

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA DESTILADA (Vodka)  
A PARTIR DE TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*)  
UTILIZANDO DOS TIPOS DE ENZIMAS**

**Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera Agroindustrial**

**Benavides Arteaga Irma Mariana**

**Pozo López María Magdalena**

**Directora**

**Doctora Lucía Yépez**

**Ibarra-Ecuador**

**2008**



## **CESIÓN DE DERECHOS**

Los autores: siempre que se cite la fuente, cede con fines académicos y de investigación los derechos de reproducción y duplicación de la investigación desarrollada en este trabajo a la Universidad ecuatoriana y a la sociedad en general.

Para fines distintos al investigativo y académico (producción de textos con fines comerciales, uso del método para procesamiento industrial, etc.); por favor póngase en contacto con las autoras y la Universidad Técnica del Norte; copropietarios solidarios de los derechos de los autores.

Mariana Benavides A  
C.C: 0401463286  
jlflaca23@yahoo.es

María Pozo  
C.C:0401567714  
marypozol@latinmail.com

## **DEDICATORIA**

La presente investigación la dedico a mis padres, **Efraín Benavides y Elicia Arteaga**, por su esfuerzo, sacrificio, su apoyo moral y económico, que Dios les bendiga siempre.

A mi hermano, **Eduardo Benavides** por su apoyo y su cariño durante todo mi trayecto estudiantil.

A mi cuñada **Cristina** por su apoyo incondicional.

A mi sobrino **Jhonny** por su ternura y sus travesuras que son motivo de superación.

Mariana Benavides Q

A mis padres Manuel Pozo y María López quienes supieron apoyarme moral y económicamente durante la trayectoria de toda mi vida estudiantil y gracias a su gran sacrificio pude cumplir mis metas.

A mi esposo Diego quien con su constante esfuerzo y comprensión supo incentivar me para la culminación de este trabajo.

A mi hermana Guadalupe quien fue un apoyo incondicional en todo momento ayudándome a luchar por conseguir mis ideales.

María Pozo

## AGRADECIMIENTO

*A la Doctora Lucía Yépez directora de nuestra tesis, por su colaboración durante todo el desarrollo de la investigación.*

*Al Ing. Marcelo Vacas, Ing. Marcelo Miranda y Dr. Alfredo Noboa por la asesoría en la presente investigación.*

*Al Ing. Marco Cahueñas por su colaboración en el análisis estadístico de la Tesis.*

*Al Doctor Rodrigo Obando, Jefe de Control de Calidad de la Industria Licorera y Embotelladora del Norte ILENSA SA, por su ayuda en el desarrollo de la fase experimental.*

*Al Líc. Marco Ávila, Analista de Control de Calidad de la Industria Licorera y Embotelladora del Norte ILENSA SA, por su paciencia y colaboración en el desarrollo de la investigación.*

*A la Doctora Margarita Rosero, catedrática de la Universidad Politécnica Nacional.*

*Al Tecnólogo Napoleón Rosas instructor del SECAP*

*Y a todas aquellas personas que de una o de otra manera nos brindaron su colaboración para lograr nuestro objetivo.*

Los cuadros, comentarios, figuras, y resultados, que se encuentran en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de las autoras.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

1 Generalidades.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis.....	4

### CAPÍTULO II

2 Revisión de Literatura.....	5
2.1 Bebidas alcohólicas.....	5
2.1.1 Fermentación alcohólica.....	6
2.1.2 Condiciones necesarias para la fermentación alcohólica.....	6
2.2 Vodka.....	7
2.2.1 Tipos de vodka.....	8
2.3 La papa.....	9
2.3.1 Descripción taxonómica.....	9
2.3.2 Descripción de la planta.....	10
2.3.3 Composición.....	10
2.3.4 Variedades.....	11
2.3.4.1 Variedad super chola.....	13
2.3.4.2 Variedad capiro.....	13
2.3.4.3 Variedad Gabriela.....	14
2.4 El almidón.....	15
2.4.1 Propiedades funcionales de los almidones.....	17
2.5 Las enzimas.....	18
2.5.1 Acción de las enzimas.....	19
2.5.2 Funciones de las enzimas.....	19
2.5.3 Efecto de la temperatura de las enzimas.....	20

2.5.4	Efecto del pH en las enzimas.....	20
2.5.5	Clasificación de las enzimas.....	20
2.5.6	Especificación del producto.....	22
2.5.6.1	Determinación de su actividad.....	22
2.5.7	Uso de Enzimas en la elaboración de bebidas alcohólicas.....	22
2.6	Las levaduras.....	23
2.6.1	Clasificación de levaduras.....	24
2.7	Destilación.....	25
2.7.1	Principios de destilación.....	25

### CAPÍTULO III

3	Materiales y Métodos.....	28
3.1	Materias primas.....	28
3.1.1	Insumos.....	28
3.1.2	Reactivos.....	28
3.1.3	Material de vidrio.....	28
3.1.4	Material de laboratorio.....	29
3.2	Métodos en estudio.....	29
3.2.1	Caracterización del área de estudio.....	29
3.2.2	Factores en estudio.....	30
3.3	Diseño experimental.....	30
3.3.1	Tratamientos.....	30
3.3.2	Características del experimento .....	31
3.3.3	Unidad experimental .....	31
3.3.4	Análisis estadístico.....	31
3.3.4.1	Esquema del ADEVA.....	31
3.3.5	Análisis funcional.....	31
3.4	Variables evaluadas.....	32
3.4.1	Materia prima.....	32
3.4.2	Hidrólisis enzimática.....	32
3.4.3	Durante la fermentación.....	32

3.4.4	Producto terminado.....	32
3.5	Manejo específico del experimento.....	33
3.5.1	Descripción del proceso.....	35
3.5.2	Descripción de variables evaluadas.....	45

## CAPÍTULO IV

4	Resultados y discusiones.....	50
4.1	Rendimiento de almidón.....	50
4.1.1	Análisis del rendimiento de almidón de cada variedad.....	50
4.2	Hidrólisis enzimática.....	51
4.2.1	Prueba de yodo.....	51
4.3	Fermentación alcohólica.....	52
4.3.1	Porcentaje de sólidos disueltos.....	52
4.3.2	Análisis de pH.....	56
4.4	Producto final.....	60
4.4.1	Determinación de ésteres.....	60
4.4.2	Determinación de furfural.....	61
4.4.3	Determinación de aldehídos.....	62
4.4.4	Determinación de alcoholes superiores.....	63
4.4.5	Determinación de metanol.....	64
4.5	Resultados estadísticos.....	65
4.5.1	Análisis de grado alcohólico.....	65
4.5.2	Análisis de rendimiento de alcohol.....	68
4.5.3	Análisis de acidez total.....	72
4.6	Análisis organoléptico.....	76
4.7	Comparaciones comerciales.....	83
4.8	Costos de producción.....	93

CAPÍTULO V	
Conclusiones.....	94
CAPÍTULO VI	
Recomendaciones.....	97
CAPÍTULO VII	
Resumen.....	98
CAPÍTULO VIII	
Summary.....	100
CAPÍTULO IX	
Bibliografía.....	102
CAPÍTULO X	
Anexos.....	104

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Producción de etanol partiendo de diferentes materias primas.....	5
Cuadro 2: Composición química de la papa.....	12
Cuadro 3: Características de la variedad super chola.....	13
Cuadro 4: Características de la variedad capiro.....	14
Cuadro 5: Características de la variedad gabriela.....	15
Cuadro 6: Composición del almidón.....	16
Cuadro7: Propiedades funcionales del almidón.....	18
Cuadro 8: Prueba de yodo antes de la hidrólisis.....	51
Cuadro 9: Prueba de yodo después de la hidrólisis.....	51
Cuadro 10: Resultados del contenido de grado alcohólico (°GL).....	65
Cuadro 11: ADEVA de grado alcohólico.....	65
Cuadro 12: Prueba de Tuckey al 5% para tratamientos .....	66
Cuadro 13: Prueba DMS al 5% para el factor A (variedad de papa).....	66
Cuadro 14: Rendimiento de vodka.....	68
Cuadro 15: ADEVA de rendimiento de vodka.....	68
Cuadro 16: Prueba de Tuckey al 5% para tratamientos.....	69
Cuadro 17: Prueba DMS al 5% para el factor A (variedad de papa).....	69
Cuadro 18: Resultados de acidez total.....	72
Cuadro 19: ADEVA de acidez total.....	72
Cuadro 20: Prueba de Tuckey al 5% para tratamientos.....	73
Cuadro 21: Prueba DMS al 5% para el factor A (variedad de papa).....	73
Cuadro 22: Valoración de la característica de olor .....	76
Cuadro 23: Datos ranqueados de olor.....	76
Cuadro 24: Valoración de la característica de color .....	78
Cuadro 25: Datos ranqueados de color.....	78
Cuadro 26: Valoración de la característica de sabor.....	80
Cuadro 27: Datos ranqueados de sabor.....	80
Cuadro 28: Valoración de la característica de aspecto.....	81
Cuadro 29: Datos ranqueados de aspecto.....	82

Cuadro 30: Comparación de la característica de aspecto con productos comerciales.....	83
Cuadro 31: Datos ranqueados de aspecto.....	84
Cuadro 32: Comparación de la característica de color con productos comerciales.....	85
Cuadro 33: Datos ranqueados de color.....	85
Cuadro 34: Comparación de la característica de olor con productos comerciales.....	86
Cuadro 35: Datos ranqueados de olor.....	87
Cuadro 36: Comparación de la característica de sabor con productos comerciales.....	88
Cuadro 37: Datos ranqueados de sabor.....	88
Cuadro 38: Costos de producción del mejor tratamiento.....	93

