



***“PRODUCCIÓN Y DESTILACIÓN  
DE MOSTO DE MANZANA  
(VARIEDAD SANTA LUCIA) PARA  
LA OBTENCIÓN DE CALVADOS “***





# OBJETIVOS

## Objetivo General

- Producir y destilar mosto de manzana (variedad Santa Lucía) para la obtención de calvados.

## Objetivos específicos

- Evaluar el tiempo de fermentación del mosto mediante las curvas de crecimiento de levaduras, y la determinación de °Brix.
- Evaluar el grado alcohólico del mosto al final de la fermentación.
- Evaluar el calvados mediante pruebas organolépticas (aroma, sabor y color).
- Evaluar el calvados mediante análisis físico-químicos (metanol, alcoholes superiores, furfurales, aldehídos, etc.)
- Análisis de costos.

# HIPOTESIS

Se ha planteado la hipótesis dentro de la fase de fermentación, puesto que es donde se evaluó los factores en estudio.

- La cantidad de Metabisulfito de potasio y el porcentaje de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* inciden en el tiempo de fermentación.
- La cantidad de Metabisulfito de potasio y el porcentaje de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* no inciden en el tiempo de fermentación

# MARCO TEORICO

## CALVADOS

Se remonta a la época del rey de España, Felipe II

Degeneración de la palabra original "salvador"

Calvados es un licor obtenido a partir de la fermentación de manzanas usando una mezcla de variedades

Calidad dulce: aportan el azúcar

Calidad ácida: frescor en boca

Calidad amarga: duración en boca

# FERMENTACIÓN

Proceso metabólico mediante el cual ciertos microorganismos, por medio de sus enzimas, oxidan los hidratos de carbono y sustancias relacionadas, liberando energía en ausencia de oxígeno.

Las levaduras son hongos unicelulares de tamaño microscópico

*Aureobasidium, Rhodotorula, Candida, Kloekera*

*Características organolépticas típicas de la zona*

- Fase de latencia
- Fase de crecimiento exponencial
- Fase estacionaria
- Fase de muerte o declive

# SULFITACION

- Inhibe las fermentaciones desacidificadoras
- Mayor grado alcohólico
- Buena conservación de ácidos orgánicos.
- Acidez volátil menor.
- Combinación con acetaldehído y otros compuestos: protección del aroma.

Afecta la velocidad de la fermentación

Puede ser tóxico para el hombre

# DESTILADO

Separar uno o varios componentes de una mezcla líquida.

Diferencias existentes entre los puntos de fusión agua (100 °C) y el alcohol (78.3 °C).

Cabeza: 55 °C metanol, acetona y varios tipos de esteres

Cuerpo: 78 hasta 82 °C

Colas: alcoholes superiores y furfurales

Destilación simple (mosto fermentado = agua + alcohol)  
puntos de ebullición diferentes entre si.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Materia prima:

- Manzana (variedad Santa Lucía)

## Insumos:

- Agua potable
- Levadura *Saccharomyces cerevisiae*
- Metabisulfito de potasio
- Azúcar

# Materiales y equipo de laboratorio

- Agitador
- Alambique tipo pera
- Alcoholímetro
- Balanza electrónica
- Botellas de vidrio 750 ml
- Cámara de recuento (Petroff-hausser)
- Cocina
- Cromatógrafo de gases
- Frascos plásticos para toma de muestra.
- Licuadora
- Microscopio óptico binocular
- Pipeta volumétrica de 1ml
- Probeta graduada de 100 ml
- Refractómetro
- Recipientes plásticos para fermentación
- Tapas rosca

# MÉTODOS

## Localización del experimento

### TRABAJO EXPERIMENTAL

Provincia: Imbabura  
Cantón: Ibarra  
Parroquia: Caranqui  
Lugar: Residencia particular  
Temperatura promedio: 17 °C  
Precipitación anual: 625 mm  
Altitud: 2225m.s.n.m.  
Humedad Relativa: 60%

### ANÁLISIS DE LABORATORIO

Provincia: Imbabura  
Cantón: Ibarra  
Parroquia: El Sagrario  
Lugar: ILENSA  
Temperatura promedio: 17 °C  
Precipitación anual: 625 mm  
Altitud: 225m.s.n.m.  
Humedad Relativa: 60%

Fuente: Instituto Geográfico Militar ■

# FACTORES EN ESTUDIO

**Factor A:** Cantidad de Metabisulfito de potasio

- ❖ M1: 0.15 g/l
- ❖ M2: 0.25 g/l

**Factor B:** Dosis de levadura *Saccharomyces cerevisiae*

- ❖ L1: 0.5 g/l levadura
- ❖ L2: 1 g/l levadura
- ❖ L3: 1.5 g/l levadura

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial  $A \times B + 1$

## Características del experimento

- Número de tratamientos 7
- Número de repeticiones 3
- Unidades Experimentales 21

Tamaño de la Unidad Experimental: 25 litros.

# Esquema ADEVA

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	20
TRATAMIENTOS	6
FACTOR A	1
FACTOR B	2
FACTOR AXB	2
TESTIGO VS OTROS	1
ERROR EXPERIMENTAL	14

# VARIABLES EVALUADAS

## Variables cuantitativas

### En el mosto

- Determinación de la población microbiana en función del tiempo de fermentación.
- Determinación de grados brix.
- Medida del grado alcohólico del mosto.

