

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

OBTENCIÓN DE VODKA A PARTIR DE DOS TIPOS DE MAÍZ  
(*Zea mays*): MAÍZ AMARILLO AMILÁCEO Y MAÍZ BLANCO DE GRANO  
VITRIO.

**Autoras**

Vásquez Galárraga Mayra Gabriela  
Vásquez Villarreal Ligia Elena

**DIRECTOR**

Ing. Luis Sandoval

IBARRA - ECUADOR

GENERALIDADES

RECOMENDACIONES

REVISIÓN DE  
LITERATURA

VODKA

CONCLUSIONES

MATERIALES Y  
MÉTODOS

RESULTADOS Y  
DISCUSIONES

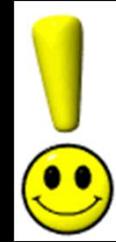
# INTRODUCCIÓN:



- ✓ Origen hace 4000 años A C.
- ✓ Aprovechamiento de la tecnología.
- ✓ Aceleración de procesos y mejoramiento de costos de producción.
- ✓ Descubrimiento del proceso de destilación.
- ✓ Importaciones :Polonia con 6.5% y otros 1.1%.
- ✓ Producción.

## OBJETIVO GENERAL

- ✓ Obtener vodka a partir de dos tipos de maíz (*zea mays*): maíz amarillo amiláceo y maíz blanco de grano vitrio.



## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Cuantificar las mejores condiciones de fermentación.
- ✓ Determinar el mejor tipo de maíz para la elaboración de vodka.
- ✓ Demostrar la acción hidrolítica de dos tipos de enzimas amilasas en el almidón de la harina de maíz.
- ✓ Comparar el efecto de las temperaturas (ambiente  $18 \pm 2$  °C y  $23 \pm 2$  °C) en las características organolépticas del producto.
- ✓ Calcular el rendimiento de alcohol destilado.
- ✓ Evaluar la calidad del producto mediante análisis físico-químicos (pH, contenido de almidón, ° Brix, acidez total, grado alcohólico) y organolépticos

# HIPÓTESIS



## HIPÓTESIS ALTERNATIVA

- ✓ El tipo de maíz, la temperatura de fermentación y el tipo de enzima INFLUYEN en la calidad del destilado (vodka).



Menú

# REVISIÓN DE LITERATURA

# EL VODKA

Tiene su origen en la palabra vodá, que significa agua; se cree que es original de Rusia, pero hoy es popular en muchos países. El vodka típico es incoloro, sabe picante y ordinariamente no se añeja. Se bebe sin dilución y como aperitivo. El vodka producido en Rusia contiene 40% de alcohol.

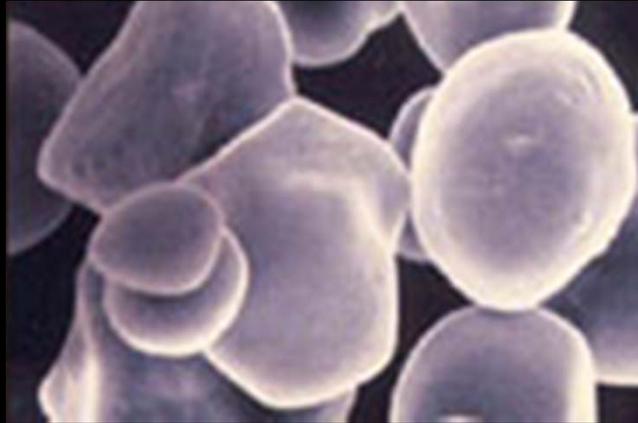
El vodka es una bebida destilada a partir de una pasta de trigo, aunque puede elaborarse con cualquier cereal: centeno, maíz, cebada o papas fermentadas.



Menú

# EL ALMIDÓN

El almidón es un hidrato de carbono complejo  $(C_6H_{10}O_5)_n$  inodoro e insípido, en forma de grano o polvo.



Gránulo de almidón



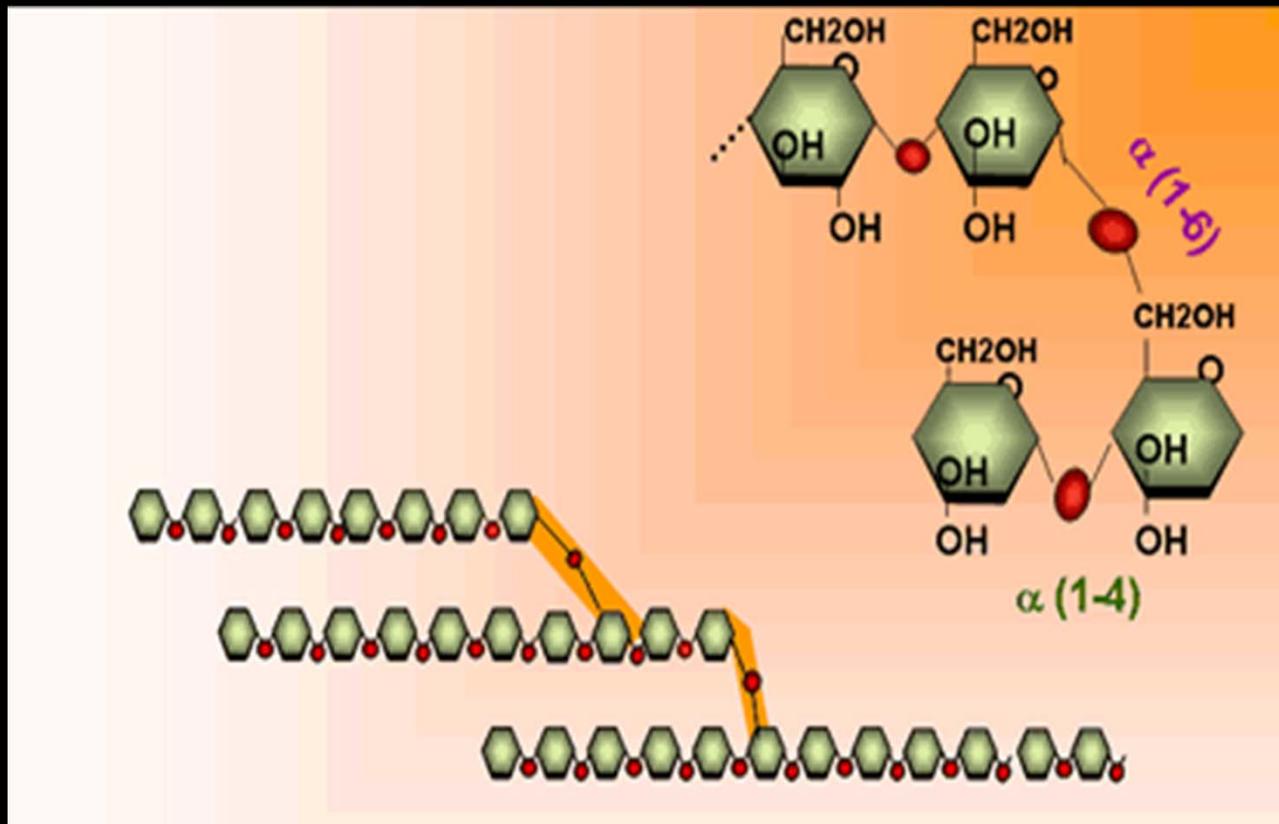
Almidón gelatinizado

Menú

# Composición

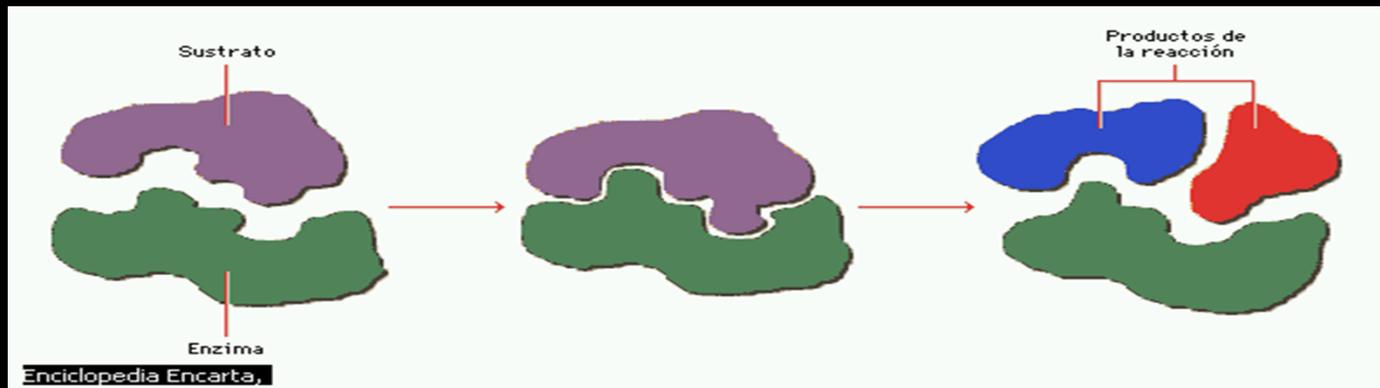
El gránulo de almidón es un sistema heterogéneo que consiste principalmente en dos compuestos distintos:

La **amilosa**, que es esencialmente un polímero lineal; y la **amilopectina**, que es un polímero muy ramificado.



# LAS ENZIMAS

Las enzimas son proteínas presentes en todas las células vivas, funcionan como catalizadores para miles de reacciones.



## Factores que afectan la actividad de las enzimas

Temperatura

Potencial Hidrógeno

Humedad

Menú

# FERMENTACIÓN

## Fermentación alcohólica

El tipo de fermentación más importante es la fermentación alcohólica, en donde la acción de la zymasa segregada por la levadura convierte los azúcares simples, como la glucosa y la fructosa, en alcohol etílico y dióxido de carbono.



## Condiciones necesarias de la fermentación alcohólica

Cultivo indicador

pH del mosto

Concentración de azúcar

Cantidad de Oxígeno

Temperatura

Menú

# DESTILACIÓN

Destilación, 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.



Menú

# PRINCIPIO DE LA DESTILACIÓN

## NORMAS BÁSICAS

- ✓ Diferencia puntos de fusión del agua (100°C) y el alcohol (78.3°C).
- ✓ Resultado de cualquier destilación: cabeza – cuerpo - colas.
- ✓ La mejor parte de la destilación es el cuerpo.
- ✓ Sustancias más volátiles primeras en salir, como la acetona, metanol, y varios ésteres ( 50 ml por cada 25 l de destilado).
- ✓ Las cabezas a partir de los 55°C. Tienen un sabor amargo.
- ✓ El cuerpo posee un color ampliamente transparente.
- ✓ Las colas tienen punto de ebullición elevado. Furfurales – mal sabor.



# MATERIALES Y MÉTODOS

# MÉTODOS EN ESTUDIO

## Caracterización del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en una casa particular, ubicada en la ciudad de Ibarra y los análisis correspondientes se efectuaron en las instalaciones de la Industria Licorera y Embotelladora del Norte Sociedad Anónima ILENSA.