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Rendimiento de almidón.....	30
Gráfico 2: Variación del % de sólidos disueltos tratamiento 1.....	52
Gráfico3: Variación del % de sólidos disueltos tratamiento 2.....	53
Gráfico 4: Variación del % de sólidos disueltos tratamiento 3.....	53
Gráfico 5: Variación del % de sólidos disueltos tratamiento 4.....	54
Gráfico 6: Variación del % de sólidos disueltos tratamiento 5.....	55
Gráfico 7: Variación del % de sólidos disueltos tratamiento 6.....	55
Gráfico 8: Variación de pH tratamiento 1.....	56
Gráfico 9: Variación de pH tratamiento 2.....	57
Gráfico 10: Variación de pH tratamiento 3.....	57
Gráfico 11: Variación de pH tratamiento 4.....	58
Gráfico 12: Variación de pH tratamiento 5.....	59
Gráfico 13: Variación de pH tratamiento 6.....	59
Gráfico 14: Comparación de esteres.....	60
Gráfico 15: Comparación de furfural.....	61
Gráfico 16: Comparación de aldehídos.....	62
Gráfico 17: Comparación de alcoholes superiores.....	63
Gráfico 18: Comparación de metanol.....	64
Gráfico19: Comparación del contenido de grado alcohólico en los 6 tratamientos.	67
Gráfico 20: Interacciones entre el factor A (variedades de papa) y el factor B (tipos de enzimas) .....	70
Gráfico 21: Comparación de rendimiento de alcohol de los 6 Tratamientos.....	71
Gráfico 22: Interacciones entre el factor A (variedades de papa) y el factor B (tipos de enzimas) .....	74
Gráfico 23: Comparación del contenido de acidez de los 6 tratamiento.....	75
Gráfico 24: Comparación de aspecto.....	77
Gráfico 25: Comparación de color de los 6 tratamientos.....	79
Gráfico 26: Comparación de olor de los 6 tratamientos.....	81
Gráfico 27: Comparación de sabor de los 6 tratamientos.....	82

Gráfico 28: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, aspecto.....	84
Gráfico 29: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, color.....	86
Gráfico 30: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, olor.....	87
Gráfico 31: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, sabor.....	89

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Proceso de obtención de almidón de papa.....	33
Diagrama 2. Proceso de elaboración de una bebida alcohólica de papa.....	34
Diagrama 3: Balance de materiales para la obtención de almidón de papa.....	90
Diagrama 4: Balance de materiales para la obtención de bebida alcohólica de papa.....	91

# CAPÍTULO I

## CAPÍTULO I

### 1 GENERALIDADES

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

El vodka, es la bebida alcohólica obtenida mediante la disolución con agua de alcohol etílico rectificado proveniente de productos naturales. Se puede destilar de cualquier planta rica en almidón, tradicionalmente de grano como centeno (generalmente considerado superior a otros tipos de vodka) o trigo, pero también de patata y melaza.

El vodka es en la actualidad la bebida alcohólica más popular del mundo. Incluso resulta imposible hacer estimaciones sobre cuanto de vodka se produce y se consume, puesto que existen numerosas marcas humildes y desconocidas. La demanda crece a medida que las personas comienzan a darse cuenta de que no todos son iguales y de que el vodka puede servirse no sólo como base para un coctel, si no también como un aguardiente que debería servirse solo y ligeramente helado, de modo que pueda apreciarse todo su carácter y calidad.

En el Ecuador solo el 3.70% de la población consume vodka según la consultora Pulso-Ecuador el más atractivo hacia los consumidores es el vodka Ruskaya elaborado a base de cereales y tiene mayores posibilidades económicas de ser adquirido.( [www.lavina.com.mx/vodka/indexvodk.html](http://www.lavina.com.mx/vodka/indexvodk.html))

En el campo agroindustrial se considera la posibilidad de dar una nueva alternativa de industrialización a la papa, con la fabricación de una bebida alcohólica destilada (Vodka), permitiendo que sea más atractivo para el

consumidor, ya que existe una gran demanda de bebidas alcohólicas. Esto permitirá dar valor agregado, que ayudará al agricultor a cubrir la inversión en el cultivo y generará un margen de utilidad. En el Ecuador no se han fomentado investigaciones que promuevan el aprovechamiento de recursos propios en la zona norte, como es el caso de la papa, ya que por tener un elevado contenido de almidón, es bueno para la obtención de etanol.

Dentro de los problemas de tipo agrícola que Ecuador tiene es la inestabilidad en la producción de papa ocasionada por efectos ambientales (sequías, exceso de lluvias) monocultivo, uso indebido de la tierra, etc, lo que origina un desequilibrio entre la oferta y la demanda. Se ha observado que en los períodos de sobreproducción la oferta supera la demanda existiendo excedentes los cuales en muchos casos se pierden.

Es así que la presente investigación tiene como objetivo principal elaborar una bebida alcohólica destilada (Vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas para lo cual se procedió a extraer el almidón de la papa, luego se efectuó la hidrólisis del almidón por acción enzimática para una posterior fermentación del mosto por medio de levaduras, y finalmente una destilación con reflujo o rectificación para obtener una bebida con un elevado contenido alcohólico.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Elaborar una bebida alcohólica destilada (Vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el rendimiento de almidón de las variedades de papa, super chola, capiro, y gabriela en la obtención de una bebida alcohólica destilada(Vodka).
- Evaluar la acción hidrolítica de dos tipos de enzimas, TERMAMYL 120 L, Type L y FUNGAMYL 800 L, sobre el almidón de papa.
- Determinar las características físico químicas (acidez total, esteres, aldehídos, alcoholes superiores, metanol) de los tratamientos en estudio.
- Determinar las características organolépticas (aroma, color, sabor, aspecto) de los tratamientos en estudio.
- Determinar los costos de producción del mejor tratamiento.

## **1.3 HIPÓTESIS**

Es posible obtener una bebida alcohólica destilada a partir de las variedades de papa (super chola, capiro, y gabriela) mediante hidrólisis enzimática utilizando las enzimas TERMAMYL 120 L, Type L y FUNGAMYL 800 L.

# CAPÍTULO II

## CAPÍTULO II

### 2 REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 BEBIDAS ALCOHÓLICAS

Las bebidas alcohólicas se producen a partir de diversas materias primas, pero especialmente a partir de cereales, frutas y productos azucarados. Entre ellas hay bebidas no destiladas, como la cerveza, el vino, la sidra y destiladas, como el whisky y el vodka. Un detalle común importante en la producción de bebidas alcohólicas, es el empleo de levaduras para convertir los azúcares en etanol. Aproximadamente el 96 % de la fermentación del etanol se lleva a cabo mediante cepas de *Saccharomyces cerevisiae* o especies relacionadas. El etanol se produce mediante la reacción global que es la siguiente:



**Cuadro 1: Producción de etanol partiendo de diferentes materias primas**

Materia prima	Alcohol (litros) por 100 kg de materia prima
Patatas	11.5 – 12
Arroz	3.8
Remolacha	4.8 – 10.2
Vinos	8.15
Moras	5
Melaza	28.5

**Fuente:** Uhlman. Enciclopedia de Tecnología Química.

##### 2.1.1 Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico realizado por las levaduras y algunas clases de bacterias. Estos microorganismos transforman el azúcar en alcohol etílico y dióxido de carbono. La fermentación alcohólica, comienza después de que la glucosa se degrada en un ácido pirúvico. Este ácido pirúvico se convierte luego en CO<sub>2</sub> y etanol. Los seres humanos han aprovechado este proceso para hacer pan, cerveza, y vino. En estos tres productos se emplea el mismo microorganismo que es: la levadura común o la *Saccharomyces cerevisiae*. ([www.zonadiet.com/nutricion/alcohol.htm](http://www.zonadiet.com/nutricion/alcohol.htm))

### **2.1.2 Condiciones necesarias de la fermentación alcohólica**

Los factores que se deben tener en cuenta para que la fermentación se lleve a cabo en condiciones óptimas son:

#### **-Cultivo iniciador**

Según De la Rosa T.(1998), En la utilización de levaduras liofilizadas dice, “1 gramo de levaduras desecadas contiene de 10 a 30 millones de células prevalentemente vitales, por lo que se recomienda la adición de 20 a 15 g/hl de mosto”. (p. 158)

#### **-pH del mosto**

Según González S. (1978) “La fermentación continua 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”. (p. 26)

#### **-Cantidad de oxígeno**

Según González S. (1978), “aunque la producción de alcohol no requiere de 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 establecen las condiciones anaerobias”. (p.27)

### **-Concentración de azúcar**

Una concentración de azúcar de 10 a 22% 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.

Sánchez P. (2003) dice “no se puede pensar en fermentar un mosto con una concentración muy elevada de azúcares. En estas condiciones osmófilas las levaduras simplemente estallarían al salir bruscamente el agua de su interior para equilibrar las concentraciones de solutos en el exterior y en el interior de la célula, es decir lo que se conoce como una plasmólisis”. (p. 152)

### **-Temperatura**

Para Flanzky C. (2000), “la influencia de la temperatura sobre el desarrollo de la fermentación alcohólica es relativamente compleja” (p. 520).

La disminución o el aumento de la temperatura en un intervalo comprendido entre 4 y 40 °C afecta el funcionamiento de numerosas actividades enzimáticas. En este intervalo, una variación de temperatura afecta negativamente la tasa de crecimiento alrededor de un óptimo situado entorno a 30 °C. Más allá de estos límites se observa una mortalidad inducida por el calor.

## **2.2 EL VODKA**

La *vodka* o '*wodka*', es la bebida alcohólica nacional de Rusia y Polonia. Su significado es el de 'agüita', una forma delicada y diminutiva de llamar al agua.

Originariamente la producción de esta bebida era a partir de los productos de agricultura locales más baratos y abundantes como el trigo, maíz, papas, caña

de azúcar o la combinación de cualquiera de estos. El proceso consistía en una filtración simple y rápida del fermento de estos vegetales usando un filtro a base de carbón vegetal, en lugar de un proceso caro y prolongado de destilación. El líquido purificado era después reducido, sin añejarse, hasta ser potabilizado mediante la adición de agua destilada para luego embotellarlo.

El resultado de este ciclo de elaboración era y sigue siendo un producto incoloro y sin olores con una graduación alcohólica elevada.

Los vodkas producidos en Rusia contenían 40% de alcohol y los de Polonia alcanzaban los 45° de graduación alcohólica. Actualmente la graduación típica es de 40°GL.

### **2.2.1 Tipos de vodka**

- **El estilo occidental**

Los productores de Vodka de la Europa Occidental, Escandinavia y Norteamérica juzgan sus productos por purezas y limpieza. El vodka que más aprecian debe tener un olor totalmente neutral y un gusto a alcohol totalmente limpio. Si se combinan estas cualidades con la suavidad, se obtiene el vodka que se elabora actualmente en Occidente.

- **El estilo polaco**

Los destiladores polacos también se enorgullecen de la pureza de su producto y, comparado con otros aguardientes como la ginebra, el whisky o el brandy, tienen razón. Los vodkas polacos tienen más sabor y mucho más aroma que los occidentales.

Los mejores vodkas tienen un aroma maravillosamente delicado y ligeramente dulce que delata que proviene del centeno y son suaves al paladar, con una

dulzura duradera que no resulta empalagosa. También son ligeramente más aceitosos que las marcas occidentales, aunque no tanto como las rusas.

