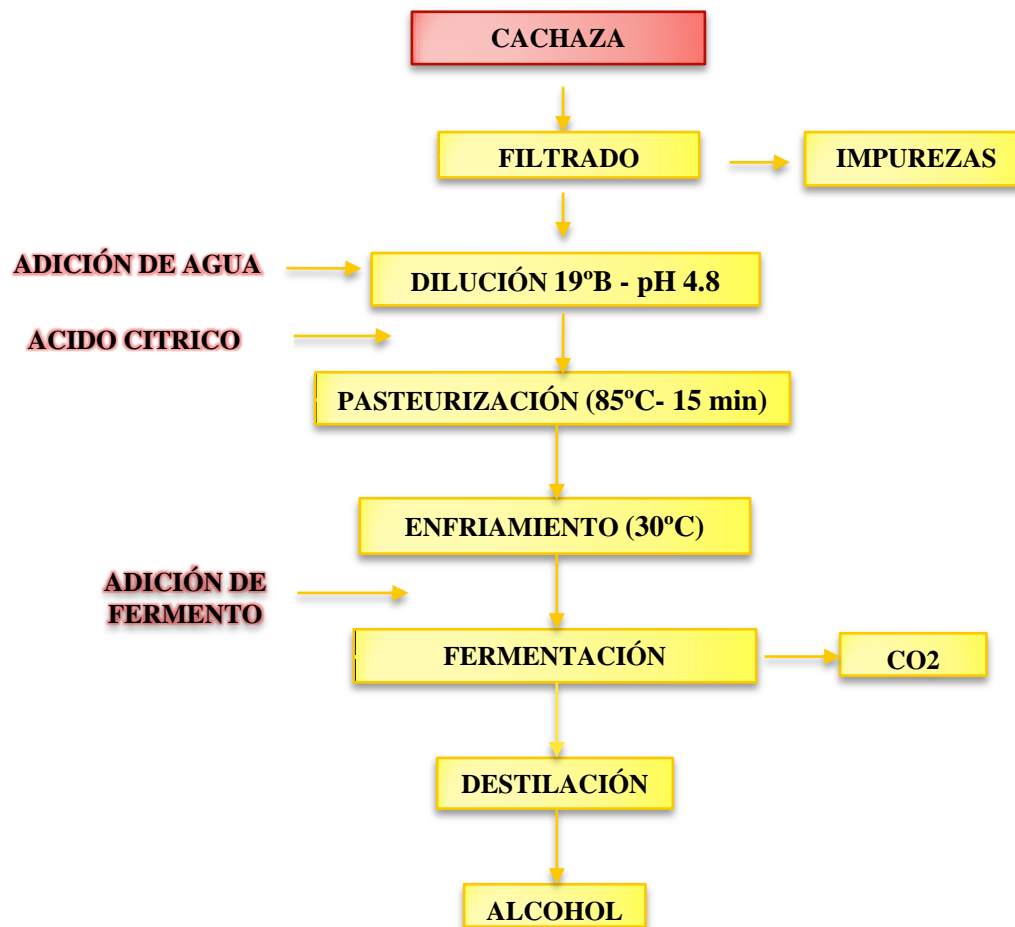
DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA  
OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE  
JUGO DE CAÑA, CACHAZA Y MELAZA.



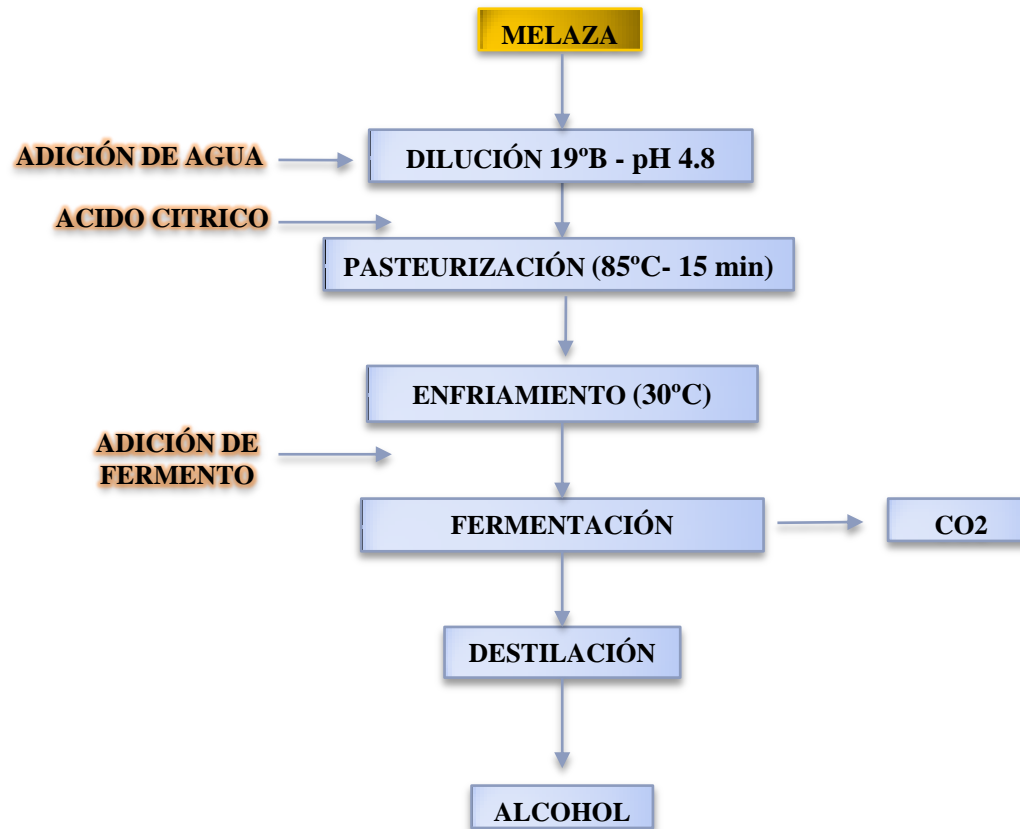
# DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE JUGO DE CAÑA



# DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE CACHAZA



# DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE MELAZA



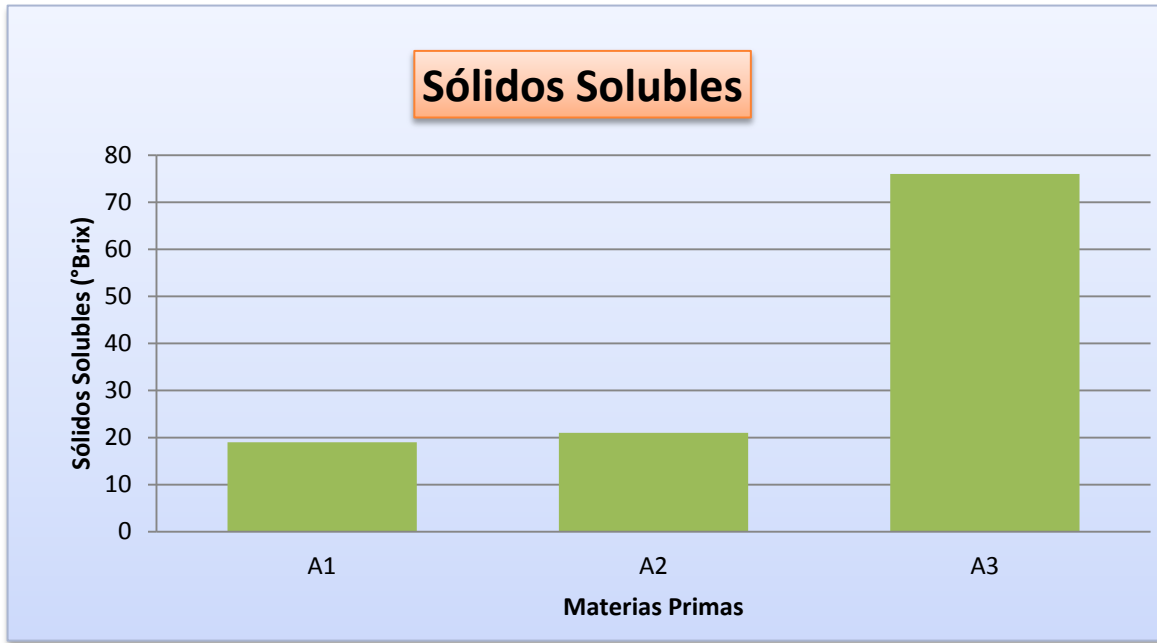
# RESULTADOS Y DISCUSIONES



## RESULTADO Y DISCUSIONES

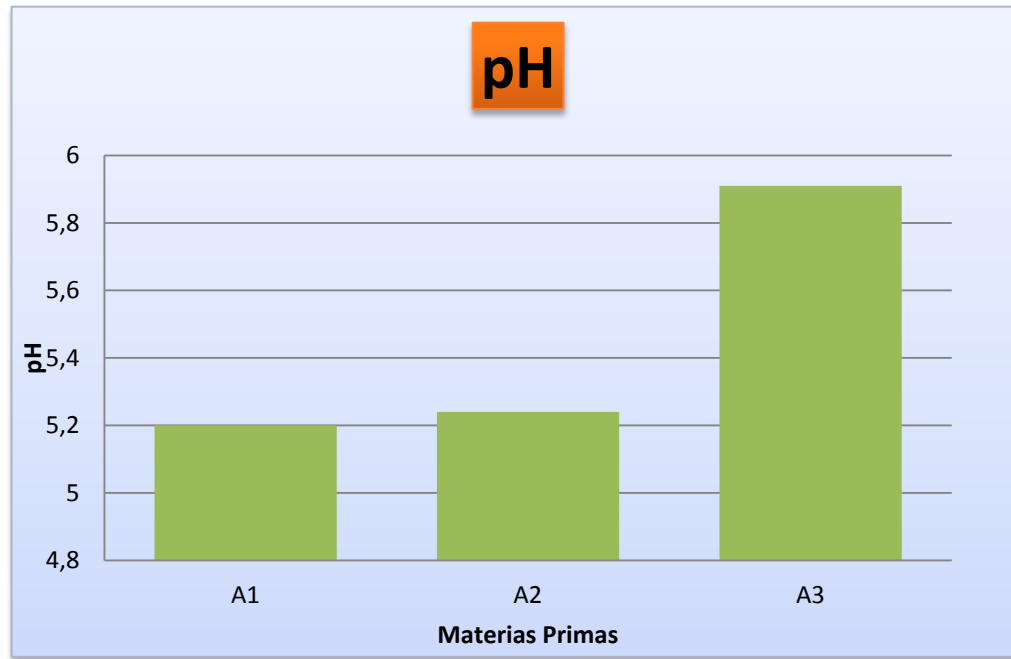
SE REALIZÓ EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON LA FINALIDAD DE COMPROBAR LOS FACTORES, VARIABLES E HIPÓTESIS PLANTEADAS EN LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE JUGO DE CAÑA, CACHAZA Y MELAZA, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE DOS NIVELES DE FERMENTO.





La melaza obtenida del proceso de elaboración de azúcar contiene mayor cantidad de sólidos solubles (76 °Brix), seguido de la cachaza y jugo de caña con 21 y 19 °Brix respectivamente.

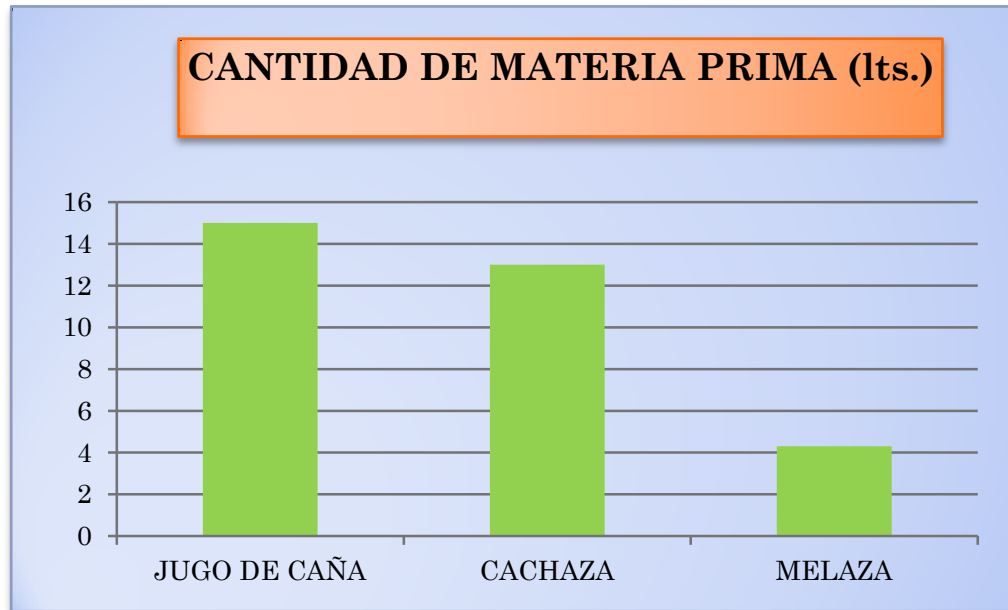




El pH del Jugo de caña es 5.2, el pH de la cachaza es de 5.24, los valores de pH son similares debido a que la cachaza es obtenida al incrementar temperatura al jugo de caña, y 5.9 de pH en la melaza.



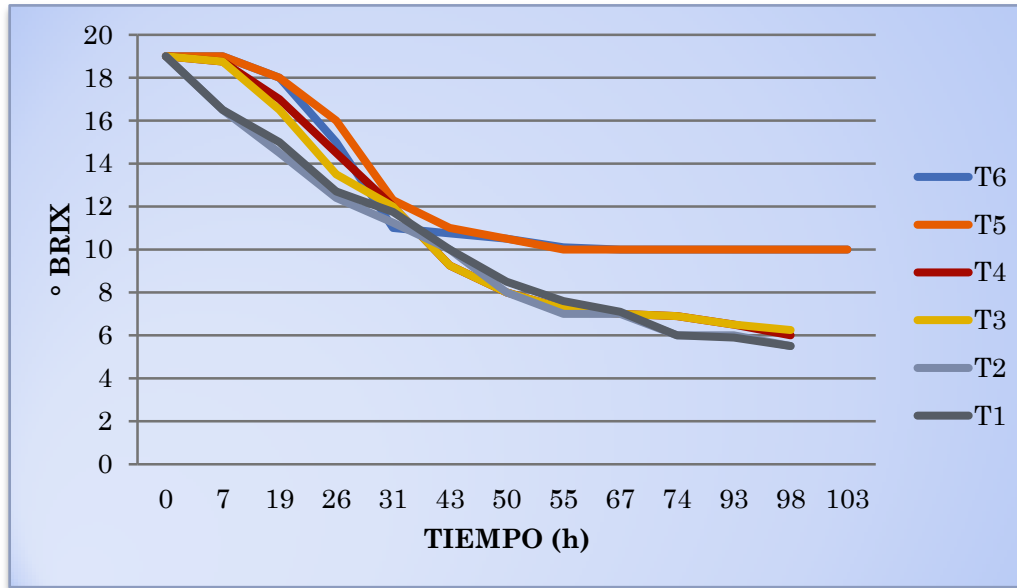




Es necesario que para obtener concentraciones iguales a la del jugo de caña (19°Brix), tanto para la cachaza y melaza se incorpore agua. Para el caso de la cachaza para obtener 15 lts de solución se utilizó 13 lts de cachaza, no así para la melaza que se tomó 4.3 lts, esto por su mayor concentración, como se puede apreciar en la gráfica.