Menú

# FACTORES EN ESTUDIO

## Factor A: Tipo de maíz (TM)

TM1: Maíz amarillo amiláceo (*Zea mays*) (A1).

TM2: Maíz blanco de grano vitrio (A2).



## Factor B: Temperatura de fermentación (TF)

TF1:  $18 \pm 2$  °C Ambiente (B1).

TF2:  $23 \pm 2$  °C (B2).

## Factor C: Tipo de enzima (TE).

TE1: Termamyl® 120L (C1).

TE2: Fungamyl® 800L (C2).



Menú

# DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado en la investigación para las variables contenido de almidón, rendimiento de alcohol, grado alcohólico, acidez total, fue un diseño Completamente al Azar ( DCA ) con arreglo factorial A x B x C.

## Características

Número de tratamientos: **(8)**

Número de repeticiones por tratamientos : **(3)**

Número de unidades experimentales: **(24)**

Unidad experimental

Cada unidad experimental tuvo un volumen de 18 litros de mosto (5 kg de harina en 15 l de agua).

Menú

# Esquema de análisis de varianza

FUENTE DE VARIACIÓN	GL
TOTAL	23
Tratamientos	7
( F A ) TM	1
( F B ) TF	1
( F C ) TE	1
A x B	1
A x C	1
B x C	1
(A x B x C)	1
Error experimental	16

## Análisis funcional

Se detectó diferencia estadística significativa , se realizó las siguientes pruebas de significación.

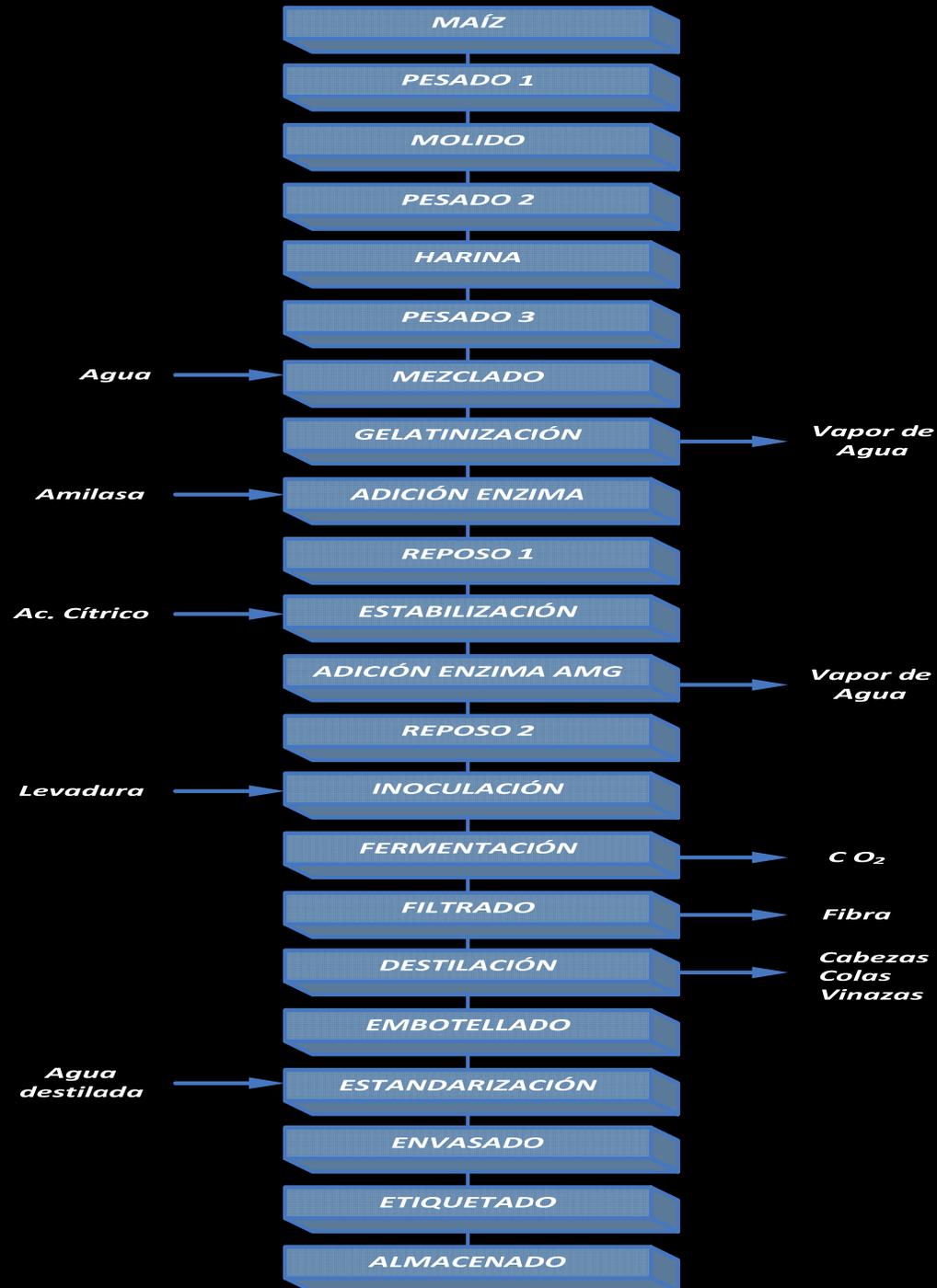
- ✓ TUKEY para tratamientos
- ✓ DMS para factores
- ✓ Prueba de Friedman para variables cualitativas.

## Variables Evaluadas

- ✓ Contenido de almidón.
- ✓ Variación del potencial hidrógeno.
- ✓ Variación del porcentaje de sólidos solubles.
- ✓ Tiempo de fermentación.
- ✓ Rendimiento de alcohol obtenido del mosto.
- ✓ Grado alcohólico.
- ✓ Acidez total.
- ✓ Contenido de congéneres (metanol, alcoholes superiores, ésteres, furfural y aldehídos).