- **El vodka ruso**

Los vodkas rusos también tienen carácter, pero no suelen ser tan dulces como los polacos. Según la costumbre rusa se bebe helado y no es ningún esnobismo dejar helar la botella de vodka junto con los vasos: solo así se manifiesta todo el fuego de la bebida al tomarla. ([www.lavina.com.mx/vodka/indexvodk.html](http://www.lavina.com.mx/vodka/indexvodk.html)).

### **2.3 LA PAPA**

El centro de origen de la papa (*Solanum sp*) se encuentra en América, y su distribución es del sur-oeste de Estados Unidos de Norte América hasta todo el continente. A lo largo de toda la cordillera andina encontramos una gran variabilidad de especies originales y entre ellas 176 son silvestres y solo siete cultivadas.

La papa es uno de los tubérculos más consumidos en el Ecuador. Procede de la planta *Solanum tuberosum*, que posee un importante contenido de almidón, que en promedio puede alcanzar el 14%. Su contenido en proteína y grasa es bajo y presenta una gran variedad de posibilidades para ser industrializada y obtener productos con valor agregado de gran aceptación por parte del consumidor en general. ([www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)).

### 2.3.1 Descripción taxonómica



Según Egusquiza, B.R (2000) señala: “La papa, tiene como nombre común patata” y según el Centro Internacional de la Papa con sede en Perú mantiene clasificada de la siguiente manera:

- Reino: Vegetal
- Clase: Angiospermae
- Subclase: dicotyledoneae
- Orden: Tubiflorae
- Familia: Solanaceae
- Género: Solanum
- Nombre científico: (*Tuberosum solanum*)

### 2.3.2 Descripción de la planta

*Solanum tuberosum* es una planta anual, de tallo erecto, que puede medir hasta 1 m de altura. Sus hojas son compuestas, con 7 folíolos de forma lanceolada, con grados variables de pilosidad. Las flores tienen forma de estrella y sus pétalos están fusionados. El color de la flor puede ser blanco, rosado o violeta con el centro amarillo. Su fruto es una baya verde, de forma semejante a un tomate pero mucho más pequeño, que contiene en su interior unas 400 semillas. La parte que

se consume es un tubérculo, es decir, un engrosamiento subterráneo de los tallos que sirve para almacenar sustancias de reserva.

Los tubérculos están cubiertos por una exodermis que aparece al romperse la epidermis que va engrosándose con el tiempo. Sobre su superficie existen "ojos", hundimientos para resguardar las yemas vegetativas que originan los tallos, que están dispuestos en forma helicoidal. Además, hay orificios que permiten la respiración, llamados lenticelas. (p. 9, 10, 11).

### **2.3.3 Composición**

Aunque depende de la variedad cultivada, el tubérculo se compone básicamente de 72-75% de agua, 16-20% de fécula en forma de almidón, 2,0-2,5% de sustancias nitrogenadas, 0,15% lípidos y 1,0-1,8% de fibra dietética como celulosa. Otro compuesto presente en él es la solanina, producida en pequeñas cantidades (menos de 0,2 mg/g de producto), pero que se incrementa hasta 1 mg/g o más en determinadas condiciones (por exposición prolongada a la luz o lesiones mecánicas). Aunque a estas concentraciones la patata es tóxica, el pelado y el tratamiento térmico (como la cocción o la fritura) permiten destruir esta sustancia; sin embargo, permanece su sabor amargo. ([www.redepapa.org](http://www.redepapa.org))

### **2.3.4 Variedades**

Los manuales por la producción agropecuaria según TRILLAS (1987) al respecto señala que; “existen cientos de variedades naturales o casi naturales (las casi naturales son las derivadas de la selección realizada por el hombre aunque sin ninguna modificación genética ni ninguna hibridación transgénica artificialmente inducida)”.

Estos tubérculos se guisan, se sancochan, se asan, se saltean, se fríen. Intervienen en purés, en cremas, suflés, croquetas y tortillas. Los expertos han desarrollado miles de variedades de papa, pero pronto van quedando obsoletas por la aparición

de otras con mayor rendimiento y adaptabilidad, de manera que sólo se consumen unas pocas decenas.

Las distintas variedades se pueden diferenciar por el color de la epidermis y de la pulpa, la resistencia a enfermedades, el largo del ciclo de cultivo y los requerimientos nutritivos, entre otras características de relevancia productiva. Rasgos irrelevantes para la producción, pero que sirven para identificar cultivares, son el color de las flores, la rugosidad de la epidermis y la profundidad de los ojos.

Los cultivares modernos suelen ser de forma redondeada, con la piel amarilla o rosada, la pulpa blanca o amarilla y los ojos poco profundos. En los países de origen del cultivo también se conocen variedades tradicionales con estas formas, pero además existen muchas otras de piel púrpura, azul o bicolor, de carne azulada, violeta o amarilla y de formas alargadas, curvas o casi esféricas. Existe un interés renovado por las papas de colores poco habituales para agregar novedad o para adornar los platos y están saliendo al mercado cultivares que recuperan las características antiguas.

Por la variedad que existe la selección se hace en base al uso: para el consumo humano, consumo animal y procesamiento industrial; y , las variedades pueden dividirse en tres grupos:

Variedades **tardías** o de cosecha normal que en general dan un rendimiento alto.

Variedades **intermedias** se siembran en suelos arcillosos y en climas con lluvias al final del período de cosecha.

Variedades **tempranas** crecen rápidamente y dan rendimientos relativamente buenos en concordancia con el tiempo.

**Cuadro 2: Composición química de la papa**

<b>Composición química de la parte comestible (100 g)</b>		
<b>Componente</b>	<b>Papa común</b>	<b>Papa criolla</b>
Agua	76.7	75.5
Proteína	1.9	2.5
Grasas	0.1	0.1
Carbohidratos	19.3	18.7
Fibra	1.0	2.2
Cenizas	1.0	1.0
<b>Otros componentes (mg)</b>		

FUENTE: TERRANOVA EDITORES, Producción Agrícola 2, 2001

#### **2.3.4.1 Variedad super chola**

- Subespecie: andígena
- Zonas recomendadas y altitud: norte, 2800 a 3600 m. s. n. m. centro del Ecuador.
- Follaje: frondoso; desarrollo, tallos robustos y fuertes, hojas medianas que cubren bien el terreno.
- Tubérculo: tubérculos medianos de forma elíptica a ovalada; piel rosada y lisa, con crema alrededor de los ojos, pulpa amarilla pálida sin pigmentación y ojos superficiales.
- Maduración a 3000 m de altitud: semitardía (180 días)
- Rendimiento potencial: 30 toneladas por hectárea.
- Reacción a enfermedades: susceptible a la lancha, medianamente resistente a la roya y tolerante al nematodo del quiste de la papa.
- Usos: consumo en fresco, suave al cocinar, sabor agradable.

**Cuadro 3: Características de la variedad super chola**

<i>Características</i>	<i>Promedio</i>
Materia seca %	20.92
Gravedad específica	1.086
Azúcares reductores %	0.25
Almidón %	15.02
Proteínas	7.94
Tiempo de cocción (min)	26.0

**Fuente:** Andrade H. INIAP (1998)

#### **2.3.4.2 Variedad capiro**

- Zona de cultivo: Norte-Interandino
- Ciclo vegetativo: semitemprana (150 días)
- Forma del tubérculo: redondeada
- Color de piel: morado ojos superficiales
- Altitud: 1800 a 3200 m.s.n.m.
- Color de pulpa crema
- Rendimiento: 30 toneladas por hectárea
- Usos: procesamiento en forma de hojuelas (chips y papa frita tipo francesa), consumo en fresco, suave al cocinar y sabor agradable

**Cuadro 4: Características de la variedad capiro**

<i>Características</i>	<i>Promedio</i>
Materia seca %	23.9
Gravedad específica	1.103
Azúcares reductores %	0.12
Almidón %	18.40
Proteínas	8.32
Tiempo de cocción (min.)	23.0

**Fuente:** Andrade H. INIAP (1998)

#### **2.3.4.3 Variedad gabriela**

- Origen genético: algodona por chola
- Subespecie: tuberosum por andígena
- Zonas recomendadas y altitud: norte y centro, 2900 a 3200 m.s.n.m del Ecuador.
- Follaje: desarrollo rápido, tallos bastante fuertes, cubre muy bien el terreno; hojas grandes
- Tubérculo: tubérculos entre medianos y grandes, forma oval, color rosado intenso en su mayor parte y crema alrededor de las yemas; pulpa crema y ojos superficiales
- Maduración a 3000 metros de altitud: semitardía (180 días)
- Rendimiento potencial: 40 t/ha
- Reacción a enfermedades: susceptible a la lanchar, moderadamente resistente a la roya, tolerante al nematodo del quiste de la papa y resistente a la roña
- Usos: consumo en fresco, puré, tortillas.

**Cuadro 5: Características de la variedad gabriela**

<i>Características</i>	<i>Promedio</i>
Materia seca %	18.92
Gravedad específica	1.082
Azúcares reductores %	0.18
Almidón %	12.02
Proteínas	8.28
Tiempo de cocción (min.)	28.0

**Fuente:** Andrade H. INIAP (1998)

## **2.4 EL ALMIDON**

Según Owen F. (1982) manifiesta, “es un hidrato de carbono complejo ( $C_6H_{10}O_5$ ) $_n$  inodoro e insípido, en forma de grano o polvo. El almidón es el principal carbohidrato de reserva en la mayoría de las plantas”. (p. 1).

Según VACLAVIK A. (2002) dice, “El almidón proviene de diversas fuentes con diferentes estructuras cristalinas. Los granos de cereal como maíz, trigo o arroz son fuentes de almidón, como lo son raíces y tubérculos. Por ejemplo la tapioca, y las patatas se usan frecuentemente en la preparación de alimentos sin gluten”. (p. 45, 46).

Los gránulos de almidón forman diversos granos que difieren en tamaño, oscilando desde 2 a 150 micras y en la forma que puede ser redonda o poligonal.