## Sólidos Solubles durante la fermentación



En T1 la variación de sólidos solubles se observa un descenso rápido hasta las 74 horas de la fermentación alcohólica con un valor de 6 y termina la fermentación con un valor de 5,5 °Brix a las 98 horas.



## Sólidos Solubles al Final de la Fermentación

### Análisis de varianza

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. T 5%
<b>Total</b>	17	73,750				
<b>Tratamientos</b>	5	73,417	14,683	528,600**	5,060	3,110
<b>FA (Tipo de materia prima)</b>	2	73,271	36,635	1318,875**	6,980	3,880
<b>FB (Cantidad de Fermento)</b>	1	0,125	0,125	4,500 <sup>NS</sup>	9,330	4,750
<b>I (AxB)</b>	2	0,021	0,010	0,375 <sup>NS</sup>	6,980	3,880
<b>ERROR EXP.</b>	12	0,333	0,028			

CV= 0,00023 %

## Sólidos Solubles al Final de la Fermentación

### Prueba de Tukey para tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
A3B1	10,167	a
A3B2	10,000	a
A2B1	6,250	b
A2B2	6,000	b
A1B1	5,583	c
A1B2	5,500	c

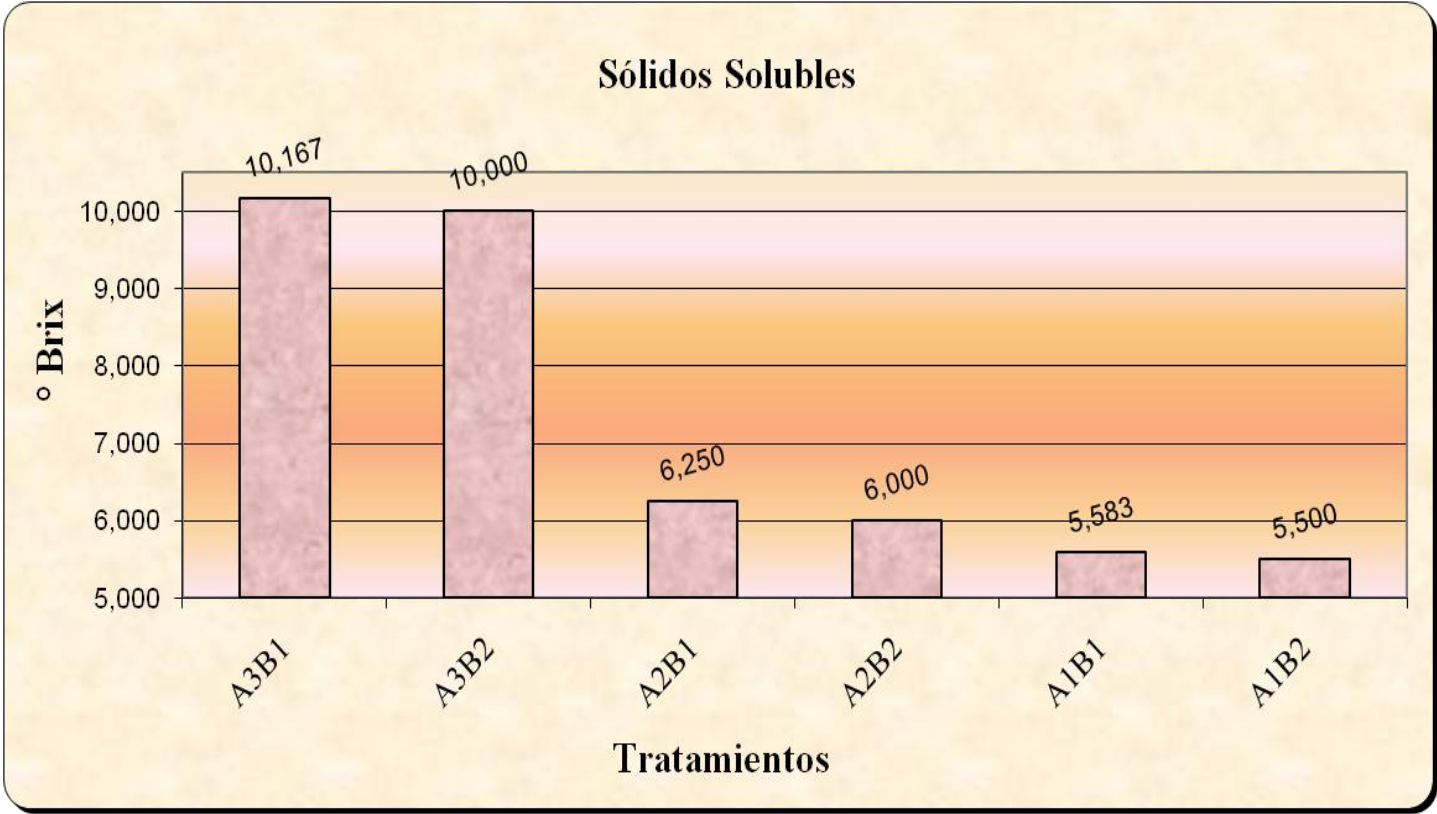


## Prueba DMS para el factor A (Tipo de materia prima)

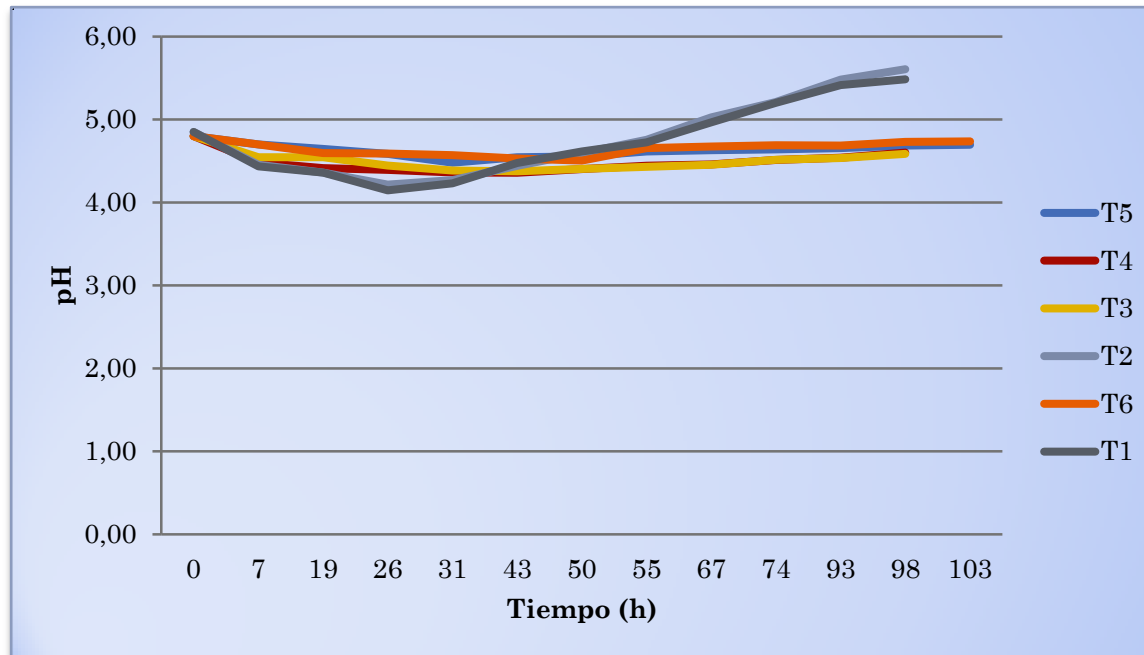
FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A3	10,083	a
A2	6,125	b
A1	5,542	c