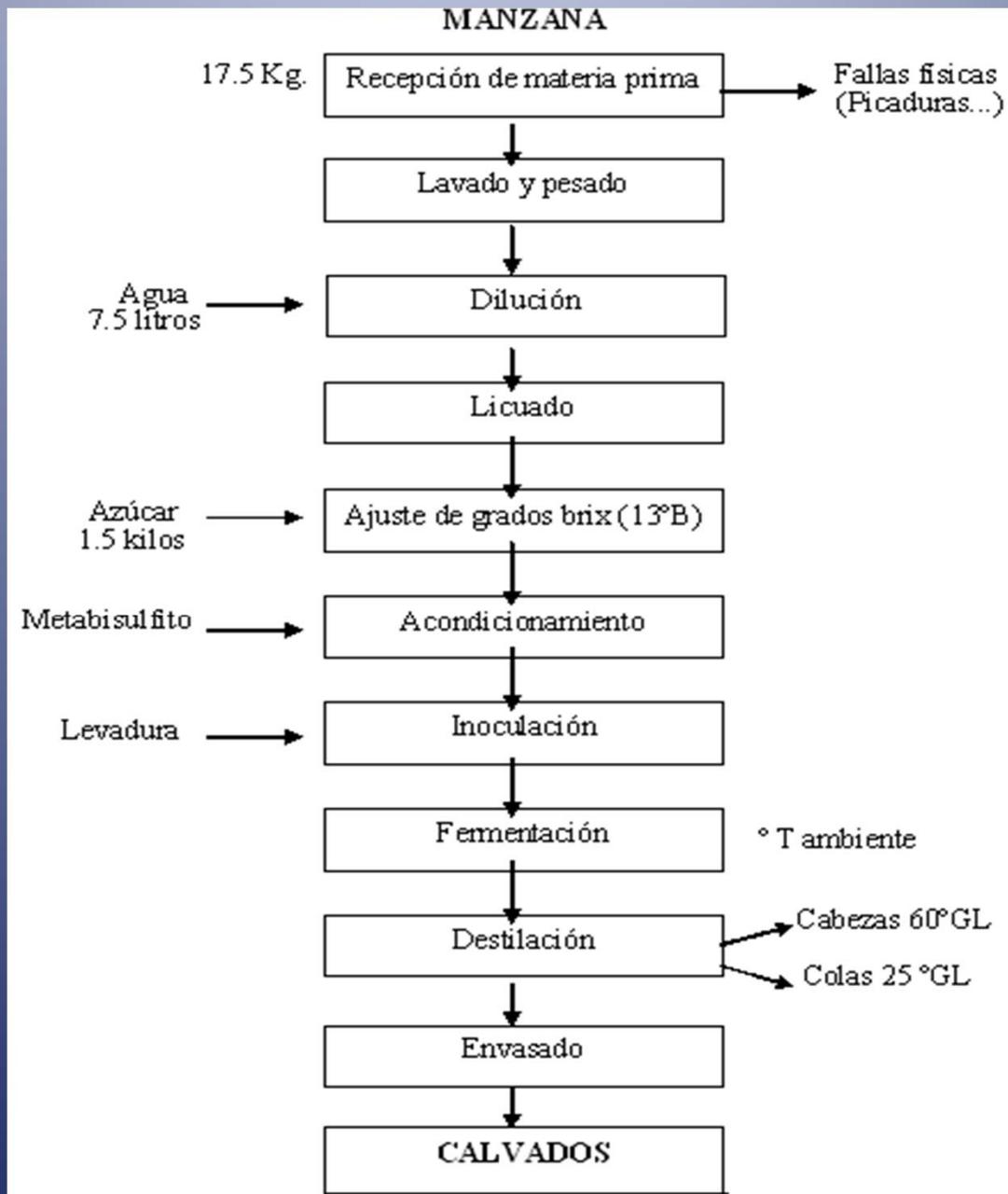
### En el calvados

- Grado alcohólico
- Evaluación físico-químico (metanol, aldehídos, cetonas, entre otros)

## Variables cualitativas

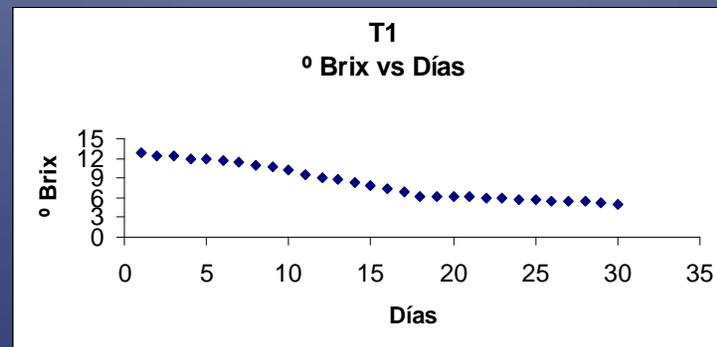
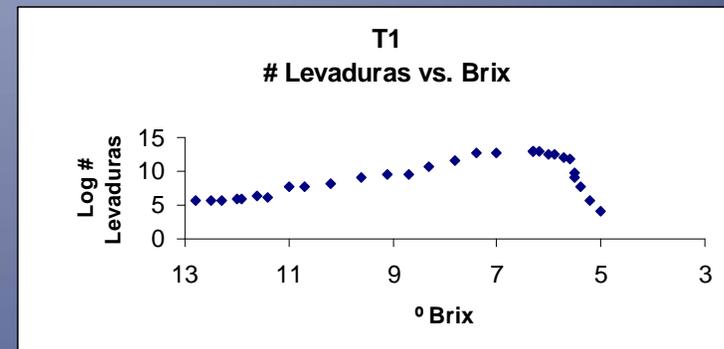
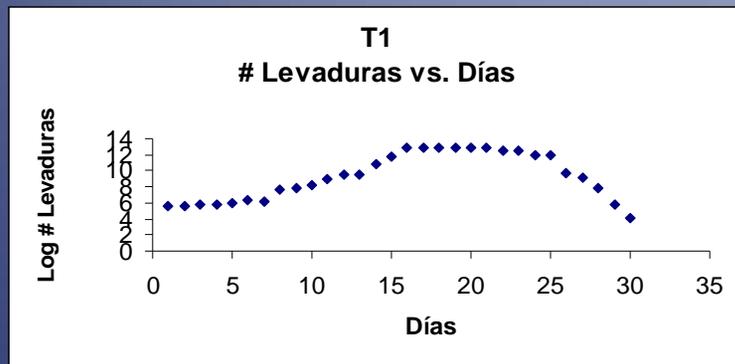
- Aroma
- Color
- Sabor

# DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE CALVADOS

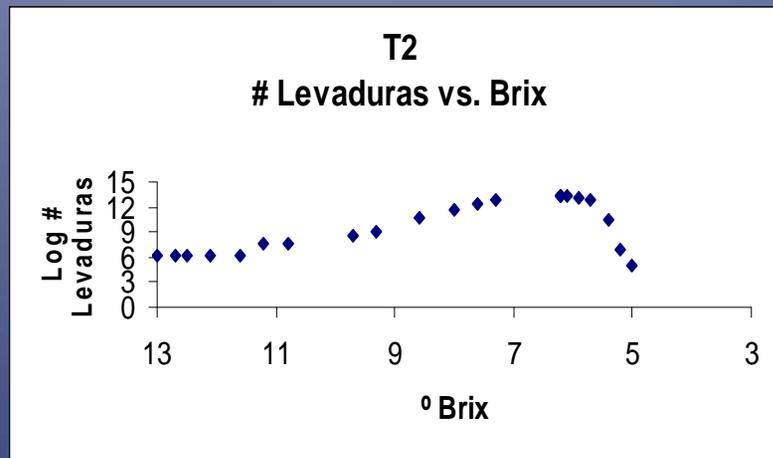
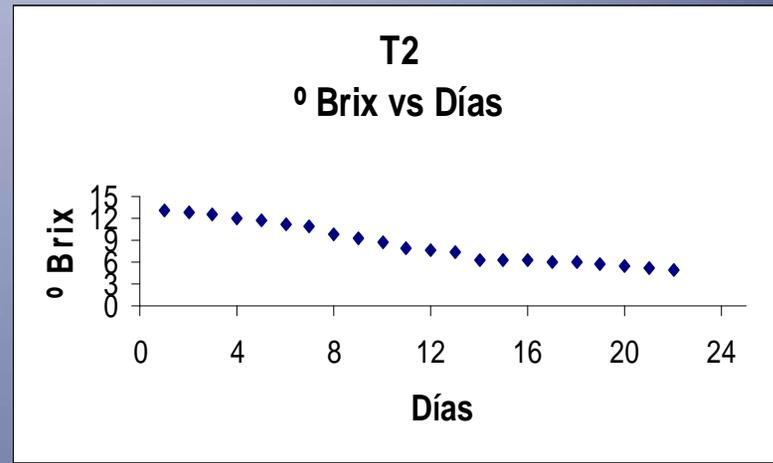
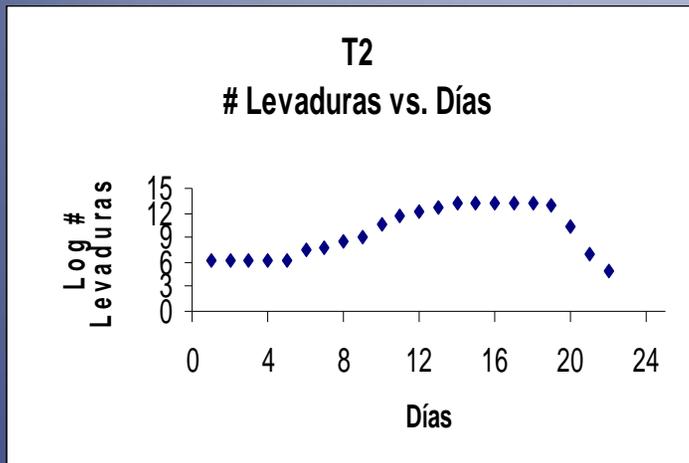


# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

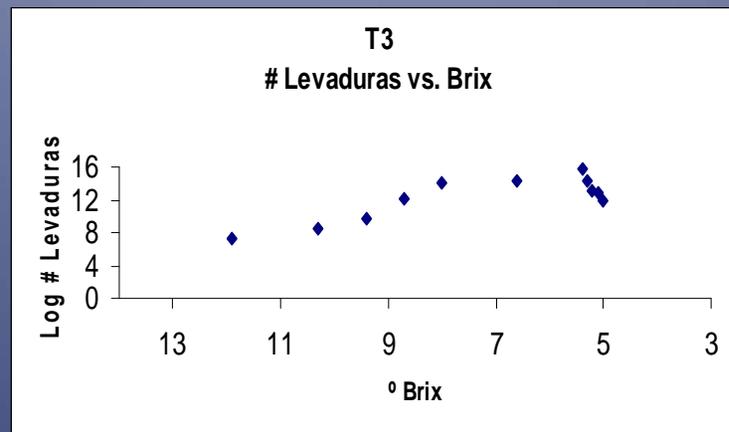
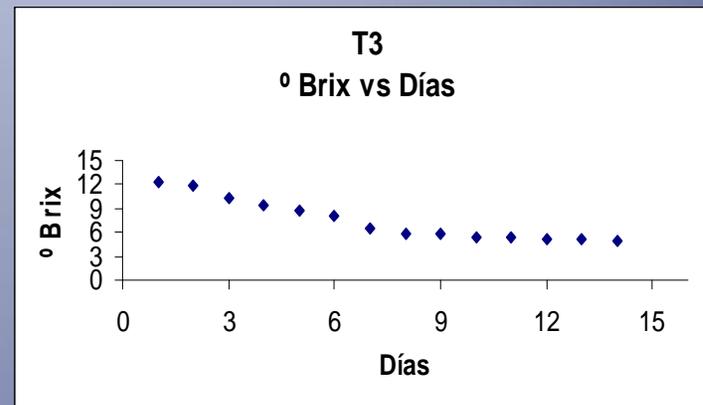
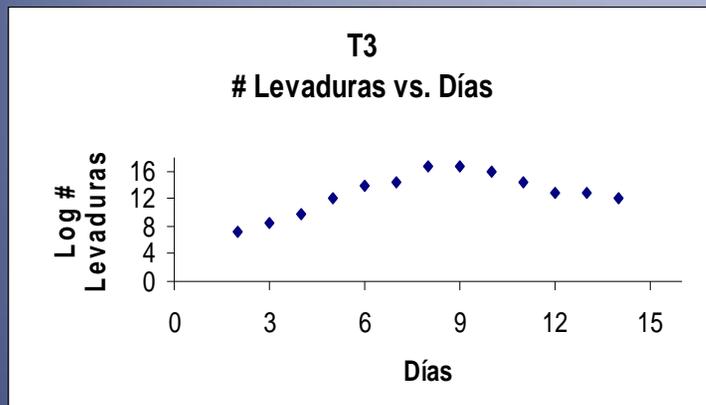
## DETERMINACIÓN DE CURVAS DE CRECIMIENTO DE LEVADURAS Y VARIACIÓN DE °BRIX.



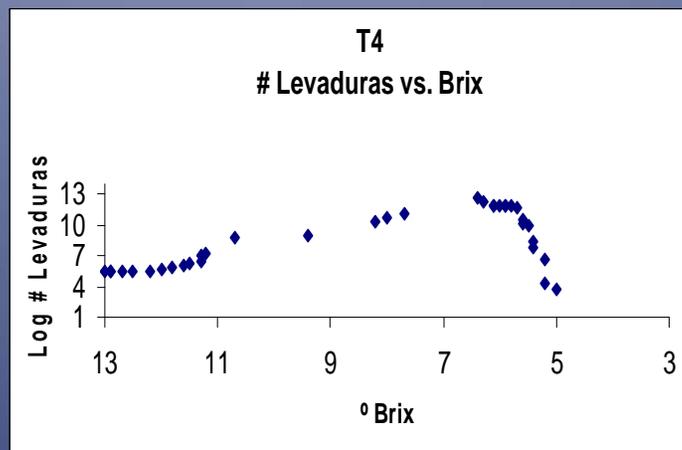
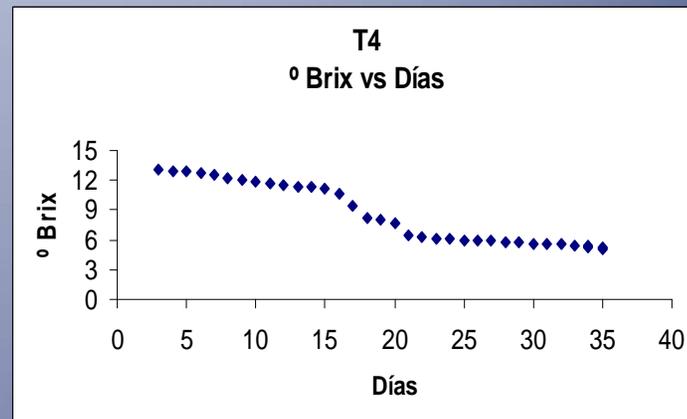
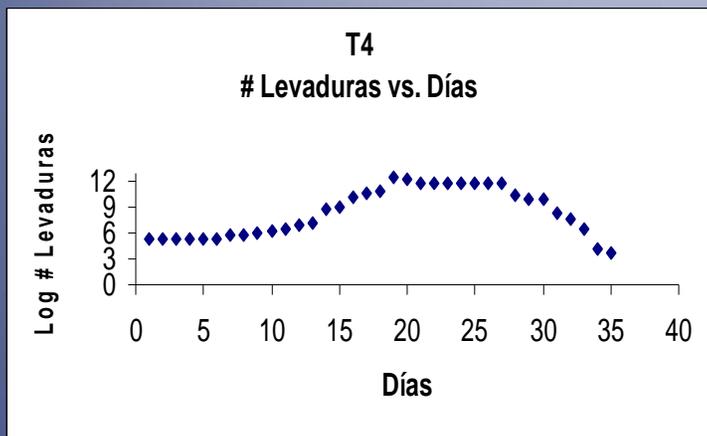
Tiempo de fermentación: 30 días