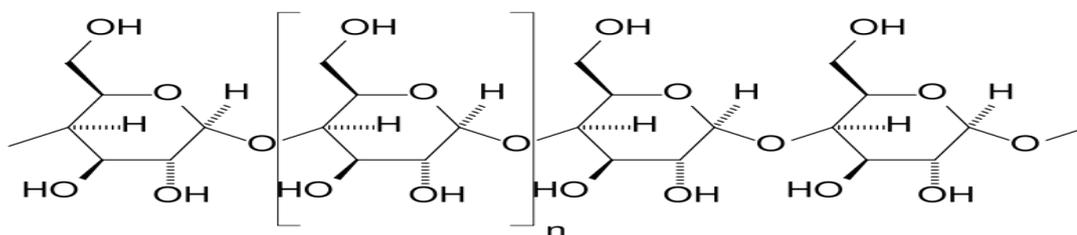
## Cuadro 6: Composición

Componentes	Análisis típico
Almidón, sustancia seca	79,59%
Agua	20%
Ceniza	0.3%
Arena	0.02%
Proteína	0.09%
Fósforo	0.07%
Calcio	0.03%
Hierro	0.003%

**Fuente:** www.wikipedia.org (Abril 2008)

BRAVERMAN J. (1980) dice, “el granulo de almidón es un sistema heterogéneo, que consiste principalmente en dos compuestos distintos: la amilosa que es esencialmente un polímetro lineal; y la amilopectina que es un polímetro muy ramificado”. (P. 129).

### Amilosa



**Fuente:** www.wikipedia.org (Abril 2008)

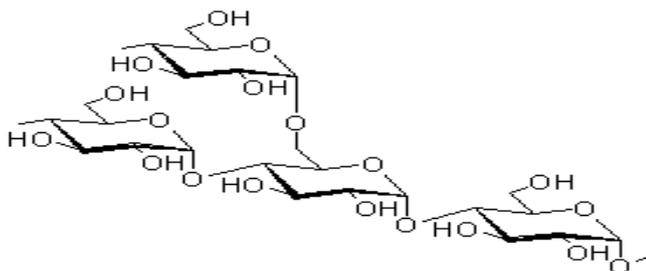
BRAVERMAN (1980). Es un polímetro lineal de residuos de D-Glucosa, unidos por enlaces  $\alpha$  1,4. , su masa molecular puede alcanzar de 20000 (maíz) a 300000 (patatas).

En los gránulos de almidón, este polímetro está presente bajo forma cristalizada, debido principalmente al gran número de enlaces de hidrógenos existentes entre los grupos hidroxilo.

Los enlaces hidrógeno de la amilosa también son responsables de la absorción de agua y de la formación de geles (originan redes tridimensionales), en el curso de la retrogradación, después de la gelatinización.

Debido a su naturaleza cristalina, la amilosa solo se hincha a una temperatura elevada. En solución, la amilosa esta bajo la forma de ovillo estadístico y algunas veces como hélices, concretamente en presencia de ácidos grasos o yodo (formación de clorato, de color azulado) (p. 129).

### **Amilopectina**



**Fuente:** [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) (Abril 2008)

BRAVERMAN (1980). “Está formado por cadenas cortas de amilosa, interconectadas a través de uniones  $\alpha$ -(1-6). Este es una molécula mucho mas grande, solo se tienen estimaciones las que sitúan el grado de polimerización de la amilopectina en el intervalo de 100000 a 1000000 monosacáridos por molécula” (p. 130).

#### **2.4.1 Propiedades funcionales de los almidones naturales y almidones modificados**

Los almidones corrientes de tubérculos y cereales contienen de un 20% a 25% de amilasa, a causa de esto están sujetos a la retrogradación; no se aconseja como agentes espesantes, porque pueden dar una textura granulosa, o una consistencia elástica e incluso apelmazarse o motivar una sinéresis. La mayoría de los almidones de cereales dan unas soluciones opacas. Por el contrario estos almidones se utilizan para hacer geles alimenticios y especialmente para reparar “ligas” en confitería; el contenido de almidón en estos alimentos es en el orden del 10% al 14%. Los almidones en alto contenido en amilosa o los almidones tratados con ácidos, permiten tener geles más firmes y de un modo más rápido. Además estos almidones son resistentes a la cocción, debido a la naturaleza cristalina de la

amilosa, solo hay hinchazón a temperatura elevada y si se mantiene moderada, no hay gran aumento de la viscosidad. Los almidones ricos en amilosa también se utilizan para preparar películas comestibles (por ejemplo recubrimiento que conforman algunas píldoras farmacéuticas).

**Cuadro 7: Propiedades funcionales del almidón**

<b>Temperatura</b>	<b>Pasos</b>	<b>Fenómenos observados</b>	<b>Estructura</b>
20-50/60 °C	Porción	Absorción de agua	Cristalina
50 / 60 °C 50 / 60-80 °C 80-100 °C	Gelatinización	Temp de gelatinización perdida de cruce de birrefringencia. Hinchamiento de los granos Dispersión y solubilización.	Coloidal
100-60 °C	Gelificación	Reorganización molecular	Gel
60-20 °C	Retrogradación	Recristalización del almidón	Cristalina de la estructura inicial

**Tomado de:** “El cultivo de papa en el Ecuador” por Velasteguí R; 1992. (P. 138)

## **2.5 LAS ENZIMAS**

Las enzimas son catalizadores muy potentes y eficaces, químicamente son proteínas. Como catalizadores, los enzimas actúan en pequeña cantidad y se recuperan indefinidamente, no llevan a cabo reacciones que sean energéticamente desfavorables, no modifican el sentido de los equilibrios químicos, sino que aceleran su consecución.

Las enzimas son grandes proteínas que aceleran las reacciones químicas. En su estructura globular, se entrelazan y se pliegan una o más cadenas polipeptídicas, que aportan un pequeño grupo de aminoácidos para formar el sitio activo, o lugar donde se adhiere el sustrato, y donde se realiza la reacción. Una enzima y un sustrato no llegan a adherirse si sus formas no encajan con exactitud.

### **2.5.1 Acción de las enzimas**

La acción enzimática se caracteriza por la formación de un complejo que representa el estado de transición.

El sustrato se une a la enzima a través de numerosas interacciones débiles como son: puentes de hidrógeno, electrostáticos, hidrófobos, etc, en un lugar específico, el centro activo. Este centro es una pequeña porción del enzima, constituido por una serie de aminoácidos que interaccionan con el sustrato.

Con su acción, regulan la velocidad de muchas reacciones químicas implicadas en este proceso. El nombre de enzima, que fue propuesto en 1867 por el fisiólogo alemán Wilhelm Kühne (1837-1900), deriva de la frase griega en zyme, que significa 'en fermento'. En la actualidad los tipos de enzimas identificados son más de 2.000.

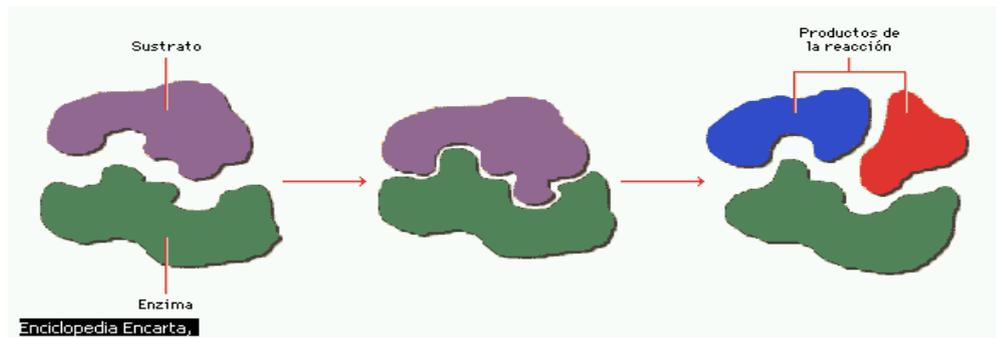
### **2.5.2 Funciones de las enzimas**

En su estructura globular, se entrelazan y se pliegan una o más cadenas polipeptídicas, que aportan un pequeño grupo de aminoácidos para formar el sitio activo, o lugar donde se adhiere el sustrato, y donde se realiza la reacción.

Una enzima y un sustrato no llegan a adherirse si sus formas no encajan con exactitud. Este hecho asegura que la enzima no participa en reacciones equivocadas.

La enzima misma no se ve afectada por la reacción cuando los productos se liberan, la enzima vuelve a unirse con un nuevo sustrato.

(<http://www.monografias.com/trabajos12/enzim/enzim.shtml>)



## 2.5 Efecto de la temperatura en las enzimas

La naturaleza proteica de las enzimas, deja susceptibles a la desnaturalización por acción del calor. Por lo tanto, cuando la temperatura de una reacción media es elevada, sobrepasando cierto nivel, la enzima pierde su acción quedando inactivada. Por otro lado las bajas temperaturas reducen la actividad de la enzima pero no la dañan.

### 2.5.4 Efecto del pH en las enzimas

El pH o concentración de iones hidrogeno ejerce un efecto importante sobre la actividad de las enzimas. La mayoría muestra sensibilidad al pH, esto se refiere en diferentes niveles de actividad a distintos valores de pH en el que la enzima muestra su mayor actividad, es denominado pH óptimo.

### 2.5.6 Clasificación de las enzimas

El nombre de las enzimas es el del **sustrato** + el sufijo: **-asa**. Los nombres de las enzimas revelan la especificidad de su función:

- **Oxido-reductasas:** catalizan reacciones de oxido-reducción, las que implican la ganancia (o reducción) o pérdida de electrones (u oxidación), las más importantes son las deshidrogenasas y las oxidasas.
- **Transferasas:** transfieren grupos funcionales de una molécula a otra, ej: quinasas; transfieren fosfatos del ATP a otra molécula.
- **Hidrolasas:** rompen varios tipos de enlaces introduciendo radicales  $-H$  y  $-OH$ .

- **Liasas:** adicionan grupos funcionales a los dobles enlaces.
- **Isomerasas:** convierten los sustratos isómeros unos en otros.
- **Ligasas o Sintetasas:** forman diversos tipos de enlaces aprovechando la energía de la ruptura del ATP ej: polimerasas.

([www.biologia.edu.ar/metabolismo/enzimas.htm](http://www.biologia.edu.ar/metabolismo/enzimas.htm))

### **Enzima Termamyl 120 L, Type L**

La empresa productora de enzimas, Novo Nordisk señala “Termamyl es una enzima líquida, se basa en un preparado de amilasa bacteriana purificado, producido a partir de una cepa seleccionada del *Bacilo licheniformis*. La enzima es una endoamilasa que hidriloza los enlaces glucosídicos alfa 1, 4 de amilosa y amilopectina. El almidón por consiguiente rápidamente se rompe en dextrinas solubles y oligosacáridos”. (Ficha técnica p. 1)

Según Schenck F. (1992), “bajo las condiciones de ensayo de laboratorio, la temperatura óptima de la enzima TERMAMYL es de 85°C y el pH óptimo esta en un rango de 6.0 a 7.0.

### **Enzima Fungamyl 800 L**

La empresa productora de enzimas, Novo Nordisk indica “Fungamyl se basa en un preparado de amilasa fúngica purificado, producido a partir de una cepa seleccionada *Aspergillus oryzae*. La enzima hidroliza los enlaces alfa 1-4 glucosidicos de amilosa y amilopectina, formando dextrinas y maltosa”. (Ficha técnica p.1).