**Representación gráfica de la variable sólidos solubles en la etapa final de la fermentación.**



## pH Durante la Fermentación



En T2 (Jugo de Caña + 0,20 gramos de *Saccharomyces cerevisiae* por litro de disolución) muestra un descenso hasta las 26 horas de la fermentación alcohólica con un pH de 4,22 y termina la fermentación de forma ascendente hasta las 98 horas con un pH de 5,61.

## pH al Final de la Fermentación

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F.T 5%
<b>Total</b>	17	0,575				
<b>Tratamientos</b>	5	0,535	0,107	31,809**	5,060	3,110
<b>FA (Tipo de materia prima)</b>	2	0,106	0,053	15,712**	6,980	3,880
<b>FB (Cantidad de Fermento)</b>	1	0,414	0,414	123,224**	9,330	4,750
<b>I (AxB)</b>	2	0,015	0,007	2,199 <sup>NS</sup>	6,980	3,880
<b>ERROR EXP.</b>	12	0,040	0,003			

**CV= 0,000127 %**





## pH al Final de la Fermentación

### Prueba de Tukey para tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
A1B2	4,772	a
A2B2	4,742	a
A3B2	4,651	a
A2B1	4,502	b
A1B1	4,480	b
A3B1	4,272	c



## Prueba DMS para el factor A (Tipo de materia prima)

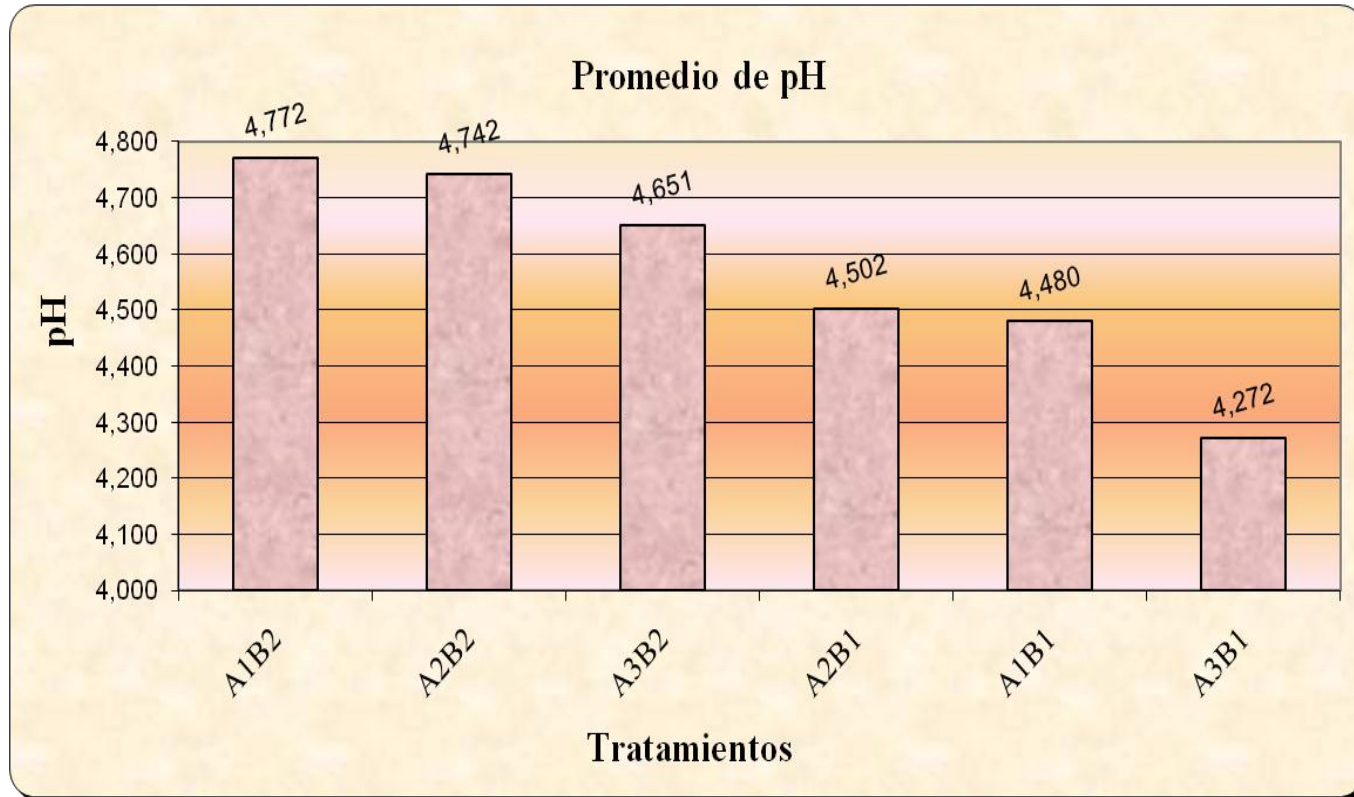
FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A1	4,626	a
A2	4,622	a
A3	4,461	b

## Prueba DMS para el factor B (Cantidad de fermento)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
B2	4,721	a
B1	4,418	b



## Representación gráfica de la variable pH en la etapa final del proceso de fermentación.



## ANÁLISIS DE VARIANZA EN EL PRODUCTO TERMINADO

### Grado alcohólico (°GL)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F.T 5%
<b>Total</b>	17	64,302				
<b>Tratamientos</b>	5	63,862	12,772	348,201 **	5,060	3,110
FA (Tipo de materia prima)	2	37,394	18,697	509,708 **	6,980	3,880
FB (Cantidad de Fermento)	1	22,490	22,490	613,130 **	9,330	4,750
I (AxB)	2	3,978	1,989	54,229 **	6,980	3,880
<b>ERROR EXP.</b>	12	0,440	0,037			

**CV= 0,000035 %**



## Grado alcohólico (°GL) en el producto terminado

### Prueba de Tukey para tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
A1B2	57,511	a
A2B2	56,803	a
A2B1	55,759	b
A1B1	55,190	b
A3B2	54,930	c