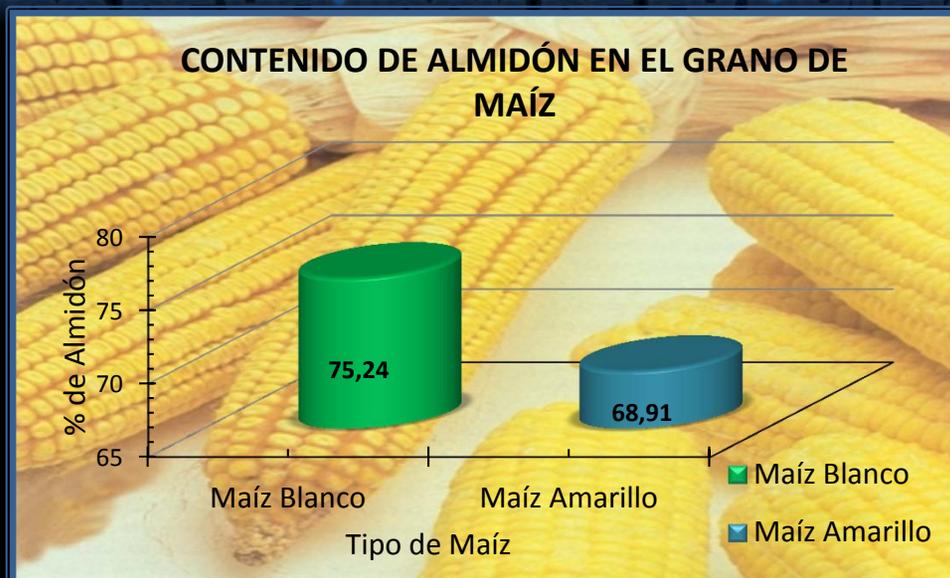
PROCESO DE OBTENCIÓN DE  
VODKA A PARTIR DE DOS TIPOS  
DE MAÍZ



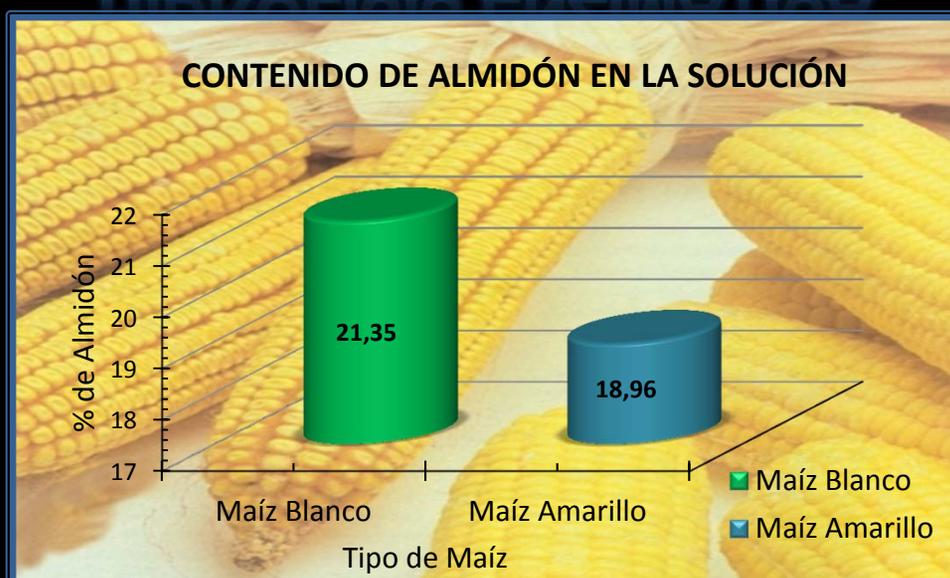
Menú

# RESULTADOS Y DISCUSIONES

# CONTENIDO DE ALMIDÓN DE LA MATERIA PRIMA

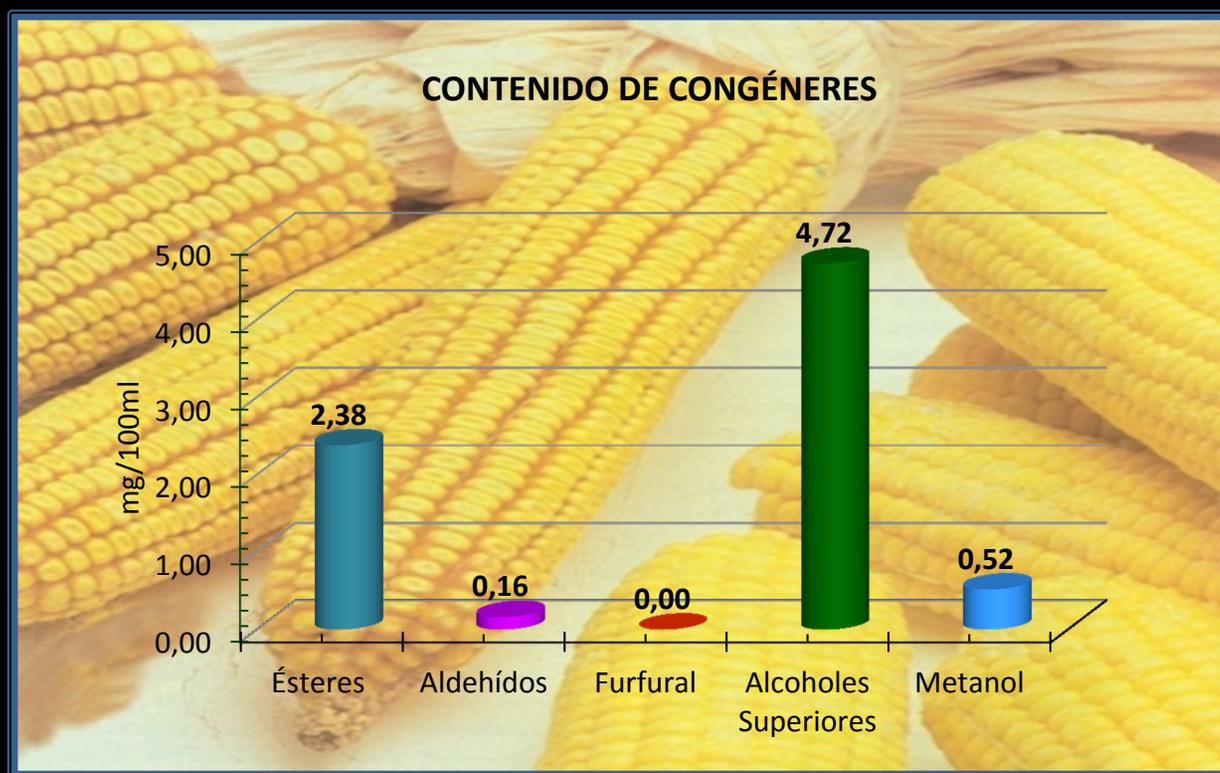


# CONTENIDO DE ALMIDÓN ANTES DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA



Menú

# CONTENIDO DE CONGÉNERES



Menú

# RESULTADOS ESTADÍSTICOS

# ANÁLISIS DE CONTENIDO DE ALMIDÓN AL TÉRMINO DE LA FERMENTACIÓN

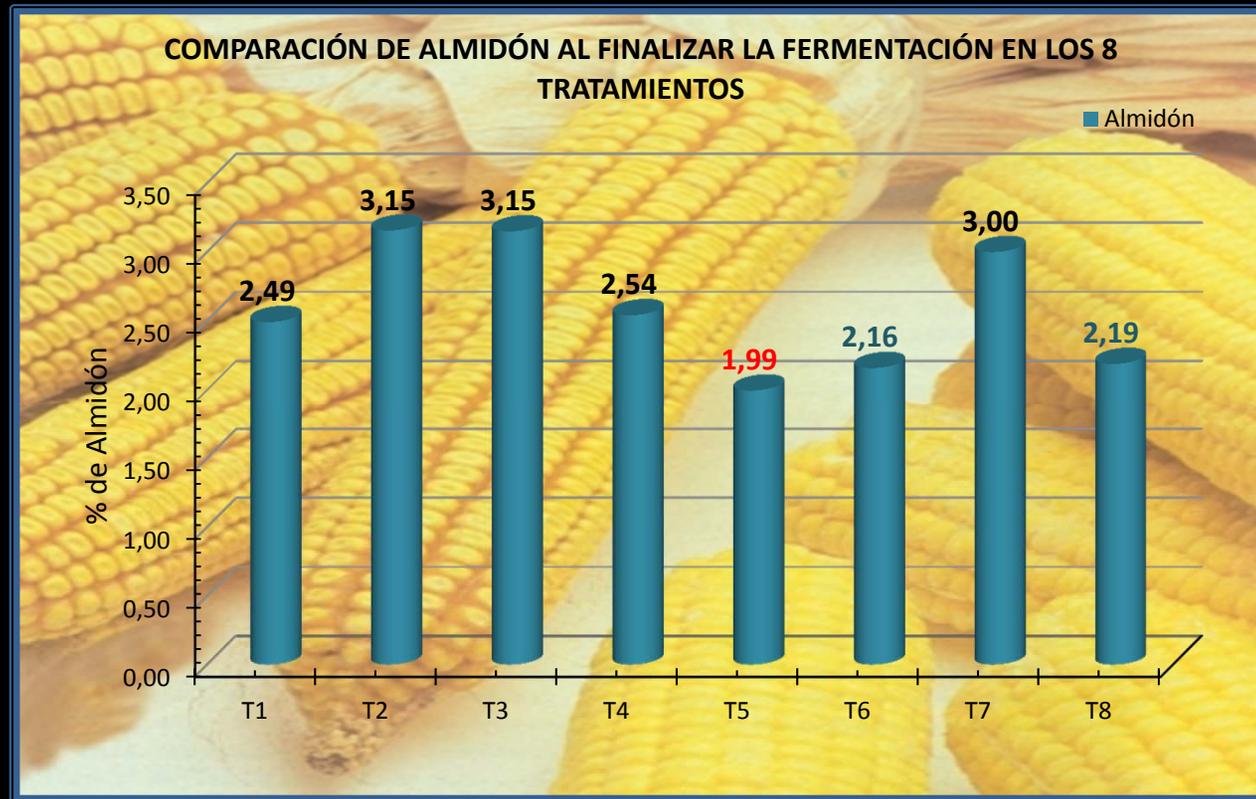
## ANÁLISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN

F de V	gl	SC	CM	Fc		Ft	
Total	23	5,266				5%	1%
Tratamientos	7	4,533	0,648	14,14 **		2,66	4,03
A	1	1,495	1,495	32,63 **		4,49	8,53
B	1	0,435	0,435	9,49 **		4,49	8,53
C	1	0,131	0,131	2,85 NS		4,49	8,53
AxB	1	0,368	0,368	8,02 *		4,49	8,53
AxC	1	0,186	0,186	4,05 NS		4,49	8,53
BxC	1	1,887	1,887	41,19 **		4,49	8,53
AxBxC	1	0,033	0,033	0,72 NS		4,49	8,53
SCE.exp	16	0,733	0,046				

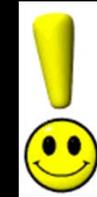
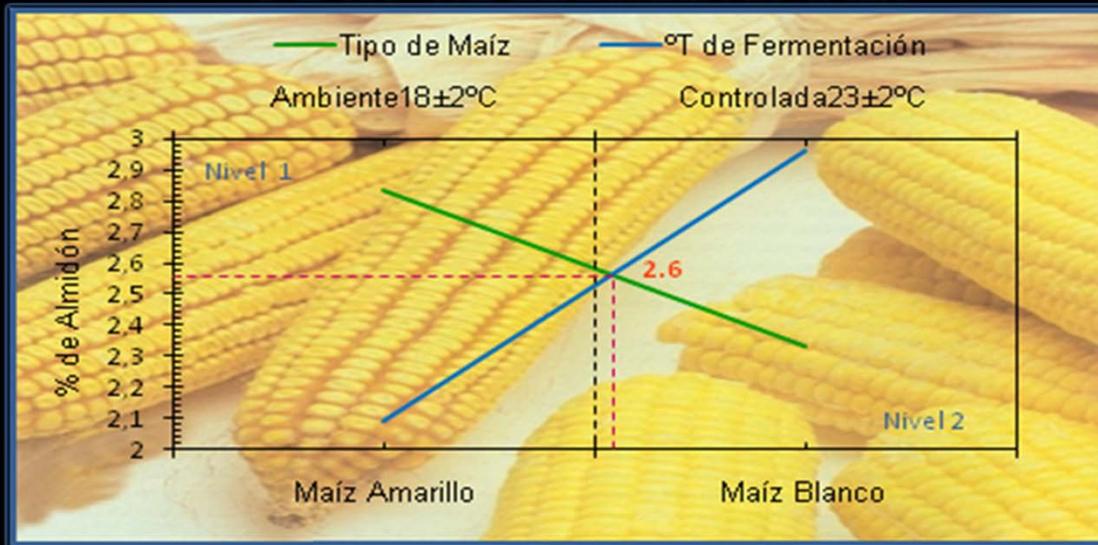
CV = 8,29 %

Menú

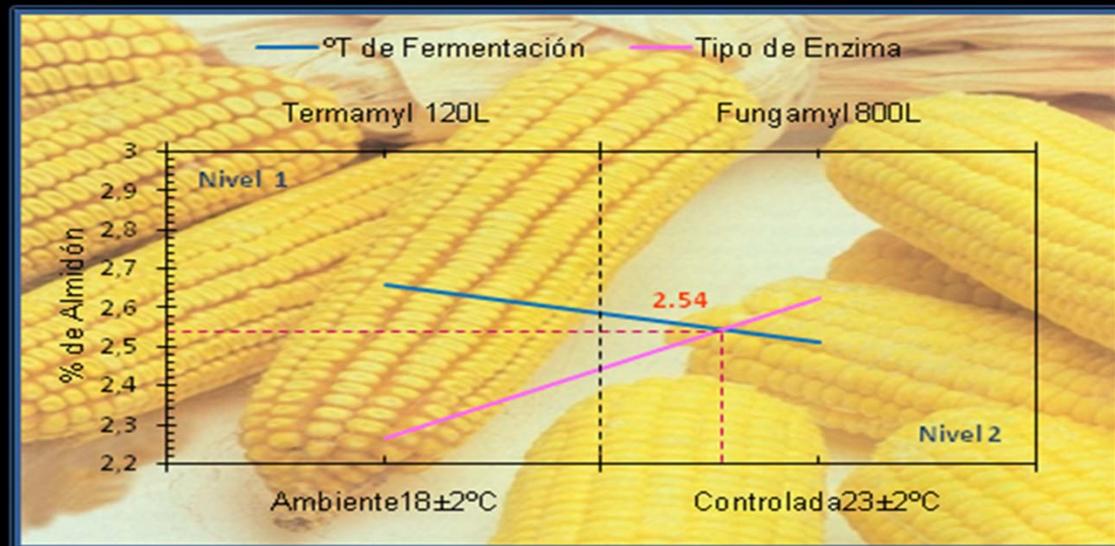
# COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN AL TÉRMINO DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA EN LOS 8 TRATAMIENTOS