La enzima FUNGAMYL 800 L, tienen la máxima actividad a una temperatura de 50 a 60°C y a valores de pH comprendidos entre 4.5 a 5.5.

## **Enzima AMG 300L**

La empresa productora de enzimas, Novo Nordisk indica “AMG- Amiloglucosidasa es una exoamilasa, se obtuvo de una cepa seleccionada de *Aspergillus Níger* por fermentación sumergida. La enzima hidroliza los enlaces alfa 1-4 y 1-6 de almidón. Durante la hidrólisis libera unidades de glucosa de la cadena de almidón. (Ficha técnica p.1).

La enzima AMG presenta un mejor porcentaje de actividad a un pH de 3.5 a 4.5 y la temperatura optima esta situada en los 75°C. Sin embargo a temperaturas inferiores a los 50°C la enzima no se inhibe.

### **2.5.7 Especificación del producto**

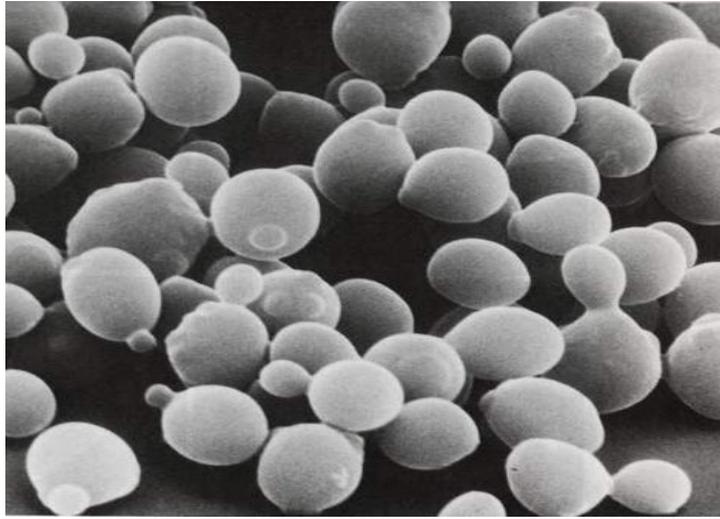
El producto se conforma con FAO/WHO JECFA y la FCC recomendó las especificaciones para las enzimas de la categoría alimenticia, suplementó con límites máximos de 0.0005 g para la cuenta viable total y de 0.01g para los moldes.

**2.5.7.1 Determinación de actividad:** Una unidad de la amilasa alfa de Novo del kilo (1KNU) es la cantidad de enzima que analice el almidón de 5.26 g (Merck, Amylum Solubile Erg. B. 6, hornada 9947275) por hora en el método estándar de Novo Nordisk (Ficha técnica p.1).

### **2.5.8 Uso de las enzimas en la elaboración de bebidas alcohólicas**

La fermentación alcohólica y otros procesos industriales importantes dependen de la acción de enzimas, sintetizadas por las levaduras y bacterias empleadas en el proceso de producción.

## 2.6 LAS LEVADURAS



**Fuente:** [www.google.com](http://www.google.com) (Abril 2008)

Levadura es el nombre genérico dado a un grupo de hongos **Ascomicetes** pertenecientes al orden endomicetales. Las levaduras son micro hongos que se encuentran generalmente en forma de células únicas y que se reproducen mediante gemación. Algunas levaduras están formadas únicamente por células individuales y a veces cadenas cortas, mientras que otras se encuentran con un cierto rango de formas celulares, incluyendo diversos tipos de filamentos. Una característica de la población en crecimiento de las células de levaduras es la presencia de yemas, producidas cuando la célula se divide. La célula hija comienza siendo una pequeña yema, que va creciendo hasta que alcanza un tamaño similar al de la madre y entonces se separa. Para la reproducción sexual forman ascas.

La membrana celular consta de polisacáridos y muy poca quitina. Tienen glucógeno como sustancia de reserva y contienen también numerosas vitaminas. Provocan la fermentación alcohólica de las masas de harina y de los líquidos azucarados, y muchas de ellas se utilizan para obtener bebidas y elaborar pan y otros productos.

La levadura es un anaerobio facultativo: transformando azúcar a la misma velocidad, la levadura aeróbica produce dióxido de carbono, agua y una

producción relativamente alta de nueva levadura, mientras que la levadura crecida anaerobicamente tiene una velocidad relativamente lenta de crecimiento, que ahora se acopla a una alta conversión de azúcar en alcohol y dióxido de carbono. (<http://biocity.iespana.es/micro/leva.htm>)

### **2.6.1 Clasificación de las Levaduras**

Existen en la naturaleza numerosas especies de levadura, pero las de mayor interés industrial en el campo de las bebidas alcohólicas corresponden al género *Saccharomyces*; este género comprende 30 especies y 3 variedades que se distinguen por su acción fermentativa y su capacidad de asimilación de diversos azúcares. Las levaduras de mayor importancia en la industria de bebidas fermentadas son:

- *Saccharomyces cerevisiae*

Según Gonzalez S. (1978) “Esta especie es típica de fermentación alta de la industria cervecera, sus colonias son blandas, húmedas y color crema. Fermentan la galactosa, la sacarosa, la maltosa y la rafinosa y no utilizan nitritos”. (p. 4).

Según Jorgesen L. “Ésta es la levadura específica para la fermentación alcohólica las células son de forma redondas ovals u oviformes los límites de temperatura para la formación de células se encuentra entre 3 y 40 °C. El óptimo de temperatura para su desarrollo se encuentra alrededor de 30°C” (p. 121, 122).

El proceso fermentativo iniciando con un inóculo de levadura equivalente al 2% del peso del mosto a fermentar, con una concentración igual a 9.720 células por microlitro en lo que respecta al microorganismo empleado se puede afirmar que la levadura prensada de panificación responde muy bien en el proceso fermentativo de producción de alcohol.

La levadura específica para la fermentación contiene un 75% de agua y un 25% de sustancia seca, la sustancia seca tiene la siguiente composición promedio:

Ceniza	8%
Carbohidratos	43%
Proteínas	48%
Grasa	2%

## **2.7 DESTILACIÓN**

La industria de la destilería tiene por objeto la producción de alcohol por destilación de mostos fermentados obtenidos de gran diversidad de materias primas, dándose generalmente el nombre de aguardiente a los alcoholes derivados del vino, de la sidra y de los diversos frutos, y de alcoholes a los obtenidos de la fermentación y destilación de melazas, remolacha, patatas, madera, cereales.

Las bebidas destiladas son las descritas generalmente como aguardientes y licores; sin embargo la destilación, agrupa a la mayoría de las bebidas alcohólicas que superen los 20° de carga alcohólica.

Entre ellas se encuentran bebidas de muy variadas características, y que van desde los diferentes tipos de brandy y licor, hasta los de whisky, anís, tequila, ron, vodka, cachaca, entre otras.

### **2.7.1 Principio de destilación**

El principio de la destilación se basa en las diferencias que existen entre los puntos de fusión del agua (100°C) y el alcohol (78.3°C). Si un recipiente que contiene alcohol es calentado a una temperatura que supera los 78.3°C, pero sin alcanzar los 100°C, el alcohol se vaporizará y separará del líquido original, para luego juntarlo y recondensarlo en un líquido de mayor fuerza alcohólica.

Resultados similares pero de separación más difícil pueden lograrse invirtiendo el proceso. Esto implicaría enfriar el alcohol contenido en un líquido, comenzando a congelar el agua cuando se alcancen los 0°C y separar el alcohol de la solución. (el punto de congelación del alcohol es -114°C).

Así, de comprender el proceso de destilación se deduce que los mayores componentes de las bebidas destiladas son el alcohol etílico ( $C_2H_5OH$ ) y el agua.

La combinación de estas dos sustancias en una mezcla directa no produce una bebida sabrosa, aunque esto cambia al adicionarle componentes con carácter propio, y que dan aroma y sabor que hacen sumamente atractivo su consumo.

El secreto de las bebidas alcohólicas destiladas, y en especial del productor, es el de otorgarle a la bebida una fuerza alcohólica elevada y al mismo tiempo que el producto final sea gustoso al paladar, proceso que fue evolucionando y mejorando con el paso del tiempo.

Generalmente los materiales de los que se parte para la elaboración de bebidas destiladas, son productos 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.

Todos estos elementos de los que se parte contienen agentes activos que los transforman naturalmente en alcoholes, excepto en el caso de la papa donde se debe adicionar algún cereal para lograr el mismo efecto. Los agentes activos son enzimas, y están encargados de transformar el azúcar en alcohol. Las enzimas son generalmente compuestos nitrogenados solubles en agua que se comportan como albuminoides, los que, actúan como catalizadores dado que pequeñas cantidades de enzimas logran un cambio efectivo en grandes cantidades de material base destinada al producto. (<http://www.zonadiet.com/bebidas/destilacion.htm>).

La destilación propiamente dicha tiene por objeto el extraer sus componentes más volátiles, dejándolo completamente agotado ya que se extrae casi la totalidad del alcohol que contiene y algo de agua. A los componentes más volátiles se le denomina flemas y al residuo agotado se le denomina vinazas.

Dentro de las flemas están contenidas todas las impurezas volátiles entre las que se puede encontrar a partir de los alcoholes homólogos del alcohol etílico, tales como alcoholes propílicos, isobutíricos, amílicos, etc, son:

- El aldehído acético formado por oxidación de los distintos alcoholes existentes.
- Los ácidos, formados por oxidación de los aldehídos
- Los ésteres procedentes de la reacción de los alcoholes con los ácidos
- El furfural procedente de las pentosanas contenidas en el mosto y que por hidrólisis se transforman en pentosas.

Estas impurezas atendiendo al orden en que se destilan se clasifican en la técnica industrial como productos de cabeza o simplemente cabezas cuando pasan antes que el alcohol etílico y están constituidos por los productos de bajo punto de ebullición (aldehídos, ésteres) y como productos de cola o colas cuando su punto de ebullición es más elevado que el alcohol y se destilan después de él; las colas están comprendidas por los alcoholes superiores los cuales se los conoce como aceites de fusel y la parte comprendida entre las cabezas y las colas se les denomina cuerpo que en sí es el alcohol etílico.

Para obtener un alcohol que cumpla con los requisitos establecidos para elaboración de bebidas alcohólicas, es preciso lograr una concentración próxima a la mezcla azetrópica y de una pureza tan perfecta como sea posible y por otra parte las flemas deben estar constituidas por la menor cantidad de alcohol que sea posible.