Tiempo de fermentación: 22 días

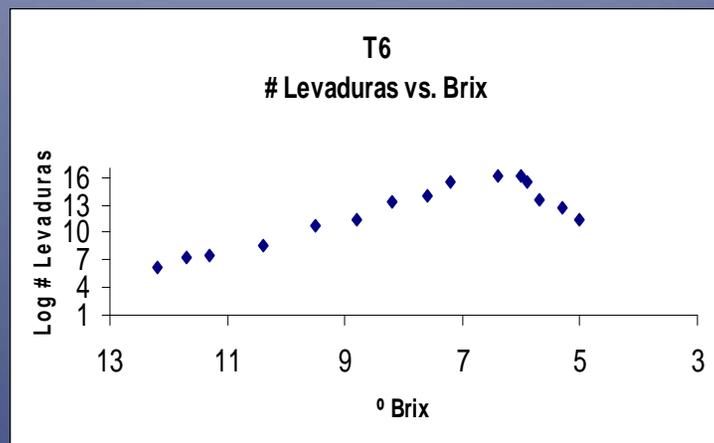
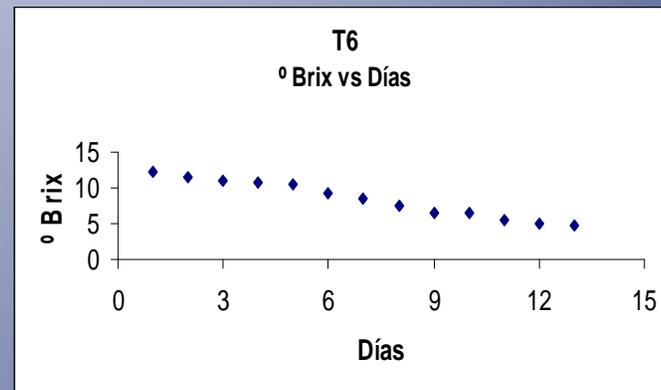
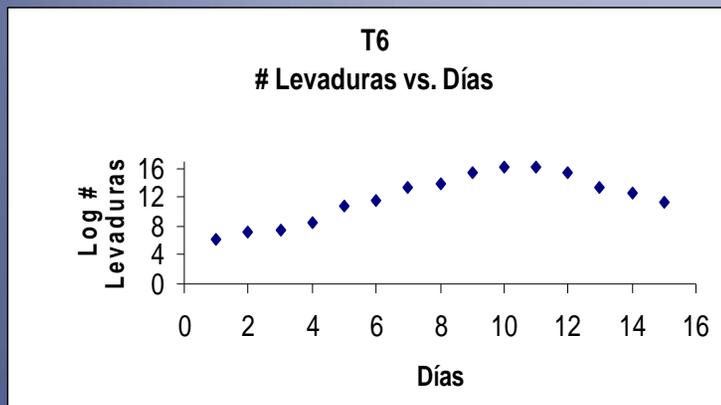


Tiempo de fermentación: 14 días

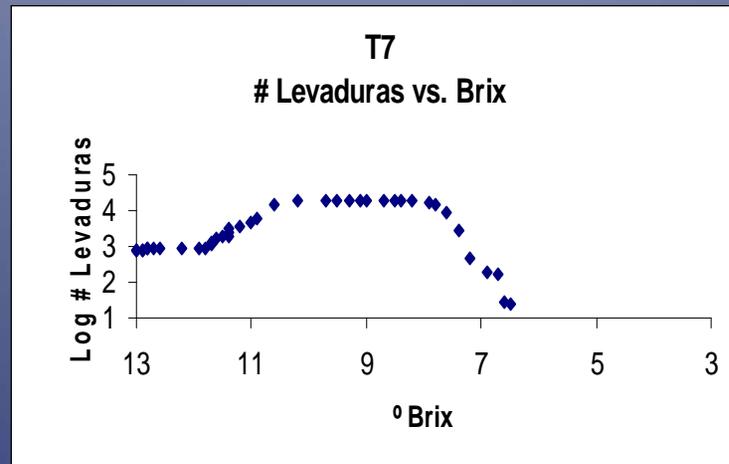
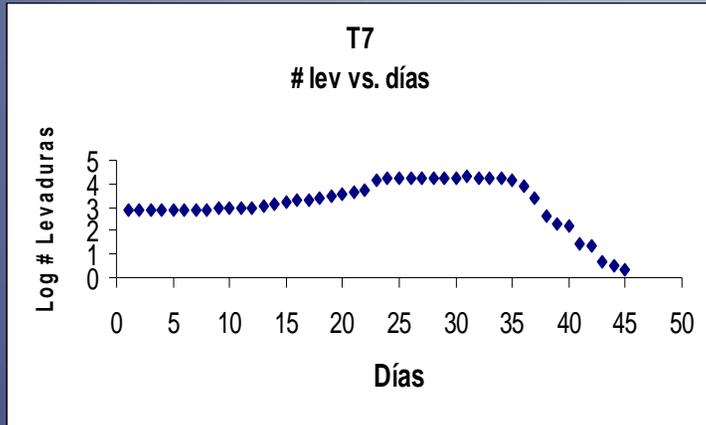


Tiempo de fermentación: 35 días





Tiempo de fermentación: 15 días



Tiempo de fermentación: 47 días

# GRADO ALCOHÓLICO DEL MOSTO

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$	Media
	I	II	III		
T1	5.0	5.2	5.0	15.20	5.06
T2	4.9	5.3	5.1	15.30	5.10
T3	5.3	5.2	5.4	15.90	5.30
T4	4.9	5.1	5.2	15.20	5.06
T5	5.1	5.3	5.2	15.60	5.20
T6	5.0	5.5	5.4	15.90	5.30
T7	5.2	5.3	5.4	15.90	5.30
				<b>109.0</b>	<b>5.19</b>