## Prueba DMS para el factor A (Tipo de materia prima)

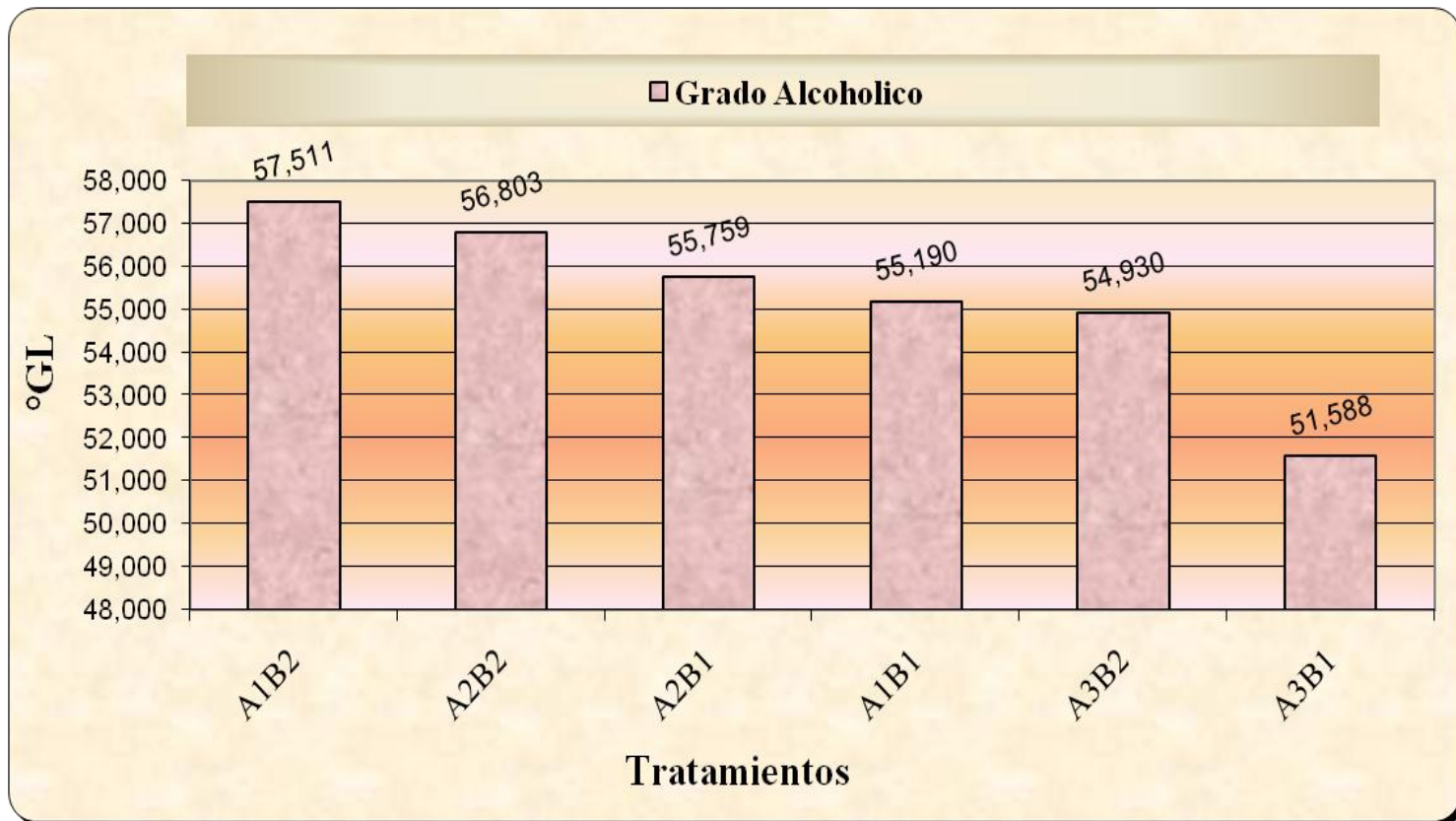
FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A1	56,351	a
A2	56,281	a
A3	53,259	b

## Prueba DMS para el factor B (Cantidad de fermento)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
B2	56,415	a
B1	54,179	b



## Representación gráfica del contenido de grado alcohólico en el producto terminado



# Análisis Estadístico del Rendimiento De Alcohol

## Rendimiento De Alcohol

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F.T 5%
<b>Total</b>	17	562083,778				
<b>Tratamientos</b>	5	336067,778	67213,556	3,569 *	5,06	3,11
FA (Tipo de materia prima)	2	87053,778	43526,889	2,311 <sup>NS</sup>	6,98	3,88
FB (Cantidad de Fermento)	1	191786,889	191786,889	10,183 **	9,33	4,75
<b>I (AxB)</b>	2	57227,111	28613,556	1,519 <sup>NS</sup>	6,98	3,88
<b>ERROR EXP.</b>	12	226016,000	18834,667			

**CV= 0,0007 %**





## Rendimiento De Alcohol en el producto terminado

### Prueba de Tukey para tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
A1B1	2160,000	a
A2B1	2083,333	a
A1B2	1933,333	a
A3B1	1916,000	a
A3B2	1856,667	a
A2B2	1750,000	b