La destilación puede realizarse a la presión atmosférica; las destilaciones a presión reducida y al vacío no son utilizadas corrientemente para la obtención de alcohol.

# CAPÍTULO III

## CAPÍTULO III

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materias Primas:

- Papa variedad super chola
- Papa variedad capiro
- Papa variedad gabriela

#### 3.1.1 Insumos.

- Enzima Termamyl 120 L, Type L
- Enzima Fungamyl 800 L
- Enzima AMG 300 L
- Levadura *Saccharomyces cerevisiae*
- Acido cítrico

#### 3.1.2 Reactivos

- Solución 0,1 N de hidróxido de sodio
- Solución indicador de fenolftaleína, solución alcohólica al 1%
- Agua destilada

#### 3.1.3 Material de vidrio:

- Probeta de 100 ml
- Probeta de 500 ml
- Pipeta volumétrica de 10 ml
- Termómetro escala de -10 a 110°C
- Vasos de precipitación de 50ml, 100ml, 250ml, 500ml

#### 3.1.4 Material de laboratorio

- Potenciómetro digital escala 1-14
- Alcoholímetro
- Equipo de destilación con columnas de rectificación con capacidad de 12 litros
- Cromatógrafo de gases
- Balanza gramera 0.1-2000 g
- Balanza analítica escala 0-210 g
- Balanza reloj
- Refractómetro de Abbe escala 0-95° Brix
- Galones de plástico
- Botellas de vidrio de 750ml, 350ml, 50ml

## 3.2 MÉTODOS EN ESTUDIO

### 3.2.1 Caracterización del área del estudio

La presente investigación se desarrollo en la Parroquia El Sagrario, la destilación y análisis correspondientes se efectuaron en las instalaciones de la Industria Licorera y Embotelladora del Norte SA ILENSA-EMA

#### **Ubicación**

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Temperatura: Promedio	18 ° C
HR. Promedio:	73%
Elevación:	2250 m.s.n.m.

**Fuente:** Departamento de Meteorología de la Dirección General de la Aviación Civil (2007)

### 3.2.2 Factores en estudio

Para la obtención de vodka se utilizó tres variedades de papa comercializadas en los mercados de la ciudad de Ibarra:

#### **Factor A**

Variedad de papa (*Solanum tuberosum*)

Súper Chola	(V1)
Capiro	(V2)
Gabriela	(V3)

#### **Factor B**

Tipos de enzimas (amilasas comerciales)

Termamyl 120L, Type L	(E1)
Fungamyl 800 L	(E2)

### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial: A x B

#### 3.3.1 Tratamientos

Nro	Variedad de papa	Tipo de enzima	Combinaciones
T1	V1	E1	V1E1
T2	V1	E2	V1E2
T3	V2	E1	V2E1
T4	V2	E2	V2E2
T5	V3	E1	V3E1
T6	V3	E2	V3E2

**V1:** Variedad súper chola

**V2:** Variedad capiro

**V3:** Variedad gabriela

**E1:** Enzima Termamyl 120 L, Type L

**E2:** Enzima Fungamyl 800 L

#### 3.3.2 Características del Experimento

Número de repeticiones: Cuatro (4)

Número de tratamientos: Seis (6)

Número de unidades experimentales: Veinticuatro (24)

#### 3.3.3 Unidad Experimental

Cada unidad experimental tuvo un peso de 15 kg de papa pelada.

### 3.3.4 Análisis estadístico

#### 3.3.4.1 Esquema del ADEVA

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>
TOTAL	23
Tratamientos	5
F A	2
F B	1
A x B	2
Error experimental	18

### 3.3.5 Análisis funcional

Se detectó diferencia estadística al 5% y al 1% para tratamiento y para factores para lo cual se realizaron las siguientes pruebas de significación: Tuckey para tratamientos y DMS para factores.

### **3.4 VARIABLES EVALUADAS**

#### **3.4.1 Materia prima**

- Rendimiento de almidón

#### **3.4.2 Hidrólisis enzimática**

- Prueba de yodo

#### **3.4.3 Durante la fermentación**

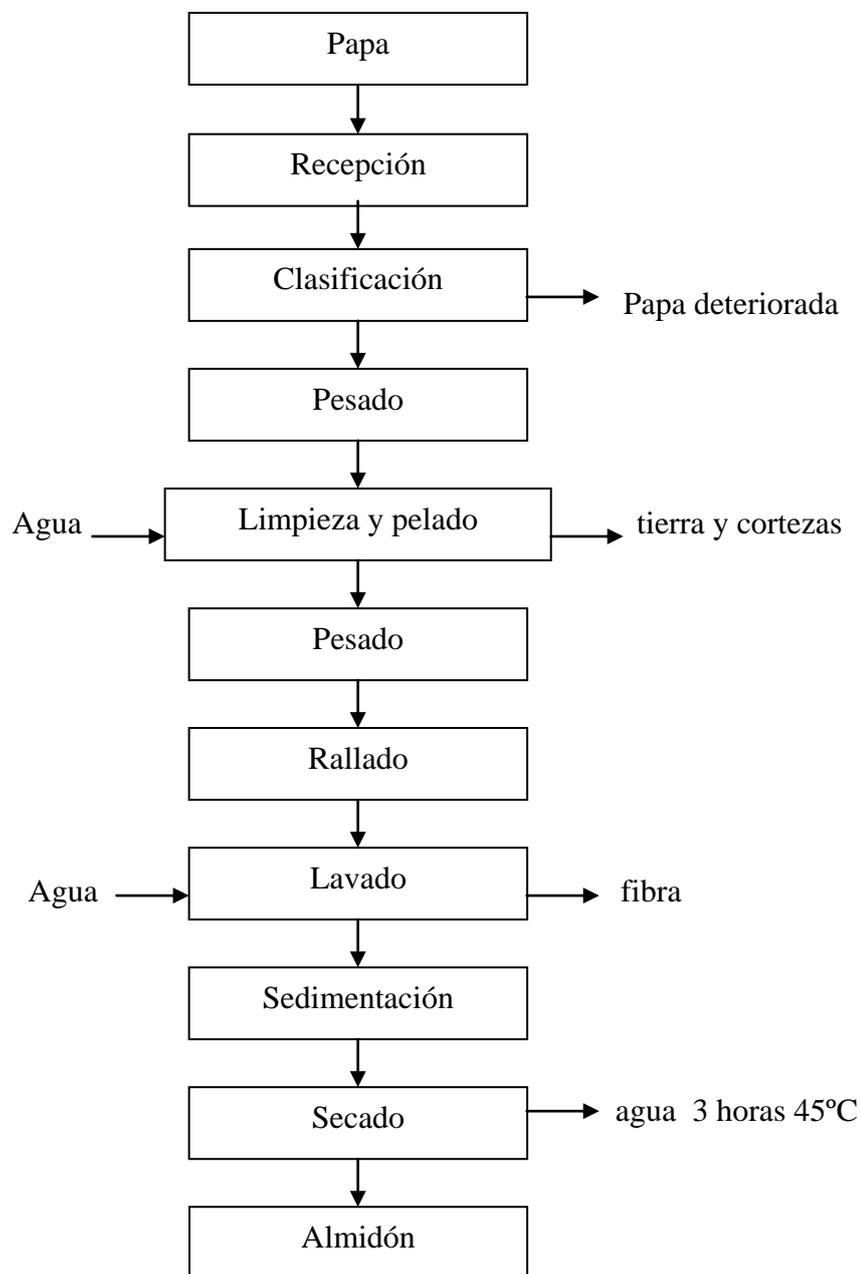
- Porcentaje de sólidos solubles
- pH

#### **3.4.4 Producto terminado**

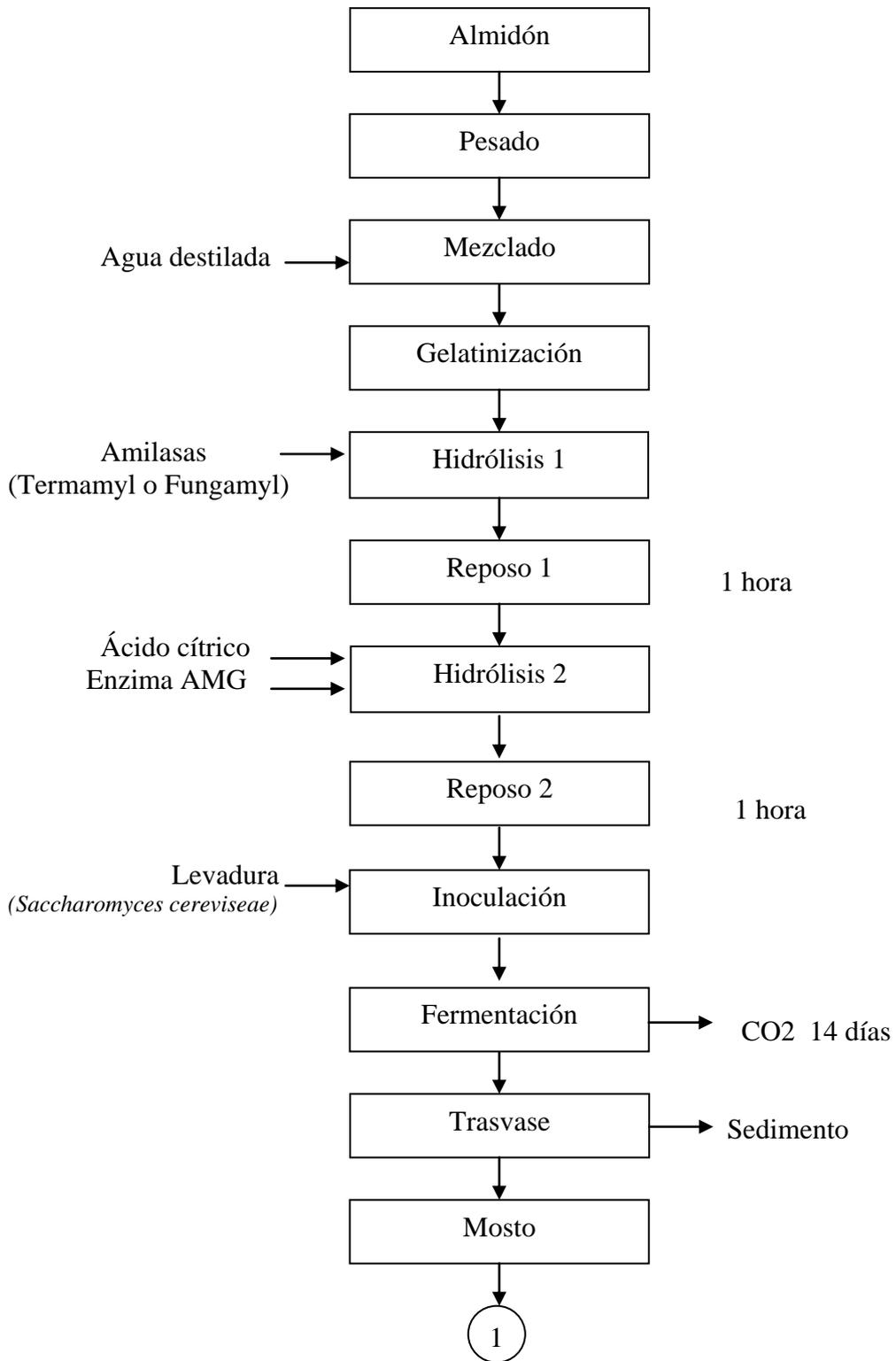
- Grado alcohólico
- Acidez total
- Esteres (acetato de etilo)
- Aldehídos
- Alcoholes superiores (iso amílico)
- Metanol
- Pruebas organolépticas (aroma, color, sabor, aspecto)
- Rendimiento de vodka