## INTERACCIÓN DE LOS FACTORES A (TIPO DE MAÍZ) Y B (°T DE FERMENTACIÓN)



## INTERACCIÓN DE LOS FACTORES B (°T DE FERMENTACIÓN) Y C (TIPO DE ENZIMA)



Menú

## ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE ALCOHOL

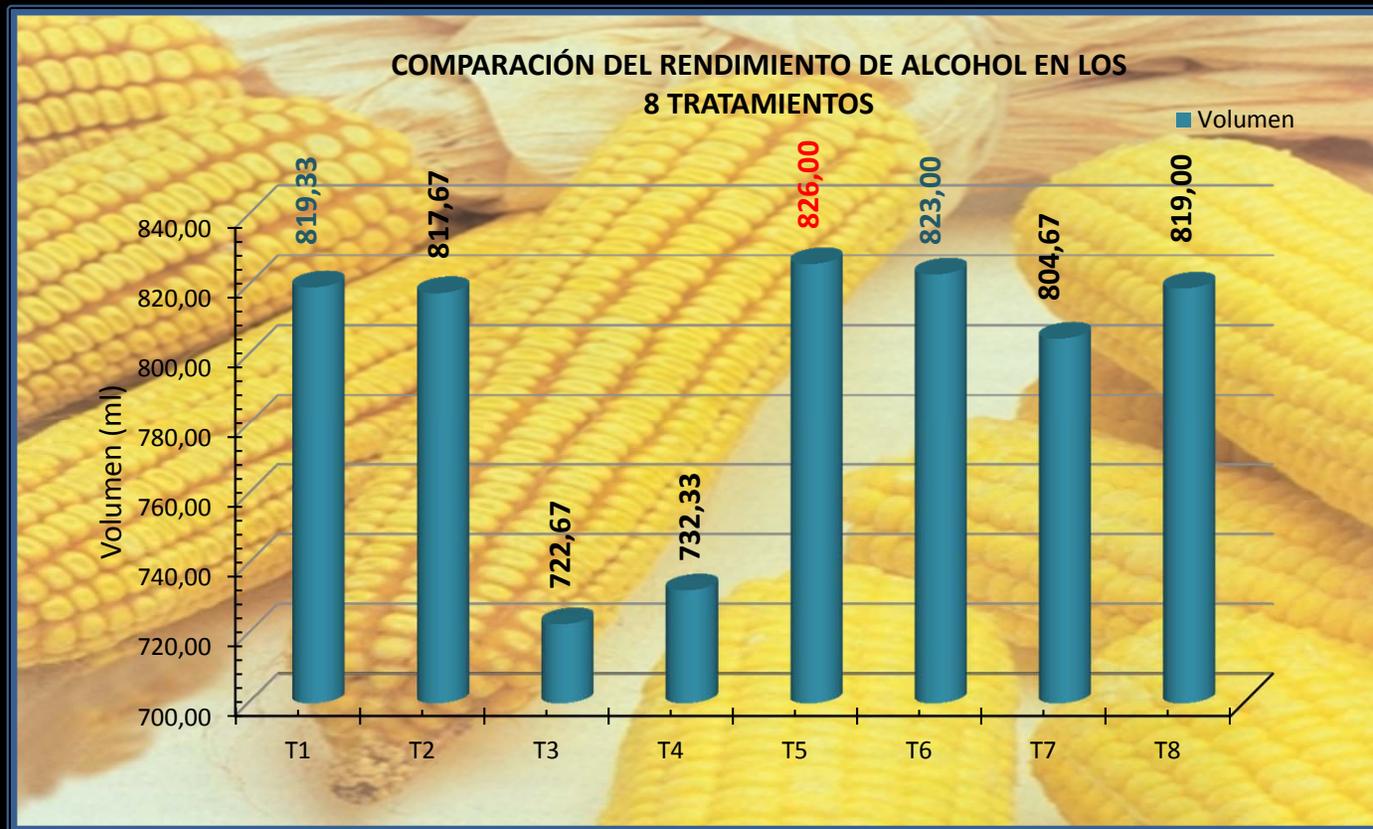
### ANÁLISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTO DE ALCOHOL

F de V	gl	SC	CM	Fc		Ft	
<b>Total</b>	23	39823,833				5%	1%
<b>Tratamientos</b>	7	38030,500	5432,929	48,47	**	2,66	4,03
<b>A</b>	1	12240,167	12240,167	109,21	**	4,49	8,53
<b>B</b>	1	16120,167	16120,167	143,82	**	4,49	8,53
<b>C</b>	1	140,167	140,167	1,25	NS	4,49	8,53
<b>AxB</b>	1	9204,167	9204,167	82,12	**	4,49	8,53
<b>AxC</b>	1	4,167	4,167	0,04	NS	4,49	8,53
<b>BxC</b>	1	308,167	308,167	2,75	NS	4,49	8,53
<b>AxBxC</b>	1	13,500	13,500	0,12	NS	4,49	8,53
<b>SCE.exp</b>	16	1793,333	112,083				

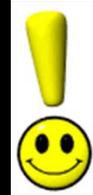
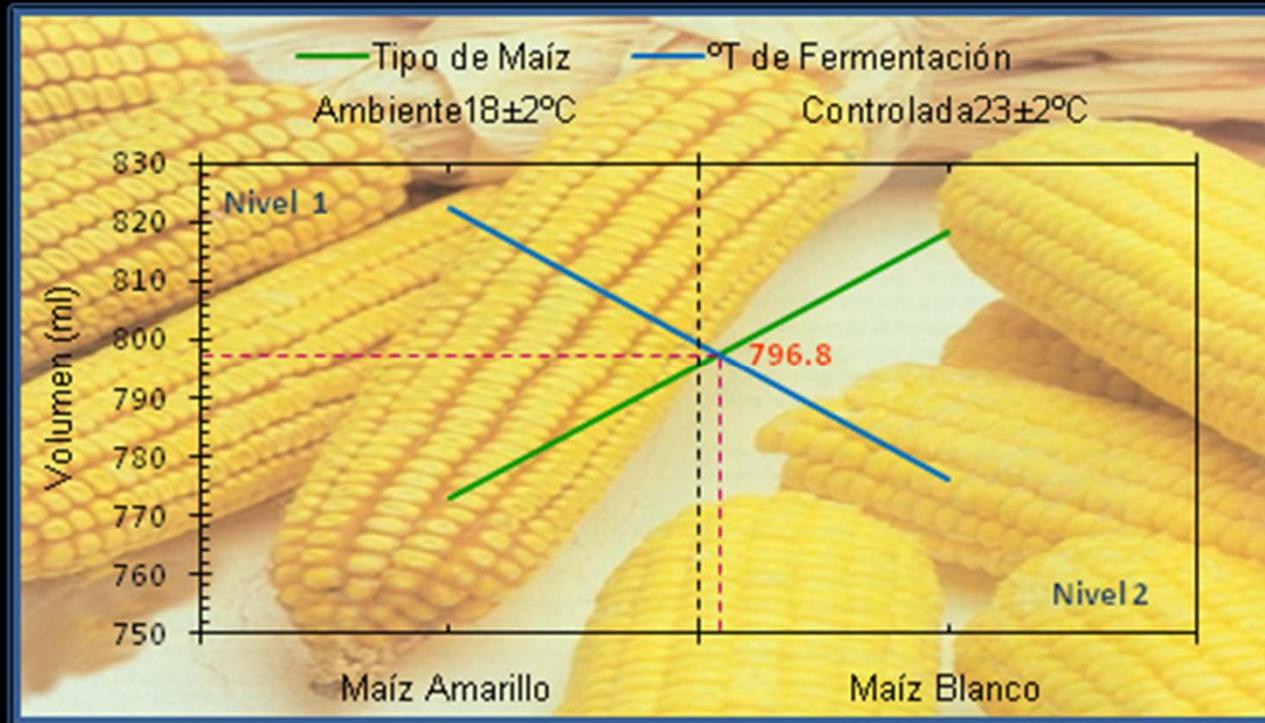
CV = 1,33 %

Menú

# COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ALCOHOL EN LOS 8 TRATAMIENTOS



# INTERACCIÓN DE LOS FACTORES A (TIPO DE MAÍZ) Y B (°T DE FERMENTACIÓN)



Menú

## ANÁLISIS DE GRADO ALCOHÓLICO

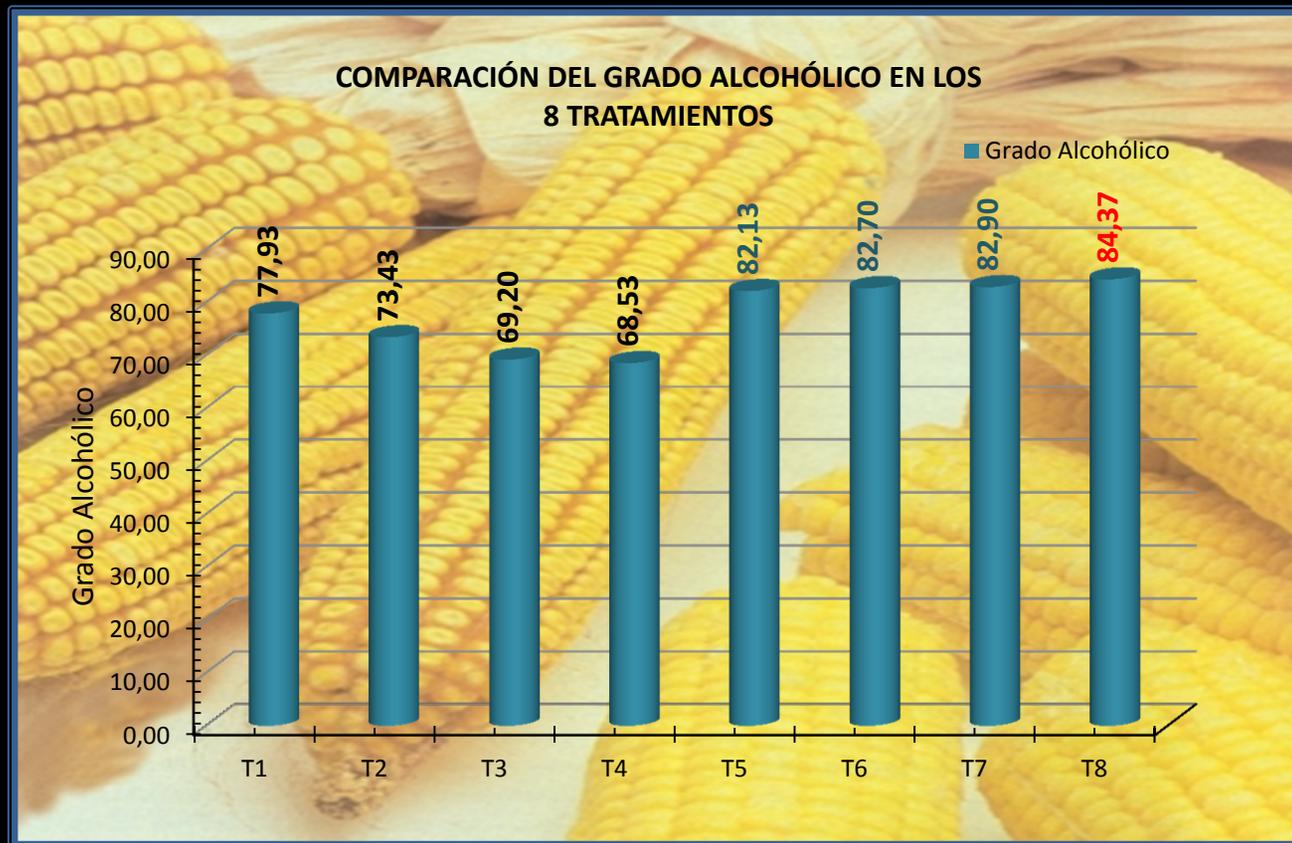
### ANÁLISIS DE VARIANZA DE GRADO ALCOHÓLICO

F de V	gl	SC	CM	F <sub>c</sub>		F <sub>t</sub>	
<b>Total</b>	23	920,840				5%	1%
<b>Tratamientos</b>	7	871,967	124,567	40,78	**	2,66	4,03
<b>A</b>	1	693,375	693,375	226,99	**	4,49	8,53
<b>B</b>	1	47,040	47,040	15,40	**	4,49	8,53
<b>C</b>	1	3,682	3,682	1,21	NS	4,49	8,53
<b>AxB</b>	1	96,802	96,802	31,69	**	4,49	8,53
<b>AxC</b>	1	19,440	19,440	6,36	*	4,49	8,53
<b>BxC</b>	1	8,402	8,402	2,75	NS	4,49	8,53
<b>AxBxC</b>	1	3,227	3,227	1,06	NS	4,49	8,53
<b>SCE.exp</b>	16	48,873	3,055				