## Análisis de varianza: Grado alcohólico del mosto

F. de V	gl	SC	CM	FC	F. Tabular	
					5%	1%
Total	20	0.57	-	-	-	-
Tratamientos	6	0.22	0.03	2.74 NS	2.85	4.46
Cantidad de Metabisulfito	1	0.16	0.08	4.19 NS	4.60	8.86
Dosis de Levadura	2	0.00	0.00	0.25 NS	3.74	6.51
Factor C x D	2	0.01	0.00	0.25 NS	3.74	6.51
Testigo vs. otros	1	0.03	0.03	1.86 NS	4.60	8.86
Error experimental	14	0.35	0.02	-	-	-

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

NS = No significativo

**X = 5.19**

**CV = 2.72%**

# GRADO ALCOHÓLICO DEL CALVADOS

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$	Media
	I	II	III		
T1	39.0	42.0	38.0	119.0	39.6
T2	39.0	39.5	41.5	120.0	40.0
T3	43.0	41.0	44.0	128.0	42.6
T4	40.0	39.0	40.0	119.0	39.6
T5	45.0	42.0	41.0	128.0	42.6
T6	40.5	42.0	42.5	125.0	41.6
T7	43.0	42.0	42.0	127.0	42.3
				<b>866.0</b>	<b>41.23</b>

## Análisis de varianza: Grado alcohólico del calvados

F. de V	gl	SC	CM	FC	F. Tabular	
					5%	1%
Total	20	69.80	-	-	-	-
Tratamientos	6	35.80	5.96	2.11 NS	2.85	4.46
Cantidad de Metabisulfito	1	19.44	9.72	4.01 NS	4.60	8.86
Dosis de Levadura	2	1.38	1.38	0.57 NS	3.74	6.51
Factor C x D	2	10.77	5.38	2.22 NS	3.74	6.51
Testigo vs. otros	1	4.18	4.18	1.73 NS	4.60	8.86
Error experimental	14	34.0	2.42	-	-	-

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

NS = No significativo

**X = 41.23**

**CV = 3.77%**

# EVALUACIÓN FÍSICO- QUÍMICA

## Acetaldehídos

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$	Media
	I	II	III		
T1	5.5	6.3	21.0	32.8	10.9
T2	4.5	4.0	6.3	14.8	4.93
T3	8.3	8.8	4.9	22.0	7.33
T4	13.0	14.5	8.7	37.2	12.40
T5	4.5	5.6	2.7	12.8	4.26
T6	5.0	5.6	6.7	17.3	5.76
T7	0.6	1.7	1.4	3.7	1.23
				<b>140.6</b>	<b>6.69</b>

# Análisis de varianza para: Acetaldehídos

F. de V	gl	SC	CM	FC	F. Tabular	
					5%	1%
Total	20	466.16	-	-	-	-
Tratamientos	6	271.82	45.30	2.91 *	2.85	4.46
Cantidad de Metabisulfito	1	159.84	79.92	5.75 *	4.60	8.86
Dosis de Levadura	2	0.29	0.29	0.02 NS	3.74	6.51
Factor C x D	2	7.28	3.64	0.26 NS	3.74	6.51
Testigo vs. otros	1	104.40	104.40	7.52 *	4.60	8.86
Error experimental	14	194.34	13.88	-	-	-

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

NS = No significativo

**X = 6.69**  
**CV = 55.68%**

## Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos

Tratamientos	Medias	Rangos
T7	1.23	A
T5	4.26	B
T2	4.93	B
T6	5.76	B
T3	7.33	B
T1	10.90	B
T4	12.40	B

## Prueba DMS para Cantidad de Metabisulfito

Comparaciones	Diferencia	Valor DMS	Significaci <sup>o</sup> n
M1- M2	0.26	6.52	*

\* = Significativo

NS = No significativo

## Acetato de Etilo

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$	Media
	I	II	III		
T1	142.6	138.8	212.4	493.8	164.60
T2	67.0	30.0	54.9	151.9	50.63
T3	38.7	32.1	19.0	89.8	29.93
T4	130.6	155.9	96.3	382.8	127.60
T5	24.1	25.6	22.3	72.0	24.00
T6	60.3	84.9	88.9	234.1	78.03
T7	103.9	140.5	136.9	381.3	127.10
				<b>1805.70</b>	<b>85.98</b>

# Análisis de varianza para: Acetato de Etilo

F. de V	gl	SC	CM	FC	F. Tabular	
					5%	1%
Total	20	61134.36	-	-	-	-
Tratamientos	6	53698.40	8949.73	15.04 **	2.85	4.46
Cantidad de Metab.	1	41194.14	20597.07	38.77 **	4.60	8.86
Dosis de Levadura	2	120.64	120.64	0.22 NS	3.74	6.51
Factor C x D	2	6467.27	3233.63	6.08 *	3.74	6.51
Testigo vs. otros	1	5916.34	5916.34	11.13 **	4.60	8.86
Error experimental	14	7435.96	531.14	-	-	-

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

NS = No significativo

**X = 85.98**  
**CV = 26.80%**

## Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos

Tratamientos	Medias	Rangos
T5	24.00	A
T3	29.93	A B
T2	50.63	A B
T6	78.03	B
T7	127.10	B
T4	127.60	B
T1	164.60	B