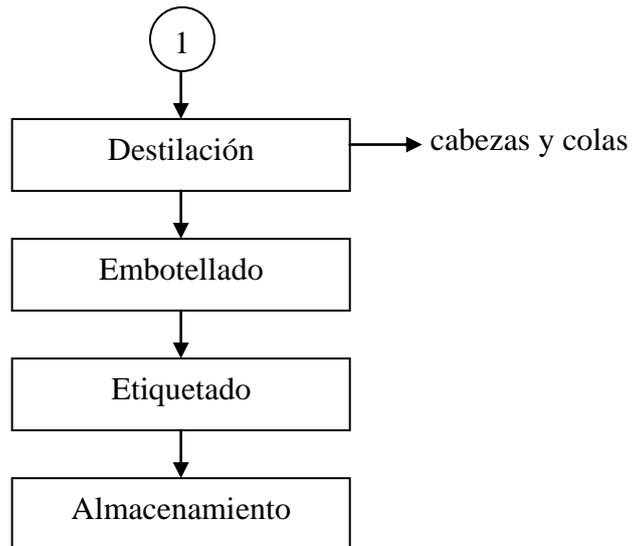
### 3.5 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Diagrama 1. Proceso de obtención de almidón de papa



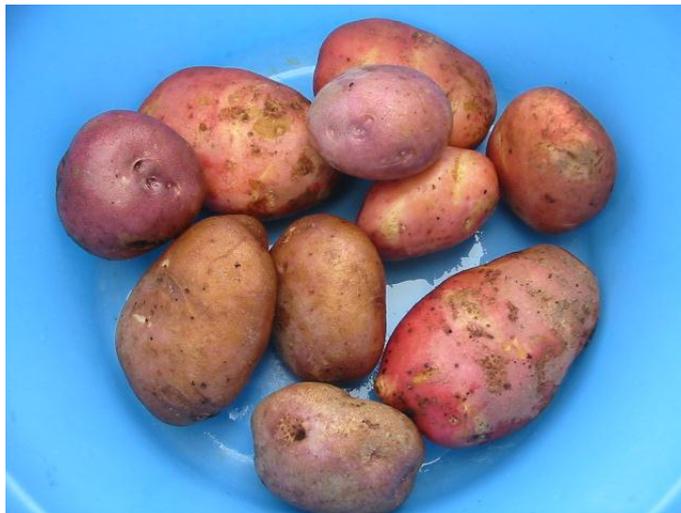
**Diagrama 2. Proceso de elaboración de bebida alcohólica de papa**





### 3.5.1 Descripción del Proceso

- **Recepción:** La papa, materia prima de nuestra investigación fue adquirida en el mercado mayorista de la ciudad de Ibarra.
- **Clasificación:** Se clasificó la materia prima eliminando aquellas que se encontraron en mal estado.



- **Pesado:** Se pesó la materia prima que estuvo apta para el procesamiento.

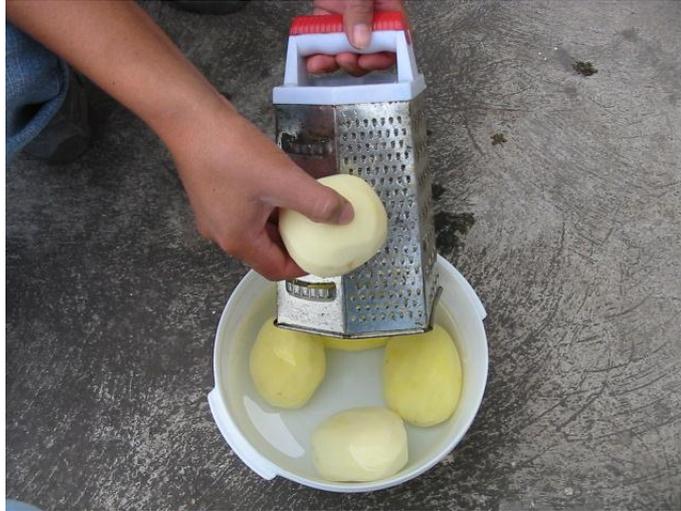
- **Limpieza y pelado:** Se procedió a lavar la materia prima con abundante agua para eliminar la tierra e impurezas y luego se procedió a pelar de forma manual.



- **Pesado:** Una vez quitada la corteza se pesó la papa utilizando una balanza tipo reloj de 15 kg de capacidad.



- **Rallado:** Esta operación consistió en aumentar la superficie de contacto de la papa, se realizó de forma manual utilizando ralladores de metal para facilitar la salida de las moléculas de almidón.



- **Lavado:** Una vez terminado la operación de rallado, se lavó con agua y agitación constante, para extraer mayor porcentaje de almidón.

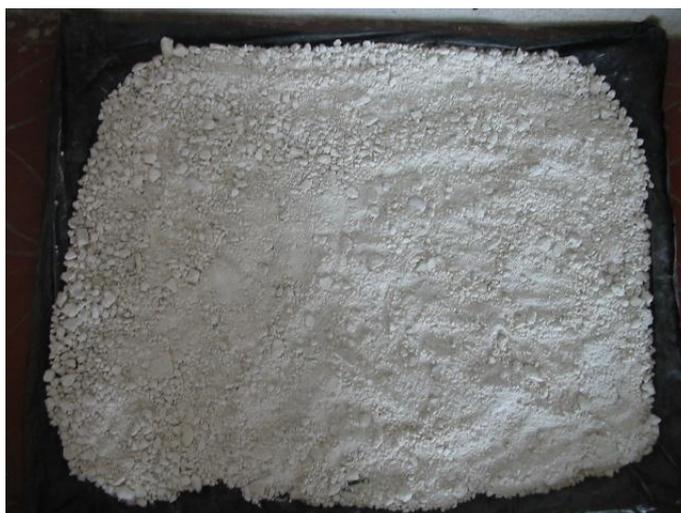


- **Sedimentación y decantado:** Se dejó en reposo durante 24 horas para que el almidón sedimente y se separe del agua, luego de lo cual se eliminó toda el agua superficial.



- **Secado:** Para eliminar el agua retenida en el almidón se procedió a secar durante 3 horas a 45°C en horno con flujo de aire.





- **Pesado:** Una vez que se obtuvo el almidón seco se procedió a pesar cada unidad experimental para obtener el rendimiento de cada variedad.
- **Mezclado:** Se mezcló el almidón con agua destilada, evitando la formación de grumos (200 g de almidón por 1 litro de agua destilada).



- **Gelatinización:** Cuando la mezcla estuvo homogénea se calentó a temperatura de 70°C dando como consecuencia la gelatinización del almidón.



- **Adición de enzima:** Luego de la gelatinización se adicionó la enzima Termamyl 120 Type L o Fungamyl 800 L, 0.01 g de enzima por 5.26 g de almidón. La enzima por estar en estado líquido se mezcló con 200 g almidón gelatinizado para activarlas y luego se adicionó a toda la mezcla.



- **Reposo 1:** Adicionada la enzima (Termamyl o Fungamyl) se dejó en reposo durante una hora para que la enzima hidrolice los enlaces glucosídicos alfa 1,4 de amilasa y amilopectina y por consiguiente se transforme rápidamente en dextrinas solubles y oligosacáridos.



- **Adición de AMG 300 L :** Transcurrido el tiempo de hidrólisis se ajustó el pH de 6.5 a 4.5 utilizando ácido cítrico en 0.04% y se adicionó 0.01 g de la enzima por cada 5.26 g de almidón a una temperatura de 50°C.



- **Reposo 2:** Luego de haber adicionado la enzima AMG 300 L se dejó en reposo durante una hora para que la enzima hidrolice los enlaces alfa 1-4 y 1-6 de almidón. Durante la hidrólisis se liberan unidades de glucosa de la cadena de almidón.



- **Inoculación:** Se colocó 100 ml de mosto en un vaso de precipitación a 35°C, se agregó 2% de levadura con respecto al volumen del mosto, se dejó en reposo durante cinco minutos hasta que la levadura se disuelva y presente espuma sobre la superficie. Esto indicó que la levadura está lista para inocular el resto del mosto.



- **Fermentación:** El mosto inoculado se llevó a los recipientes de plástico de 23 litros de capacidad, en donde se realizó la fermentación alcohólica, a una temperatura aproximada de 18°C,

la boca de los recipientes se cubrió con lienzo blanco para facilitar la salida del CO<sub>2</sub> y se mantuvo hasta obtener un pH constante



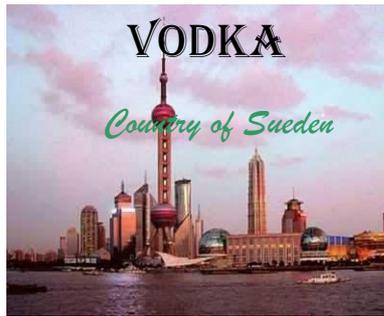
- **Trasvase:** Terminado el proceso de fermentación (°Brix y pH constantes) se procedió a trasvasar el mosto a otro recipiente con el fin de eliminar los sedimentos.
- **Destilación:** El mosto se destiló en un equipo de vidrio con columnas de rectificación a una temperatura de 78°C, obteniendo etanol con grado alcohólico elevado el mismo que se hizo la dilución correspondiente hasta obtener un grado alcohólico de 40°GL.



- **Embotellado:** Luego de haber destilado y diluido la bebida alcohólica se envasó en botellas de vidrio de 50 ml.