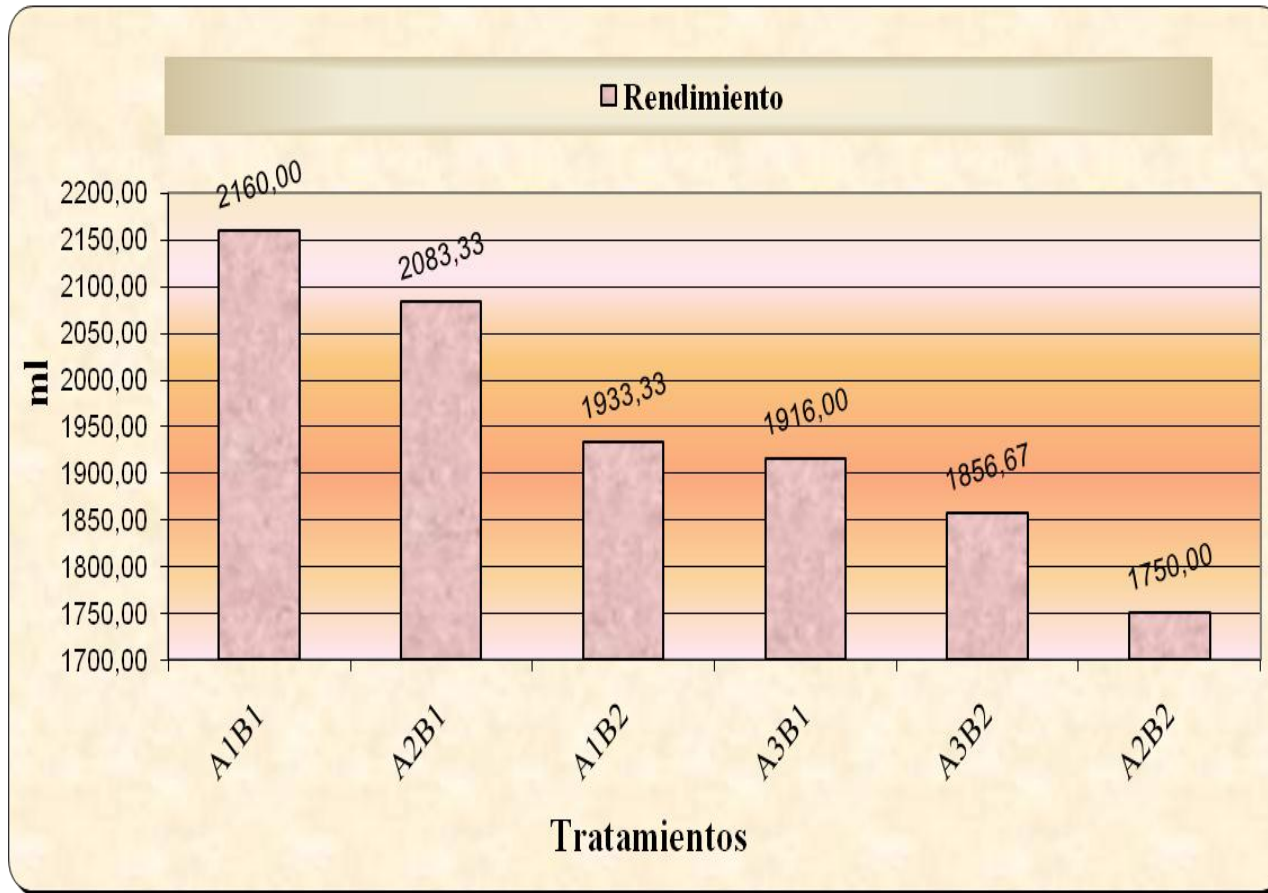


**Prueba DMS para el factor B (Cantidad de fermento  
“*Saccharomyces cerevisiae*” )**

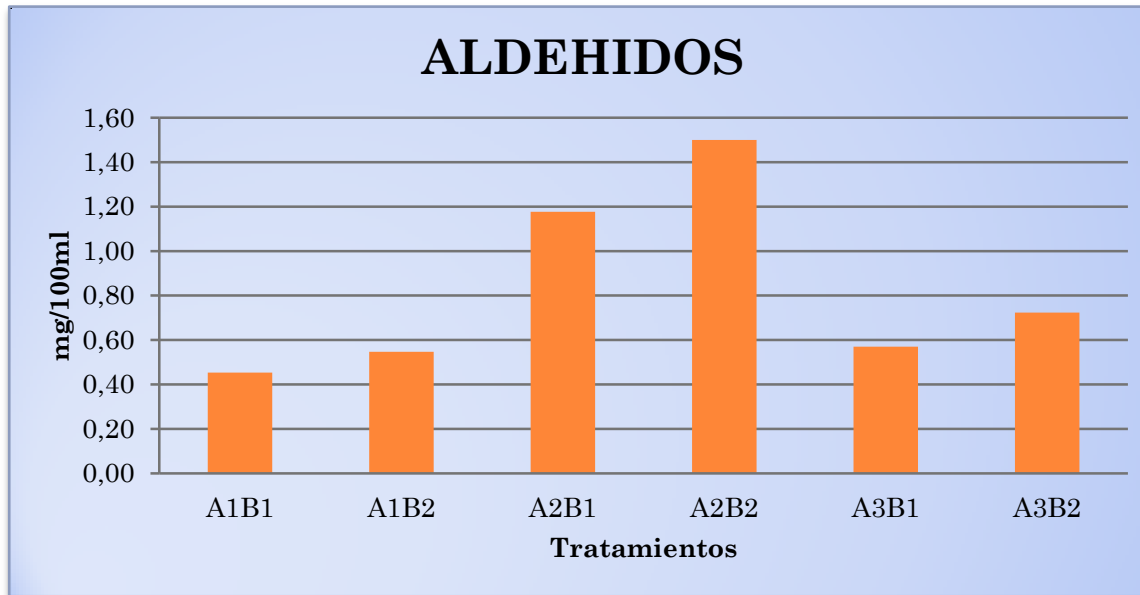
<b>FACTORES</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGOS</b>
<b>B1</b>	2053,111	<b>a</b>
<b>B2</b>	1846,667	<b>b</b>



## Representación gráfica del Rendimiento de alcohol en el producto terminado



## Cantidad de Aldehídos en el producto final



A2B2 contiene 1,50 mg/100ml.

Al realizar una comparación entre los aguardientes de caña rectificadas tenemos que la Norma INEN 362 acepta hasta un 20mg/100ml de alcohol; por lo que los tratamientos de la investigación están dentro de los parámetros establecidos.



## Cantidad de Alcoholes superiores

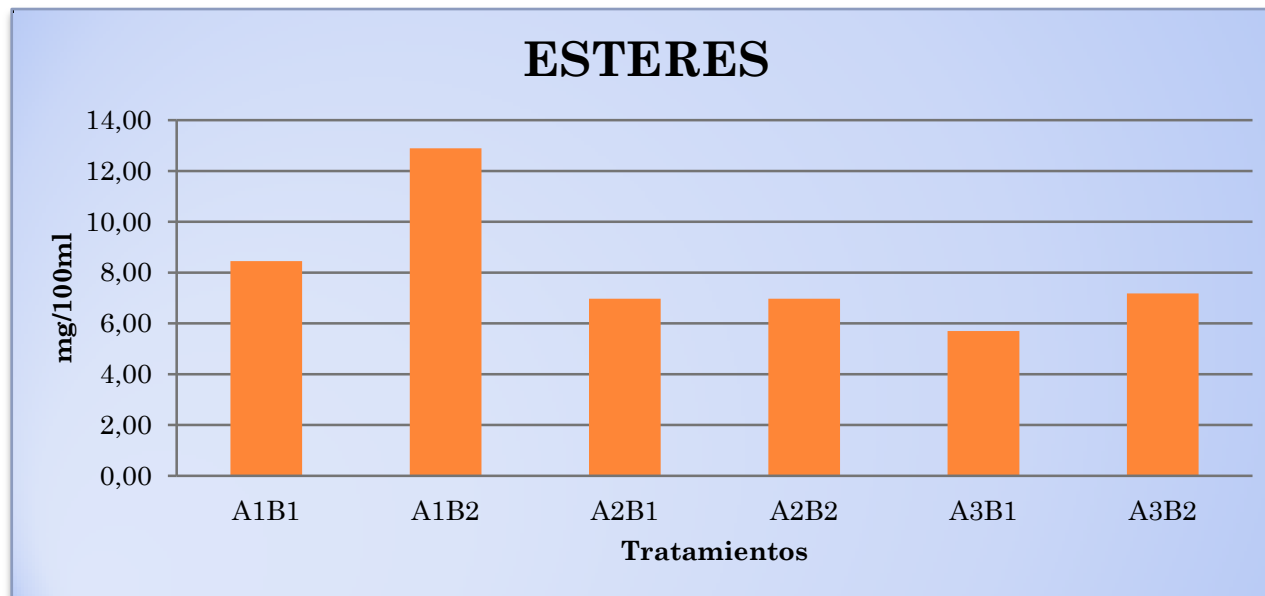


El tratamiento A2B2 con un valor de 39,41 mg/100ml.

Al realizar una comparación entre los aguardientes de caña rectificadas tenemos que la Norma INEN 362 acepta hasta un 150mg/100ml de alcohol, por lo que los tratamientos de la investigación están dentro de los parámetros establecidos.