## Prueba DMS para Cantidad de Metabisulfito

Comparaciones	Diferencia	Valor DMS	Significaci3n
M1- M2	5.18	40.34	NS

## Prueba DMS para la interacci3n C x D

Comparaciones	Diferencia	Valor DMS	Significaci3n
Test.- F. M X L	47.97	40.34	*

## Alcoholes Superiores

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$	Media
	I	II	III		
T1	41.8	74.7	119.1	235.6	78.53
T2	74.1	71.3	87.5	232.9	77.63
T3	106.3	88.7	50.7	245.7	81.90
T4	72.5	71.7	44.8	189.0	63.00
T5	47.1	86.0	40.2	173.3	57.76
T6	55.6	62.8	77.0	195.4	65.13
T7	30.8	67.8	72.3	170.9	56.96
				<b>1442.80</b>	<b>68.70</b>

## Análisis de varianza para: Alcoholes Superiores

F. de V	gl	SC	CM	FC	F. Tabular	
					5%	1%
Total	20	9725.12	-	-	-	-
Tratamientos	6	1959.47	326.57	0.55 NS	2.85	4.46
Cantidad de Metabisulfito	1	101.60	50.80	0.08 NS	4.60	8.86
Dosis de Levadura	2	1360.68	1360.68	2.29 NS	3.74	6.51
Factor C x D	2	14.95	7.47	0.01 NS	3.74	6.51
Testigo vs. otros	1	482.23	482.23	0.80 NS	4.60	8.86
Error experimental	14	7765.65	554.68	-	-	-

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

NS = No significativo

**X = 68.70**  
**CV = 34.28%**

# Furfural

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$	Media
	I	II	III		
T1	1.2	1.3	1.6	4.1	1.36
T2	1.1	1.1	1.0	3.2	1.06
T3	1.0	1.0	1.0	3.0	1.00
T4	1.2	1.2	1.1	3.5	1.16
T5	1.0	1.0	1.0	3.0	1.00
T6	1.1	1.4	1.0	3.5	1.16
T7	1.1	1.2	1.1	3.4	1.13
				<b>23.70</b>	<b>1.12</b>

# Análisis de varianza para: Furfural

F. de V	gl	SC	CM	FC	F. Tabular	
					5%	1%
Total	20	0.48	-	-	-	-
Tratamientos	6	0.28	0.04	3.34 *	2.85	4.46
Cantidad de Metabisulfito	1	0.18	0.09	9.05 **	4.60	8.86
Dosis de Levadura	2	0.00	0.00	0.50 NS	3.74	6.51
Factor C x D	2	0.10	0.05	5.16 *	3.74	6.51
Testigo vs. otros	1	0.00	0.00	0.94 NS	4.60	8.86
Error experimental	14	0.20	0.01	-	-	-

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

NS = No significativo

**X = 1.12**  
**CV = 8.92%**

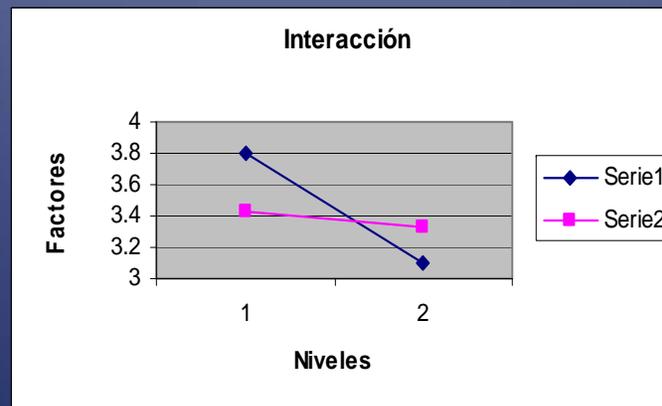
## Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos

Tratamientos	Medias	Rangos
T5	1.0	A
T3	1.0	A
T2	1.06	A
T7	1.13	B
T6	1.16	B
T4	1.16	B
T1	1.36	B

## Prueba DMS para Cantidad de Metabisulfito

Comparaciones	Diferencia	Valor DMS	Significaci <sup>o</sup> n
M1- M2	0.10	0.17	NS

## Interacción de los factores C X D



Serie 1: Levadura  
Serie 2: Metabisulfito

# Metanol

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma$	Media
	I	II	III		
T1	3.7	4.8	10.2	18.7	6.23
T2	3.4	4.1	4.6	12.1	4.03
T3	5.4	6.5	4.3	16.2	5.40
T4	5.8	9.6	5.2	20.6	6.86
T5	3.2	4.0	2.7	9.9	3.30
T6	3.2	4.0	4.0	11.2	3.73
T7	2.6	5.4	4.0	12.0	4.00

**100.7**

**4.79**

# Análisis de varianza para: Metanol

F. de V	gl	SC	CM	FC	F. Tabular	
					5%	1%
Total	20	77.84	-	-	-	-
Tratamientos	6	33.90	5.65	1.95 NS	2.85	4.46
Cantidad de Metabisulfito	1	26.11	13.05	4.21 NS	4.60	8.86
Dosis de Levadura	2	1.56	1.56	0.50 NS	3.74	6.51
Factor C x D	2	4.01	2.0	0.64 NS	3.74	6.51
Testigo vs. otros	1	2.21	2.21	0.71 NS	4.60	8.86
Error experimental	14	43.94	3.10	-	-	-

\*\* = Altamente significativo  
 \* = Significativo  
 NS = No significativo

**X = 4.79**  
**CV = 36.75%**

# ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

## Datos ranqueados de aroma

Catadores	Muestras			$\Sigma$
	1	2	3	
C1	2	3	1	6
C2	1	4	1	6
C3	2	2	2	6
C4	1	2.5	2.5	6
C5	4	1	1	6
C6	1	4	1	6
C7	1	2	3	6
C8	1	4	1	6
C9	1	3	2	6
C10	2	2	2	6
$\Sigma$	16	27.5	16.5	60
X	256	756.25	272.25	1284.5