CV = 2,25 %

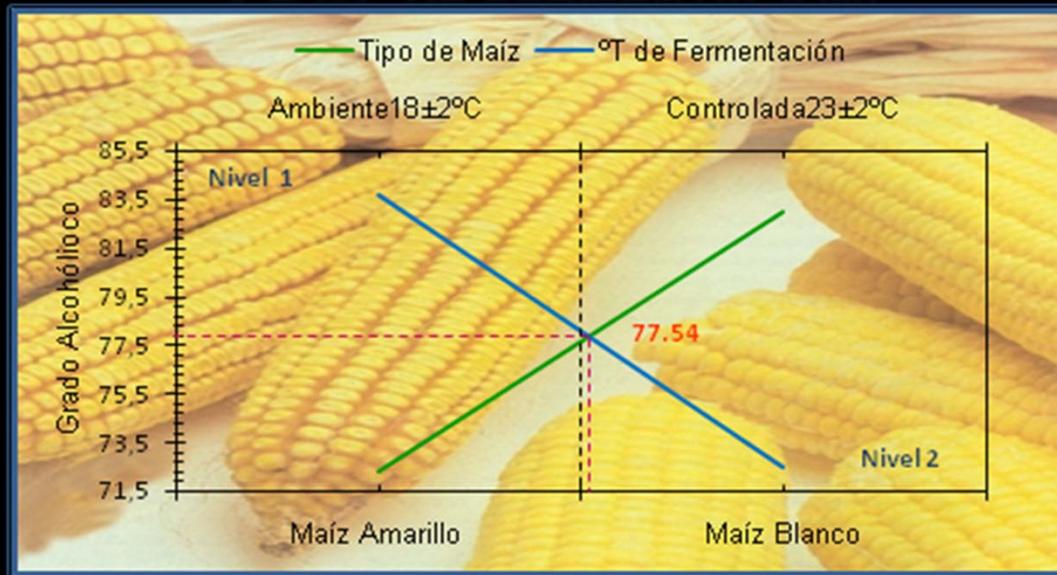
Menú

# COMPARACIÓN DEL GRADO ALCOHÓLICO EN LOS 8 TRATAMIENTOS

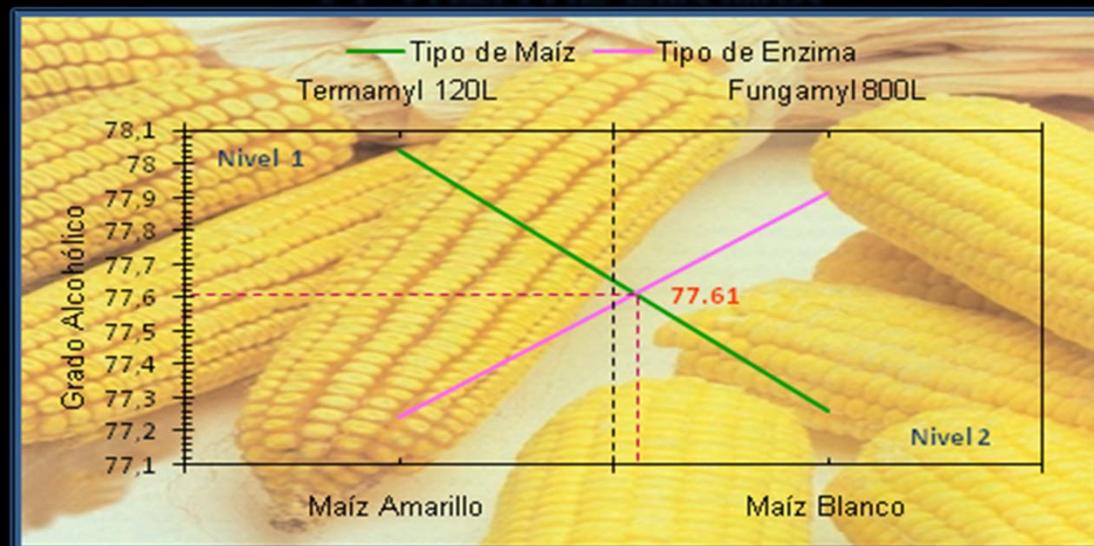


Menú

# INTERACCIÓN DE LOS FACTORES A (TIPO DE MAÍZ) Y B (°T DE FERMENTACIÓN)



# INTERACCIÓN DE LOS FACTORES A (TIPO DE MAÍZ) Y C (TIPO DE ENZIMA)



Menú

## ANÁLISIS DE ACIDEZ TOTAL

### ANÁLISIS DE VARIANZA DE ACIDEZ TOTAL

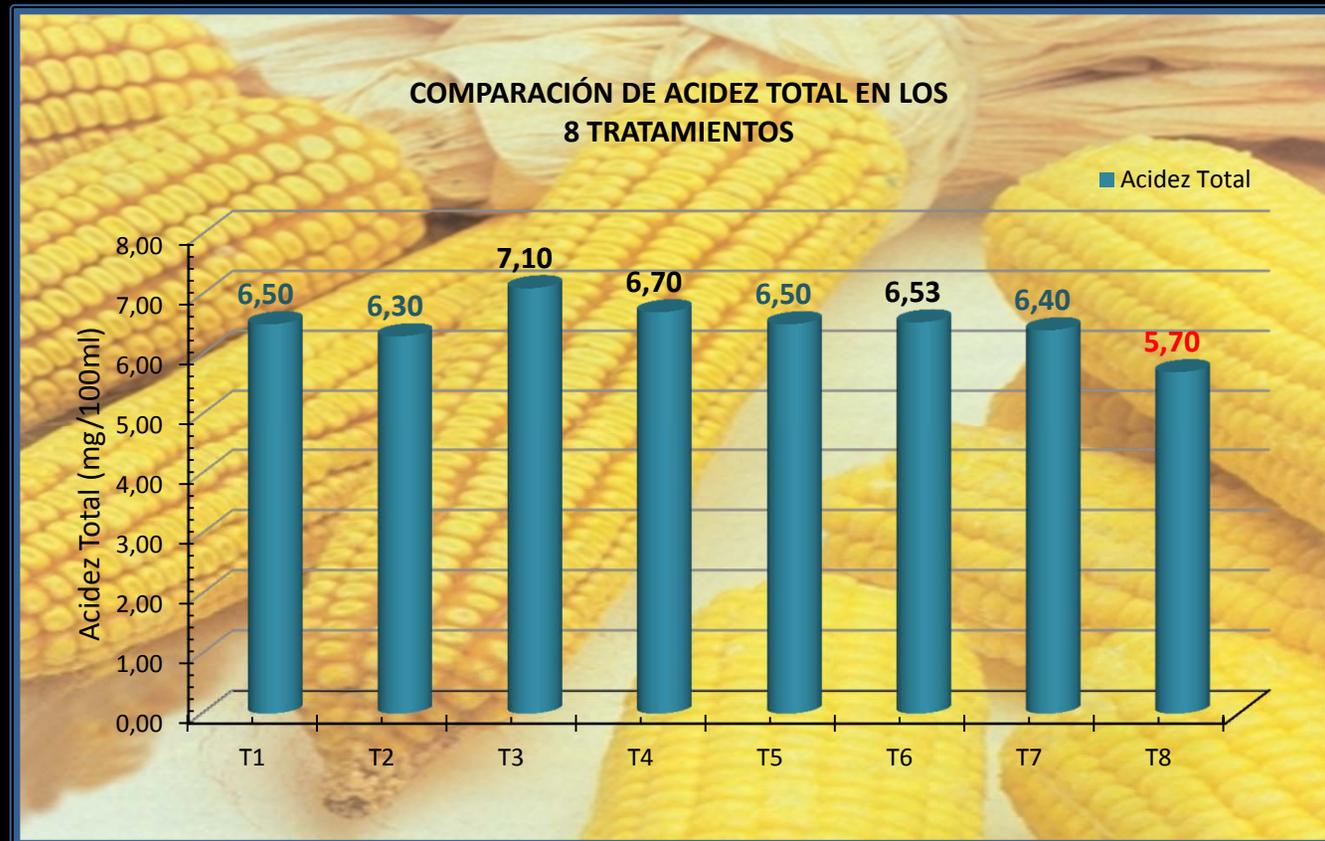
F de V	gl	SC	CM	F <sub>c</sub>		F <sub>t</sub>	
<b>Total</b>	23	3,653				5%	1%
<b>Tratamientos</b>	7	3,247	0,464	18,25	**	2,66	4,03
<b>A</b>	1	0,807	0,807	31,74	**	4,49	8,53
<b>B</b>	1	0,002	0,002	0,07	NS	4,49	8,53
<b>C</b>	1	0,602	0,602	23,67	**	4,49	8,53
<b>AxB</b>	1	1,402	1,402	55,15	**	4,49	8,53
<b>AxC</b>	1	0,002	0,002	0,07	NS	4,49	8,53
<b>BxC</b>	1	0,327	0,327	12,85	**	4,49	8,53
<b>AxBxC</b>	1	0,107	0,107	4,20	NS	4,49	8,53
<b>SCE.exp</b>	16	0,407	0,025				