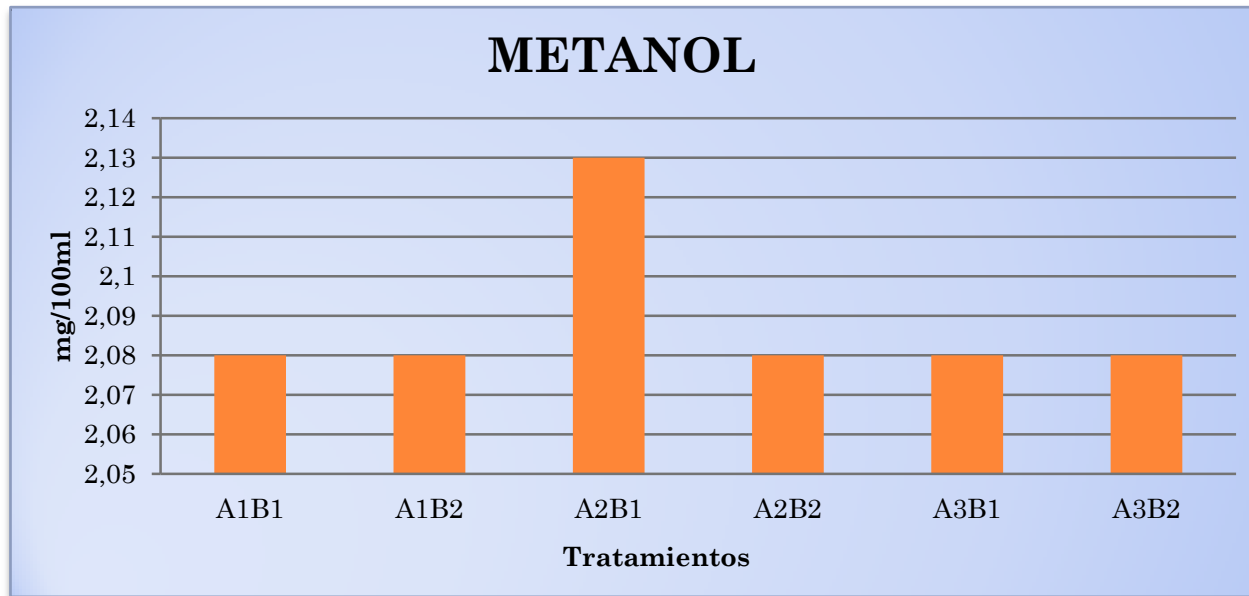
## Cantidad de Esteres



A1B2 registra un valor de 12,89 mg/100ml. Los demás tratamientos registran cantidades que están comprendidos entre 8,45 y 5,70 mg/100ml. Al realizar una comparación entre los aguardientes de caña rectificadas, tenemos que la Norma INEN 362 acepta hasta un 80mg/100ml de alcohol, por lo que los tratamientos de la investigación están dentro de los parámetros establecidos.



## Cantidad de Metanol en el Producto Final



El tratamiento A2B1, con un valor de 2,13 mg/100ml.

Los demás tratamientos registran cantidades que están comprendidos entre 2,08 mg/100ml.

Norma INEN 362 acepta hasta un 10mg/100ml de alcohol.



# ANÁLISIS SENSORIAL

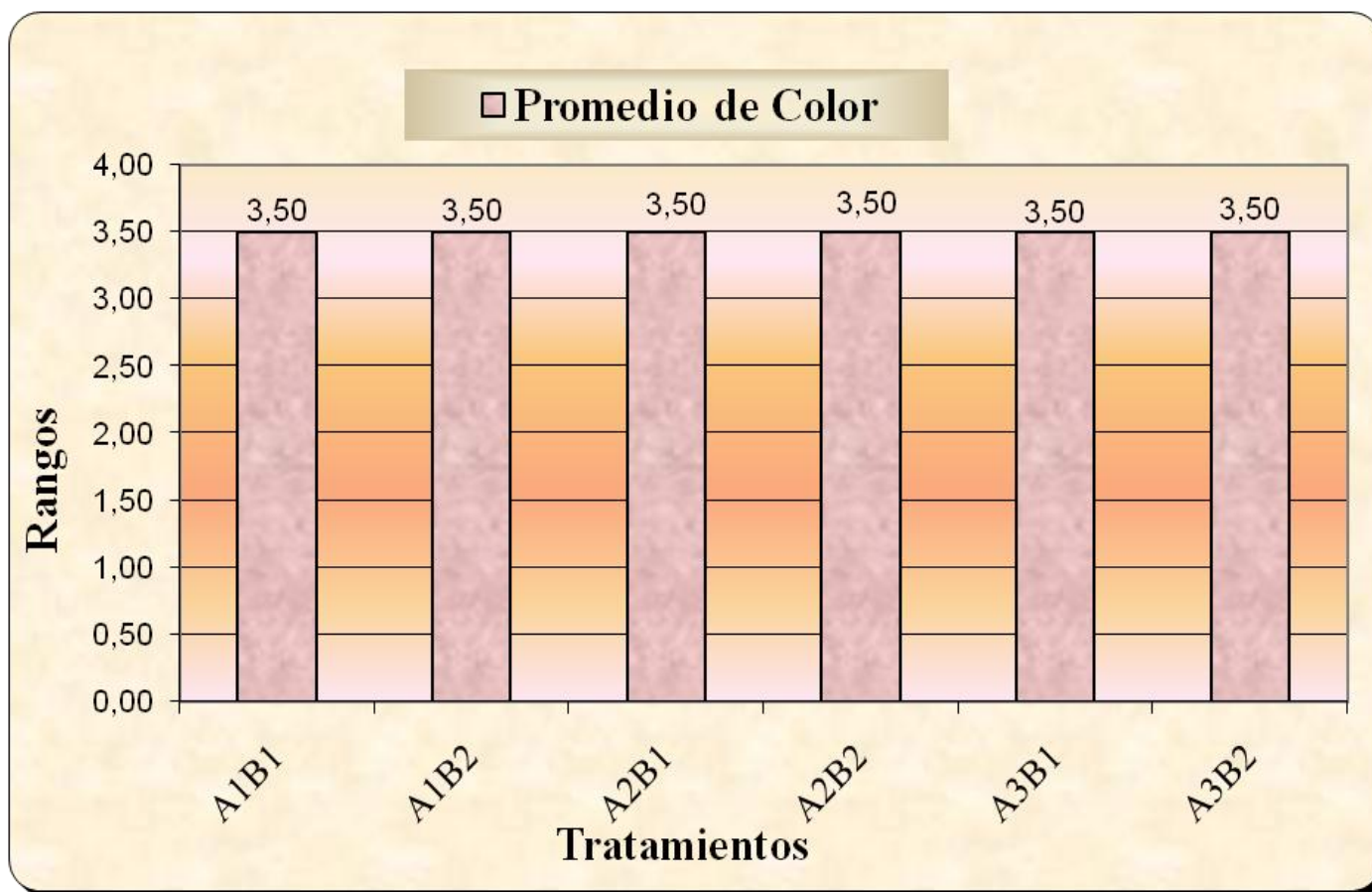
SE REALIZÓ CON LA FINALIDAD DE EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS COMO: OLOR, COLOR Y SABOR Y DE ESTA MANERA PODER DETERMINAR EL MEJOR TRATAMIENTO, SEGÚN EL GRADO DE ACEPTABILIDAD POR PARTE DEL PANEL CATADOR.