1 = T3  
2 = T5  
3 = T7

$\chi^2 = 8.45$  NS

## Datos ranqueados de color

Catadores	Muestras			$\Sigma$
	1	2	3	
C1	2	2	2	6
C2	2	2	2	6
C3	2	2	2	6
C4	1	4	1	6
C5	3	2	1	6
C6	2	2	2	6
C7	2.5	1	2.5	6
C8	2	2	2	6
C9	2	2	2	6
C10	1	3	2	6
$\Sigma$	19.5	22	18.5	60
X	380.25	484	342.24	1206.5

1 = T3  
2 = T5  
3 = T7

$\chi^2 = 0.65$  NS

## Datos ranqueados de sabor

Catadores	Muestras			$\Sigma$
	1	2	3	
C1	1	4	1	6
C2	1	2.5	2.5	6
C3	1	4	1	6
C4	2	2	2	6
C5	2.5	2.5	1	6
C6	4	1	1	6
C7	2.5	1	2.5	6
C8	2.5	2.5	1	6
C9	1	4	1	6
C10	1	4	1	6
$\Sigma$	18.5	27.5	14	60
X	342.25	756.25	196	1294.5

**1 = T3**  
**2 = T5**  
**3 = T7**

**X<sup>2</sup> = 9.45 NS**

# ANÁLISIS DE COSTOS

Tratamientos	Costo	Costo / Botella
T1	31.80	7.95
T2	31.90	7.97
T3	32.00	8.00
T4	33.02	8.25
T5	<b>32.22</b>	<b>8.05</b>
T6	35.02	8.75
T7	31.40	7.85

# CONCLUSIONES

- La manzana usada en esta investigación; organolépticamente es buena, y se confirma su calidad por cuanto se puede fermentar sin usar un cultivo iniciador.
- Con respecto a la determinación de curvas de crecimiento de levaduras y variación de grados Brix, se encontró que el tratamiento 3 (1.5 g/l levadura, y 0.15 g/l metabisulfito) fue el que tuvo menor tiempo de fermentación y una mayor cantidad de levaduras presentes en la fase estacionaria; los grados Brix disminuyeron de forma continua de acuerdo al paso del tiempo y el consumo de sustrato.
- El tratamiento 3 presenta el menor tiempo de fermentación (14 días), una diferencia significativa con respecto al testigo (47 días).

- El grado alcohólico del mosto, estadísticamente es no significativo; siendo todos los tratamientos iguales; sin embargo, los que registraron mayor grado fueron los tratamientos 3, 6 y 7.
- En lo referente a los análisis físico químicos del producto terminado, se concluye que, la presencia de congéneres son metabolitos secundarios propios de la fermentación alcohólica, mismos que se encuentran dentro de los rangos permitidos de la norma INEN 366, siendo segura la ingesta para el ser humano.
- El grado alcohólico del producto se encuentra entre 39.6 y 42.6 °GL siendo fruto de una sola destilación, es decir, que es un producto no rectificado que conserva las características propias de la fruta de la cual proviene.
- Del análisis organoléptico, se concluye que el mejor tratamiento para las características evaluadas: color, olor, sabor es la muestra dos que corresponde al T5.

- Por lo tanto, se concluye que el mejor tratamiento para la investigación: **“Producción y destilación de mosto de manzana (variedad Santa Lucia) para la obtención de calvados “** fue el T5 (1.0 g/l de levadura y 0.25 g/l de metabisulfito) con las siguientes características:

		<b>Norma INEN 366</b>
Tiempo de fermentación:	25 días	
Grado alcohólico del mosto:	4.2 °GL	
Grado alcohólico del producto:	42.6 °GL	<b>38 – 45 °GL</b>
Rendimiento	12 %	
Volumen cuerpo obtenido	3000 ml	
Total congéneres:	90.3 mg/100ml	<b>57 – 450mg/100ml</b>

- **Se acepta la hipótesis alternativa que dice:**

La cantidad de metabisulfito de potasio y el porcentaje de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* inciden en el tiempo de fermentación.

# RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda usar manzanas sin defectos pero también se puede usar fruta con pequeñas fallas físicas para la producción de calvados.
- ❖ La manzana usada para la producción de calvados, no debe ser ni tierna ni sobre madura, debido que afectaría al proceso de fermentación.
- ❖ Para la fermentación del mosto, se recomienda usar otro tipo de levadura o enzima como también probar con temperaturas mayores a la del medio ambiente.
- ❖ Durante la destilación se recomienda, prolijidad en cuanto a la temperatura de calentamiento, puesto que mientras más baja sea, se dará mayor oportunidad a la separación de los diferentes tipos de compuestos presentes en este proceso.

- ❖ Si en futuras investigaciones de destilación, se usaría frutas ácidas, se recomienda usar un equipo destilador construido de acero inoxidable.
- ❖ Antes de cada destilación, se recomienda, destilar primero agua para así limpiar la tubería del equipo de posibles contaminantes.
- ❖ Para disminuir pérdidas de producción, se recomienda usar las partes del fraccionamiento de la destilación es decir: cabeza y colas como solventes orgánicos; las colas se pueden usar para la limpieza de botellas.
- ❖ Para la producción industrial de calvados, se recomienda usar fermentación continua.
- ❖ Se recomienda la industrialización de calvados, ya que existe producción de manzana en nuestro medio y lo más importante; no se conoce que Ecuador produzca este tipo de licor.

*GRACIAS*