CV = 2,47 %

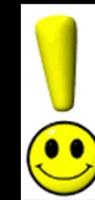
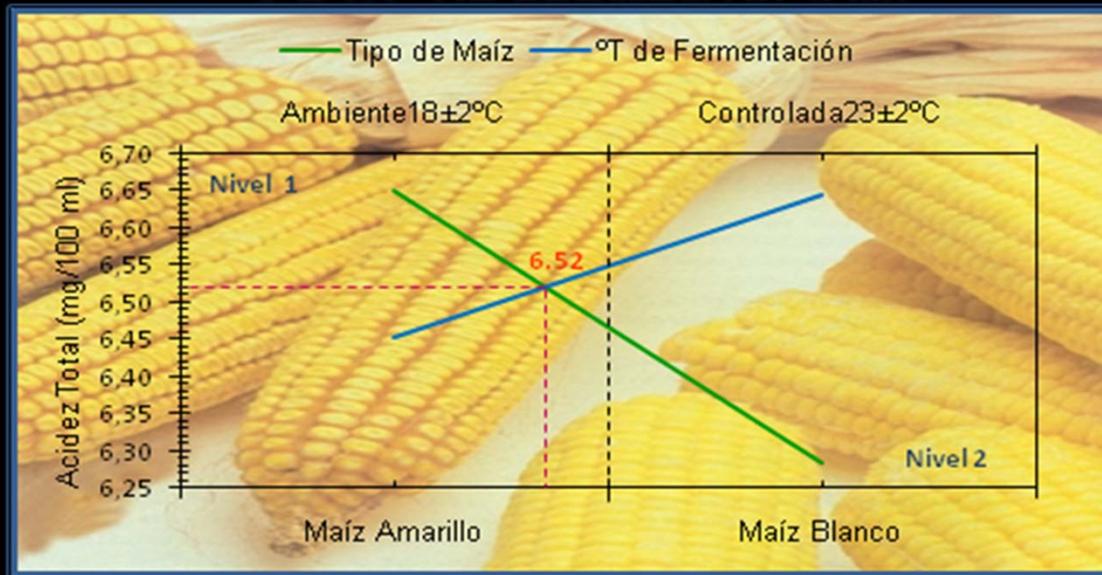
Menú



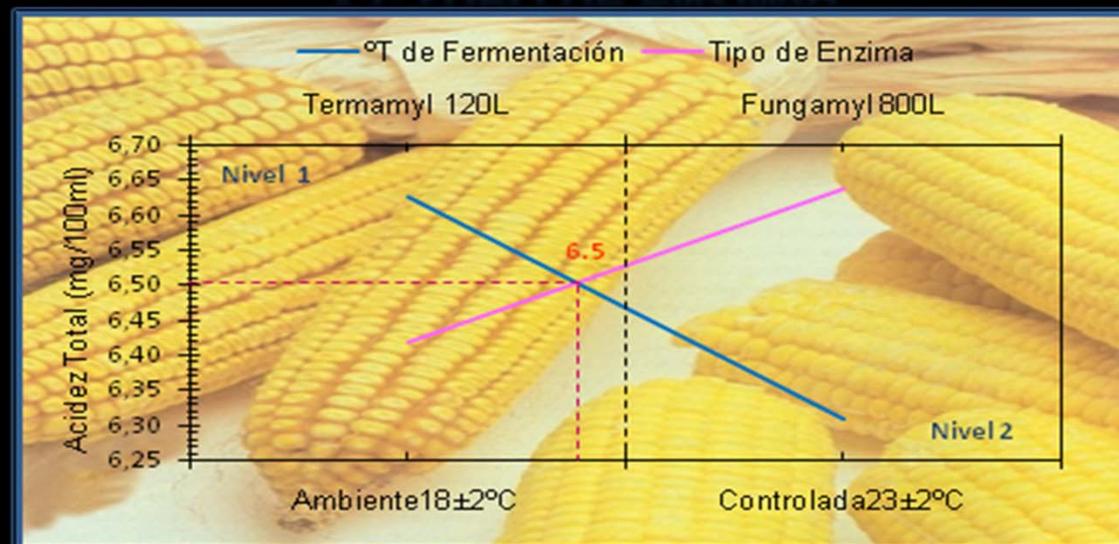
## COMPARACIÓN DE LA ACIDEZ TOTAL EN LOS 8 TRATAMIENTOS



## INTERACCIÓN DE LOS FACTORES A (TIPO DE MAÍZ) Y B (°T DE FERMENTACIÓN)



## INTERACCIÓN DE LOS FACTORES B (°T DE FERMENTACIÓN) Y C (TIPO DE ENZIMA)



Menú

# ANÁLISIS DE VARIANZA DIARIO DEL POTENCIAL HIDRÓGENO

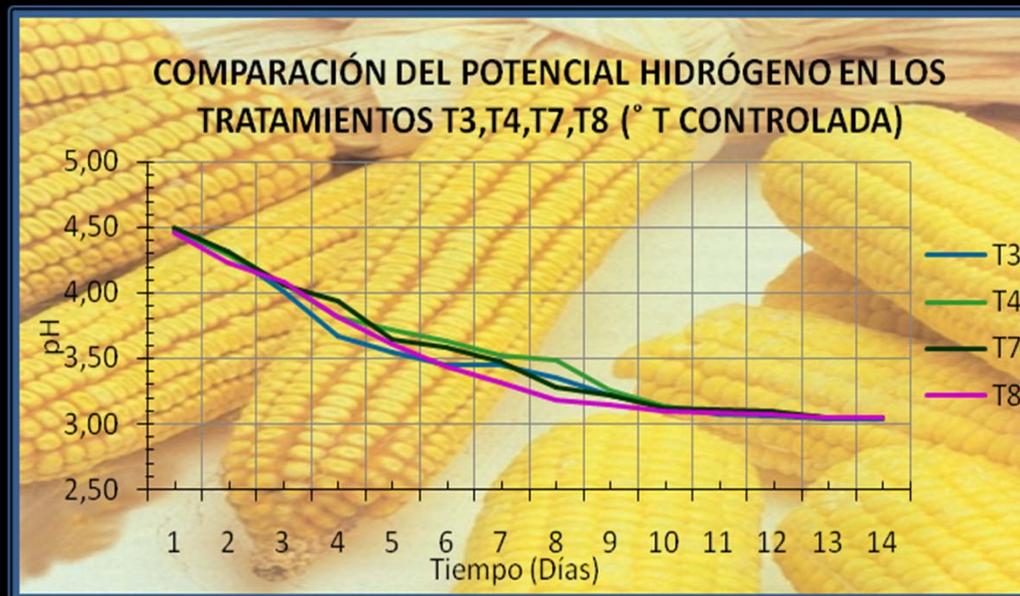
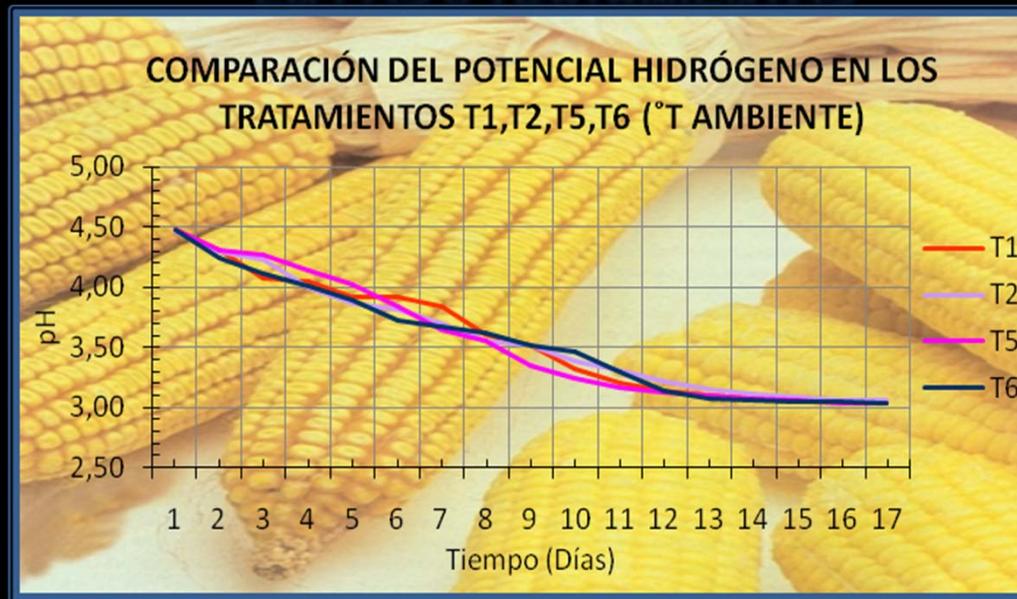


Rango

CV = 0,45 – 2,47 %

Menú

# COMPARACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL POTENCIAL HIDRÓGENO EN LOS 8 TRATAMIENTOS



# ANÁLISIS DE VARIANZA DIARIO DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES

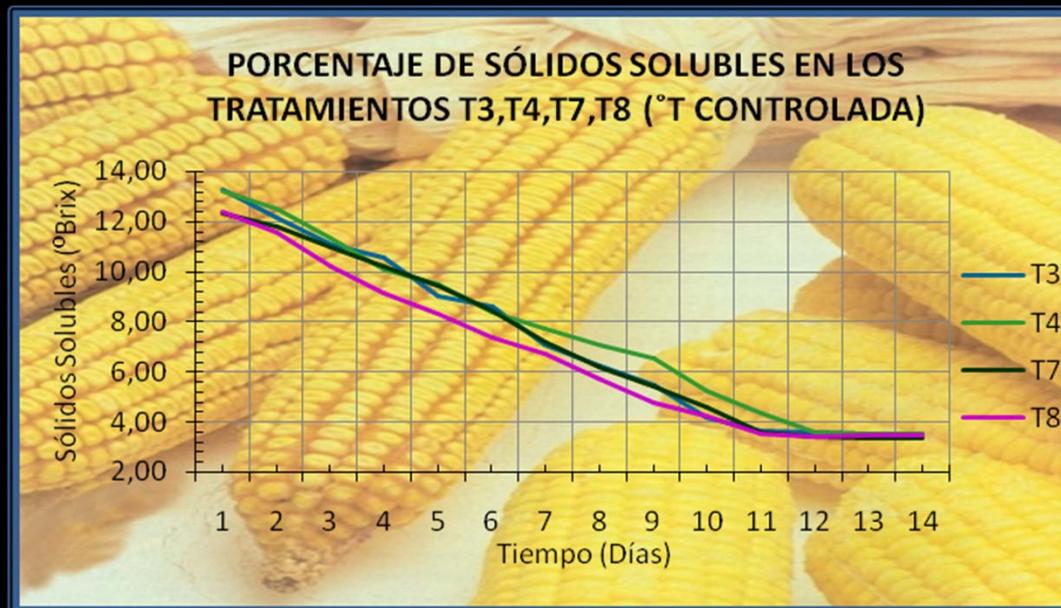
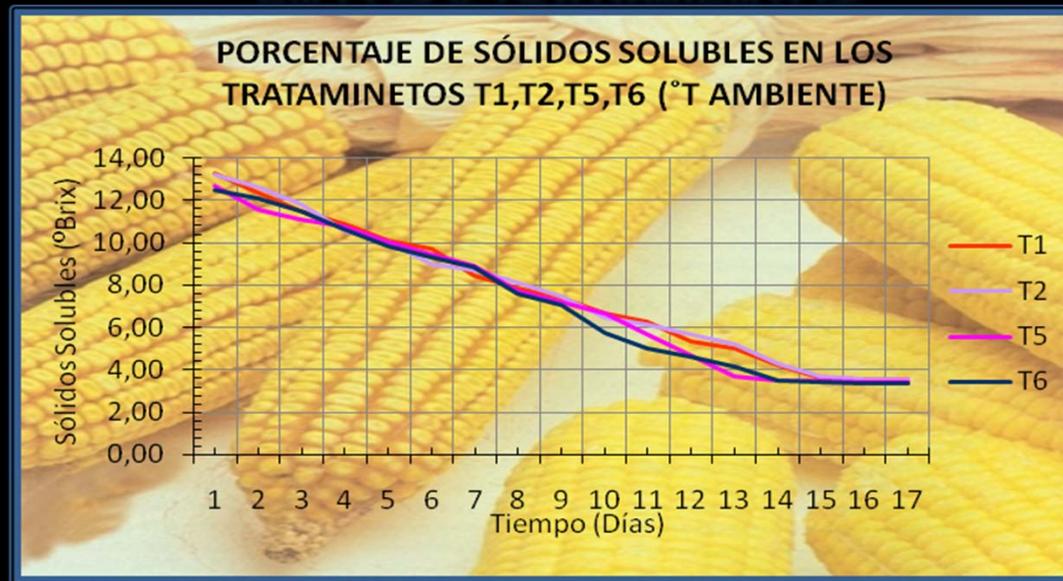