## Caracterización del sabor en el producto terminado

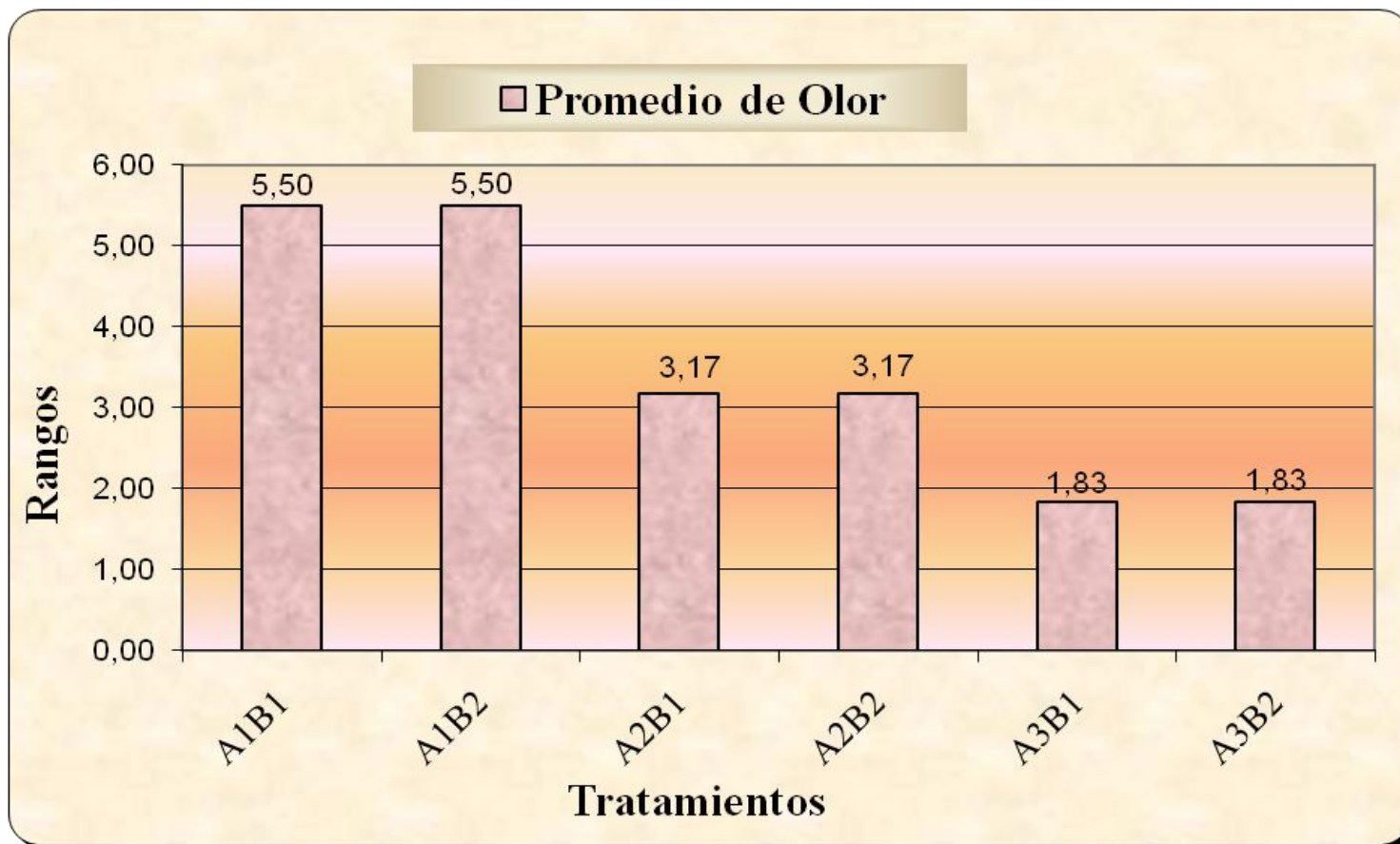




## Caracterización del color en el producto terminado



## Caracterización del olor en el producto terminado



# CONCLUSIONES



✓ Se determino que la melaza contiene mayor cantidad de sólidos solubles (76 °Brix), seguido de la cachaza y jugo de caña con 21 y 19 °Brix respectivamente, para la investigación se ajusto los sólidos solubles con relación al jugo de caña mediante la adición de agua (Dilución a 19°Brix).

✓ Se determina que el pH del Jugo de caña es 5.2, el mismo que se encuentra dentro del rango teórico (4,5-5,5), el pH de la cachaza es de 5.24, los valores de pH son similares debido a que la cachaza es obtenida al incrementar temperatura al jugo de caña, y 5.9 de pH en la melaza, este valor diferente de pH se debe al proceso de alcalinización en la elaboración de azúcar.

✓ Para obtener concentraciones iguales a la del jugo de caña (19°Brix), tanto para la cachaza y melaza se incorporo agua. Para el caso de la cachaza para obtener 15 lts de solución se utilizo 13 lts de cachaza, no así para la melaza que se tomo 4.3 lts, esto por su mayor concentración.

✓ Se concluye que para alcanzar las condiciones necesarias para la fermentación alcohólica se debe ajustar el pH de la disolución a 4.8 que se encuentra dentro de los rangos teóricos de pH (4.5 - 5.0) en fermentación alcohólica.

✓Durante el proceso de fermentación se determina que los sólidos solubles reaccionan inversamente proporcional al tiempo, es decir que a mayor tiempo de fermentación menor cantidad de sólidos solubles por acción de las levaduras.

✓Se concluye que para los sólidos solubles finales, el mejor tratamiento fue A1B2 (Jugo de caña + 0,20 gramos de *Saccharomyces cerevisiae* por litro de disolución) con un valor de 5.50°Brix, debido a la mayor transformación de azúcares en alcohol.

✓Se determinó que para el jugo de caña y cachaza el tiempo de fermentación es de 98 horas, con una concentración de sólidos solubles de 6 °Brix, mientras que para la melaza el tiempo de fermentación es de 67 horas, con una concentración de sólidos solubles de 10 °Brix.

✓Se determinó que la concentración óptima de fermento es de 0,20 gramos de *Saccharomyces cerevisiae* por litro de disolución, con la cual se logra obtener un elevado grado alcohólico.



✓Se determino que los dos mejores tratamientos según el análisis de Friedman fueron A1B1 (Jugo de caña + 0,15 gramos de *Saccharomyces cerevisiae* por litro de disolución) y A1B2 (Jugo de caña + 0,20 gramos de *Saccharomyces cerevisiae* por litro de disolución), ya que tuvieron mayor aceptabilidad por parte de los catadores.

✓Al evaluar las características físico – químicas de los mejores tratamientos de cada muestra se determino que están dentro de los parámetros establecidos en la Norma INEN 362, por lo tanto el alcohol que se obtuvo a partir del mosto de jugo de caña, cachaza y melaza, es apto para el consumo humano.

✓Se concluye que el tratamiento A1B1 (Jugo de caña + 0,15 gramos de *Saccharomyces cerevisiae* por litro de disolución) es el tratamiento que mejor rendimiento presenta en la obtención de alcohol.

✓Se acepta la hipótesis alternativa planteada al inicio de la investigación; es decir que “Los niveles de fermento influyen en el rendimiento de alcohol producido a partir de jugo de caña, cachaza y melaza”.

# RECOMENDACIONES



✓Durante el proceso de filtrado de las materias primas en especial de la cachaza, se recomienda realizarlo en lienzos de fina textura, con la finalidad de impedir el paso de impurezas en las diluciones, que puedan alterar la calidad físico- química del producto final.

✓Se recomienda que las muestras sean debidamente pasteurizadas para evitar la contaminación y desarrollo de otro tipo microorganismos que alteren el proceso de obtención de alcohol.

✓Se recomienda que en el proceso de destilación, se considere los parámetros de temperatura, para la obtención de mejores resultados.

✓Se recomienda que se realice la rectificación de los alcoholes para obtener un producto de mejor pureza.