Rango

CV = 0,96 – 6,46 %

Menú

# COMPARACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES EN LOS 8 TRATAMIENTOS



Menú

# ANÁLISIS DE VARIANZA DIARIO DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN

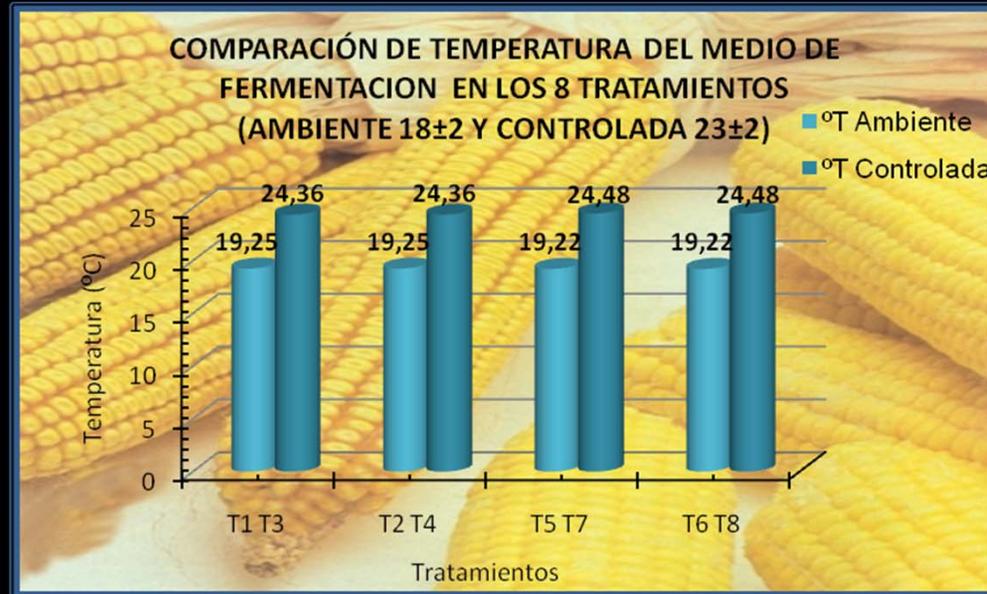


Rango

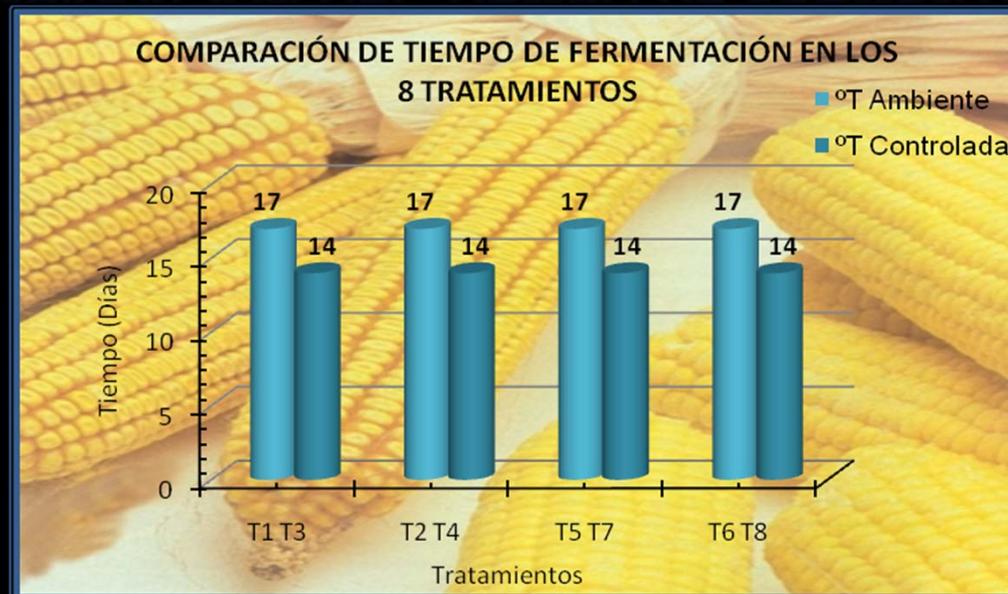
CV = 2,90 – 9,61 %

Menú

# COMPARACIÓN DE TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN

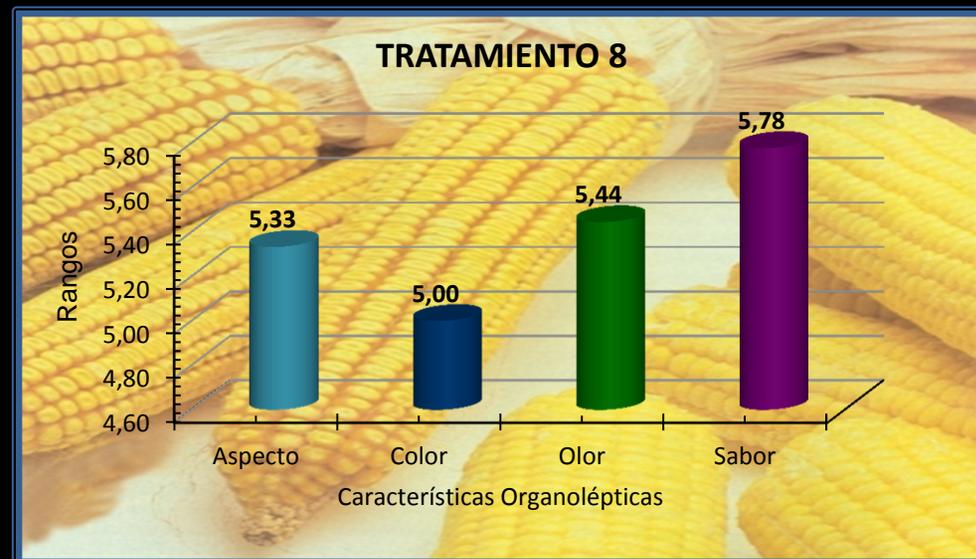
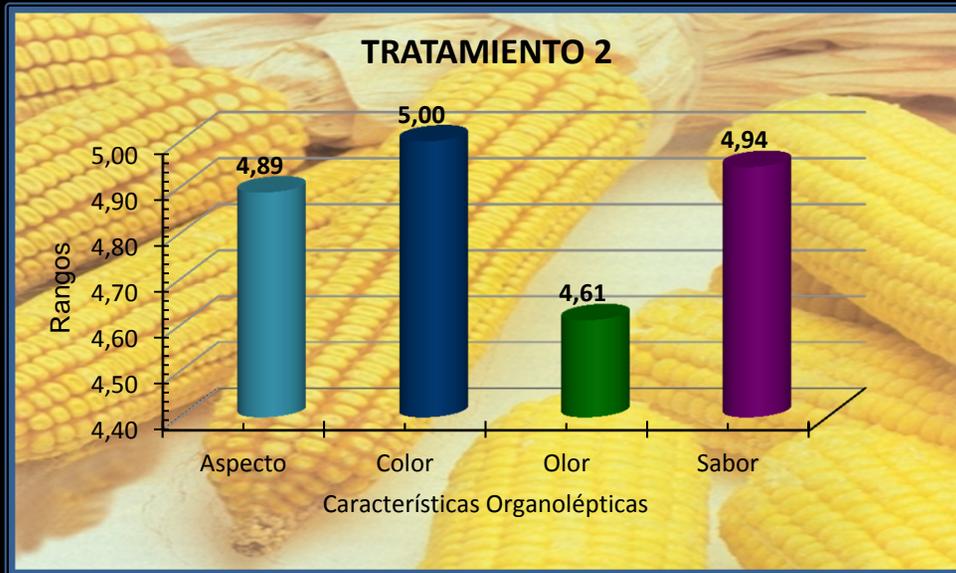


# COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN



Menú

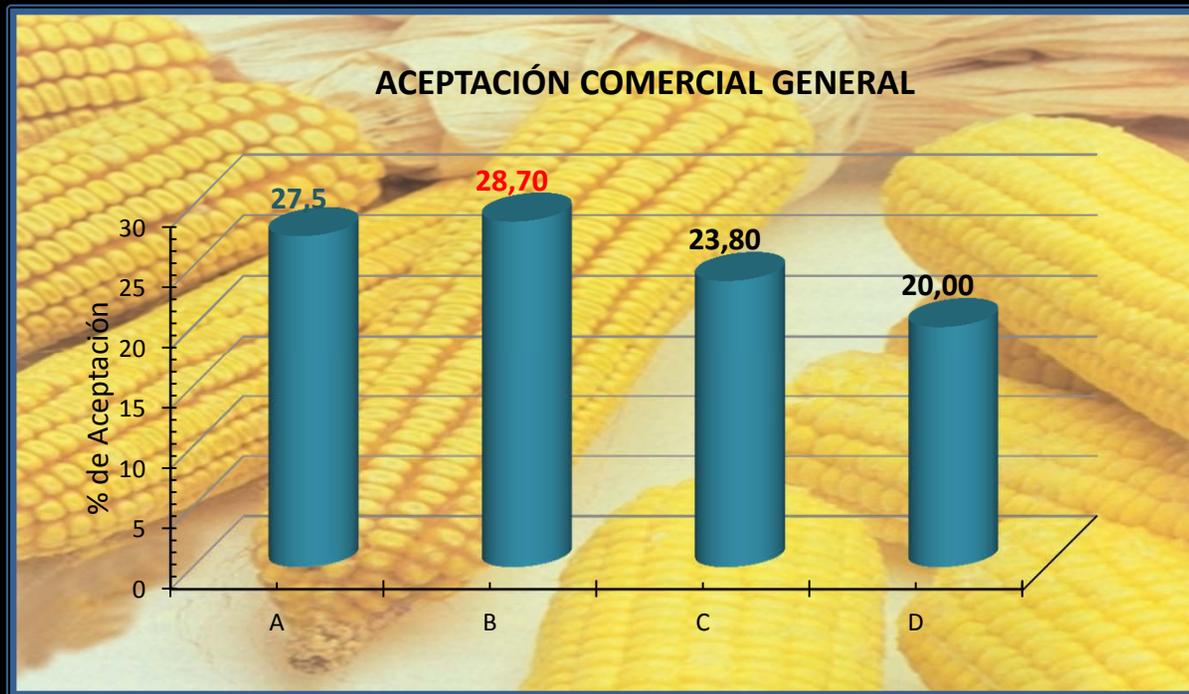
# CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS



Menú

# ACEPTACIÓN COMERCIAL DE LOS TRATAMIENTOS 2 Y 8

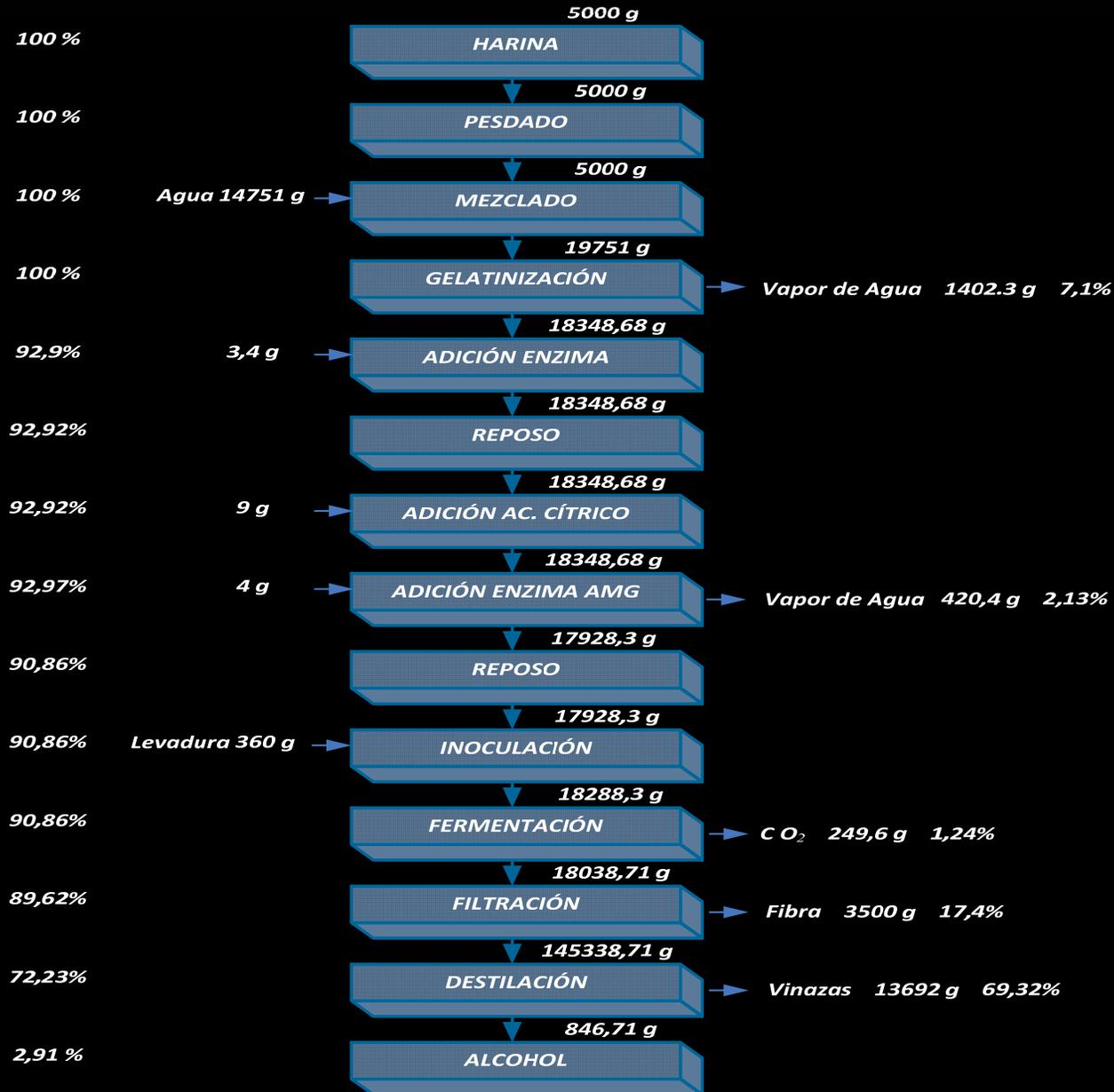
- A= Tratamiento 2
- B= Tratamiento 8
- C= Vodka Aira
- D= Vodka Konic



## PRUEBA DE FRIEEDMAN

VARIABLE	$F_c$		$F_t$	
			5%	1%
ASPECTO	3,81	NS	15,5	20,1
COLOR	3,16	NS	15,5	20,1
OLOR	6,94	NS	15,5	20,1
SABOR	3,91	NS	15,5	20,1

# BALANCE DE MATERIALES PARA LA OBTENCIÓN DE VODKA



Menú

## COSTOS DE PROCESO

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Maíz blanco	Kg	5	0,88	4,40
Molida del grano de maíz	Kg	5	0,09	0,44
Enzima Termamyl.	g	3,4	0,016	0,054
Enzima AMG	g	4,00	0,016	0,064
Levadura	g	360	0,006	2,16
Acido cítrico	g	9,00	0,0026	0,023
Agua fermentación	l	15	0,13	1,95
Agua estandarización	l	1	0,60	0,60
Botellas	c/u	2	0.05	0.1

Costo total: 9,79 USD

Volumen obtenido: 846,71 ml a 82,7 °GL

Volumen total obtenido: 1750,47 ml a 40 °GL

Numero de botellas de 750 ml: 2

Precio estimado de cada botella de 750 ml: 4,90 USD



CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó que las mejores condiciones de fermentación se dieron en el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada ( $23\pm 2$  °C) + Enzima Fungamyl 800L) ya que el valor de acidez fue el mas bajo siendo de 5,70 mg/100ml , que corresponde a la cantidad de ácido acético producido durante la fermentación valor que esta dentro de la Norma INEN 369 “Vodka Requisitos”
- ✓ El análisis de contenido de almidón en el maíz determinó que; la mejor variedad para la elaboración de vodka es el maíz blanco, alcanzando un 75,24% , siendo mayor que el maíz amarillo el cual obtuvo el 68,91 %.
- ✓ La temperatura de fermentación no influye en las características organolépticas del producto final.

- ✓ El Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente ( $18\pm 2$  °C) + Enzima Termamyl 120L) obtuvo el rendimiento en volumen más alto siendo 826,00 ml, mientras los restantes tratamientos se mantuvieron en un rango de 823,00ml y 722,67ml.
- ✓ El mayor grado alcohólico logró el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada ( $23\pm 2$  °C) + Enzima Fungamyl 800L) con 84,37 °GL debido a que existió un buen desdoblamiento del almidón en azúcares fermentables.
- ✓ En el caso del pH, los tratamientos llegaron a estabilizarse en un rango de 3,04 a 3,06, previo a su destilación.

- ✓ Referente a porcentaje de sólidos solubles, el consumo más acelerado de azúcares se observó entre los días cero al uno, ya que a su inicio se hallaba en 16<sup>o</sup>Brix mientras que, para el día uno se encontraban en 13<sup>o</sup>Brix, en los días siguientes tuvieron un descenso lento hasta llegar a un rango de 3,34 a 3,56 <sup>o</sup>Brix.
- ✓ En lo que se refiere a análisis de contenido de congéneres , los 8 Tratamientos se encuentran dentro de los rangos que establece la Norma INEN 369 “Vodka Requisitos”
- ✓ En lo que se refiere a características organolépticas obtenidas de la primera catación de los 8 tratamientos se presentaron como mejores el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23±2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) y el Tratamiento 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18±2 °C) + Enzima Fungamyl 800L).

- ✓ A los mejores tratamientos obtenidos de la primera catación que fueron el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada ( $23\pm 2$  °C) + Enzima Fungamyl 800L) y el Tratamiento 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente ( $18\pm 2$ °C) + Enzima Fungamyl 800L), se comparó con dos comerciales, (Konik y Aira), teniendo una mejor aceptación los tratamientos por encima de las marcas comerciales.
- ✓ El costo de producción de una botella de 750 ml tiene un valor aproximado de 4,90 USD.
- ✓ Finalmente se considera que el mejor tratamiento en general de acuerdo a las variables evaluadas, análisis físico-químicos y organolépticos realizados es el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada ( $23\pm 2$  °C) + Enzima Fungamyl 800L), es decir que el tipo de maíz, la temperatura de fermentación y tipo de enzima si influyen para la obtención de la bebida alcohólica Vodka.



Menú

# RECOMENDACIONES

- ✓ De acuerdo a esta investigación, para la producción de vodka en forma comercial se recomienda usar el tipo de maíz blanco, por poseer un porcentaje mayor de almidón, permitiendo así obtener un mejor rendimiento en la obtención de alcohol y, además por presentar mejores características organolépticas en el producto final.
- ✓ Se debe recoger un volumen mayor de cabezas para de esta manera eliminar una mayor cantidad de metabolitos secundarios, también se debe realizar los análisis químicos del producto como son contenido de congéneres y así se obtendrá un mayor margen de seguridad para que se demuestre que el producto es apto para el consumo humano.

- ✓ Las fracciones de la destilación como cabezas y colas que no son consideradas como bebidas alcohólicas por tener compuestos nocivos para el ser humano pueden tener un uso industrial como solventes para el caso de las cabezas y de las colas se puede hacer una redestilación y obtener un alcohol de mayor grado que también puede tener uso industrial.
- ✓ En lo que se refiere a la fibra y vinazas que son productos de desecho de la filtración y destilación se recomienda hacer análisis de contenido nutricional para darle un aprovechamiento adecuado sea para alimentación animal o como abono orgánico.
- ✓ Para disminuir costos se recomienda usar en todo el proceso agua potable y adquirir materia prima en época de mayor producción.



GRACIAS