- **Etiquetado:** Las botellas que contienen el alcohol fueron etiquetadas para su presentación.



- **Almacenamiento:** Lista la bebida se almacenó para las respectivas pruebas.



### 3.5.2 Descripción de variables evaluadas

En el transcurso de la investigación se evaluó:

- **Rendimiento del almidón**

Al finalizar la etapa de obtención de almidón de papa se midió el rendimiento para lo cual se procedió a secar el almidón a una temperatura de 45°C durante 3 horas, obteniendo una humedad de 13.4%. Para el cálculo de rendimiento se usó la siguiente fórmula

$$R = \frac{PA}{PP} \times 100$$

Donde:

PA= Peso del almidón

PP= Peso de las papas

R= Rendimiento.

- **Hidrólisis enzimática**

Para detectar la presencia de almidón en el proceso de hidrólisis mediante la acción hidrolítica de las enzimas termamyl 120 L, Type L y fungamyl 800 L se realizó la prueba de yodo.

El procedimiento del análisis es el siguiente.

-Preparamos una muestra de 10 ml de la solución de almidón de papa

-Añadimos cuidadosamente 1ml de solución de yodo (1gr de yodo + 10 gr de yoduro potásico + 1 litro de agua).

**Evaluación:**

-No cambia el color de la solución de yodo (color pardo rojizo) ausencia de almidón

-El color cambia de pardo rojizo a marrón (el almidón no está completamente degradado).

-Color azul, azul oscuro o negro (presencia de almidón).

- **Fermentación alcohólica**

En el transcurso de la fermentación se midió:

### **-Porcentaje de sólidos solubles**

Se tomó muestras de cada tratamiento durante el proceso fermentativo utilizando una pipeta de 10 ml, se midió el % de sólidos solubles en el refractómetro de Abbe escala 0-95 °Brix, todos los días y a la misma hora (17h00).

### **-pH**

Se midió el pH durante todo el proceso de fermentación utilizando un potenciómetro digital escala 1-14 se tomo una muestra de cada tratamiento todos los días y a la misma hora (17h00).

- **Producto terminado**

Una vez realizada la destilación del mosto sometido a fermentación, se realizaron los siguientes controles:

### **-Grado alcohólico**

Se determinó el contenido de etanol en el producto destilado, mediante norma INEN 340 (Determinación de grado alcohólico para bebidas alcohólicas). Esta variable se midió con el fin de determinar que tratamiento presenta el mayor contenido de alcohol etílico.

Se colocó en una probeta de 500ml la muestra de alcohol y se procedió a medir el grado alcohólico con el alcoholímetro centesimal de Gay-Lussac.

El grado alcohólico medido se corrigió de acuerdo a las tablas de Determinación de Grado Alcohólico de la norma INEN 340.

### **-Acidez total**

Mediante norma INEN 341 “Determinación de la acidez total para bebidas alcohólicas” (por titulación con fenolftaleína) se midió la acidez de la bebida de papa. Para lo cual se midió 25 ml de muestra, se mezcló con 250 ml de agua destilada, se añadió 5 gotas de fenolftaleína y se tituló con hidróxido de sodio 01 N hasta cambio de color ligeramente rosado.

### **-Contenido de congéneres**

Se determinó el contenido de metanol, ésteres, alcoholes superiores y aldehídos en los seis tratamientos, con el objeto de conocer la presencia de estos productos secundarios de la fermentación en la bebida alcohólica. Se utilizó la técnica que aplica la empresa licorera ILENSA.

Las muestras se analizaron en un cromatógrafo de gases, cuyo fundamento es separar sustancias de una mezcla basándose en la diferencia que existe en las fuerzas bipolares de los productos.

### **-Rendimiento de vodka**

Para el desarrollo de esta variable se tomó únicamente el cuerpo del destilado, esta variable estuvo dada por la cantidad de producto que obtuvimos al finalizar el proceso de destilación en cada una de las repeticiones. Se tomó en cuenta el volumen de destilado que se realizó a los 78° C y luego diluido hasta obtener una concentración de 40°GL.

### **-Pruebas organolépticas**

Una vez realizados los análisis físico-químicos al producto, se procedió con la evaluación organoléptica la cual se realizó en dos fases:

La primera degustación se realizó con un panel de 7 degustadores tomando en cuenta características como: aspecto, color, olor y sabor para determinar los dos mejores tratamientos.

Obtenidos dichos tratamientos se realizó una segunda evaluación organoléptica utilizando dos productos de marcas comerciales ya reconocidas en el mercado, para determinar si el producto estudiado posee características organolépticas similares con un panel de 6 catadores.

A cada catador se le facilitó las muestras correspondientes y la hoja de instrucciones necesarias (Anexo 6).

A cada característica organoléptica se le asignó una escala de apreciación y se valoró de la siguiente manera:

Excelente	5 puntos
Muy Bueno	4 puntos
Bueno	3 puntos
Regular	2 puntos
Malo	1 punto

Los resultados obtenidos de los catadores se analizaron bajo la prueba no paramétrica de Friedman.

# CAPÍTULO IV

## CAPÍTULO IV

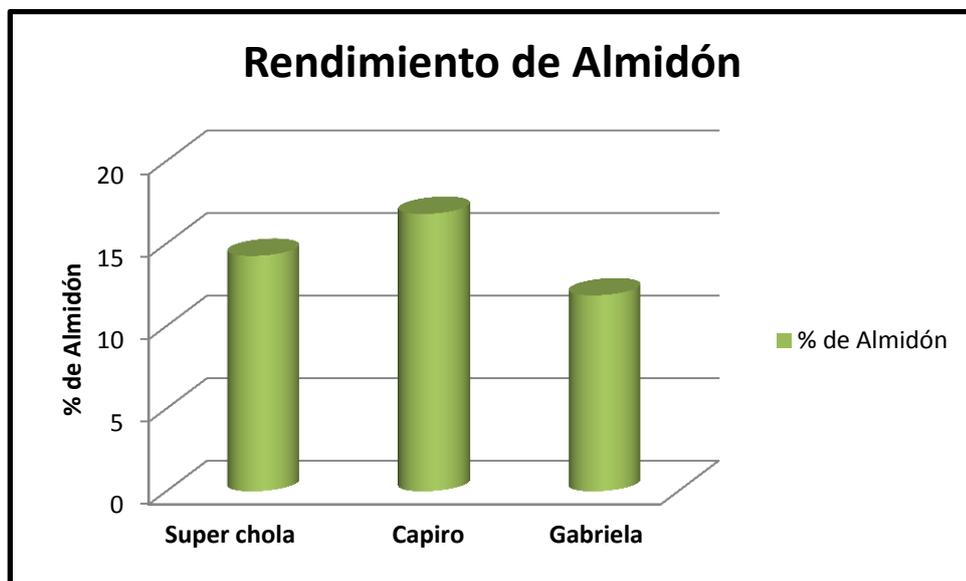
### 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Luego de realizar la investigación “Elaboración de una bebida alcohólica destilada (Vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas” se obtuvo los siguientes resultados:

#### 4.1 RENDIMIENTO DE ALMIDÓN

##### 4.1.1 Análisis del rendimiento de almidón de cada variedad utilizada en la investigación

Gráfico 1: Rendimiento de almidón



El gráfico 1 indica que la variedad capiro contiene un alto porcentaje de almidón con el 16.8%, mientras que la variedades super chola y gabriela contienen un 14.26% y 11.87% respectivamente.

## 4.2 HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA

### 4.2.1 Prueba de yodo

**Cuadro 9: Prueba de yodo antes de la hidrólisis**

Número de muestras	Tipo de muestra	Resultado
1	variedad super chola +agua	positivo
2	variedad super chola + agua	positivo
3	variedad capiro + agua	positivo
4	variedad capiro + agua	positivo
5	variedad gabriela + agua	positivo
6	variedad gabriela + agua	positivo

**-Positivo:** Color azul

El cuadro 9 indica los resultados de la prueba de yodo antes de realizar la hidrólisis en donde la prueba dio positiva tomando la muestra de una coloración azul, es decir existe presencia de almidón.

**Cuadro 10: Prueba de yodo después de la hidrólisis**

Numero de muestras	Tipo de muestra	Resultado
1	variedad super chola +agua	negativo
2	variedad super chola + agua	negativo
3	variedad capiro + agua	negativo
4	variedad capiro + agua	negativo
5	variedad gabriela + agua	negativo
6	variedad gabriela + agua	negativo

**-Negativo:** Color rojizo

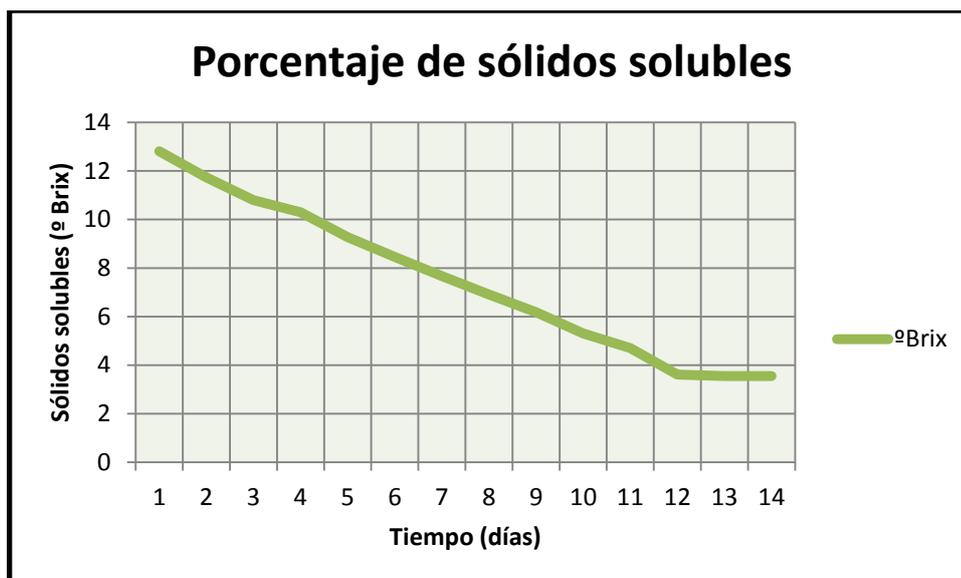
El cuadro 10 indica los datos después de la hidrólisis enzimática dando como consecuencia resultado negativo, es decir que no hay presencia de almidón en la muestra de mosto a fermentar lo que demuestra la acción hidrolítica de las enzimas Termamyl 120 Type L y Fungamyl 800 L.

## 4.3 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

### 4.3.1 Porcentaje de sólidos solubles

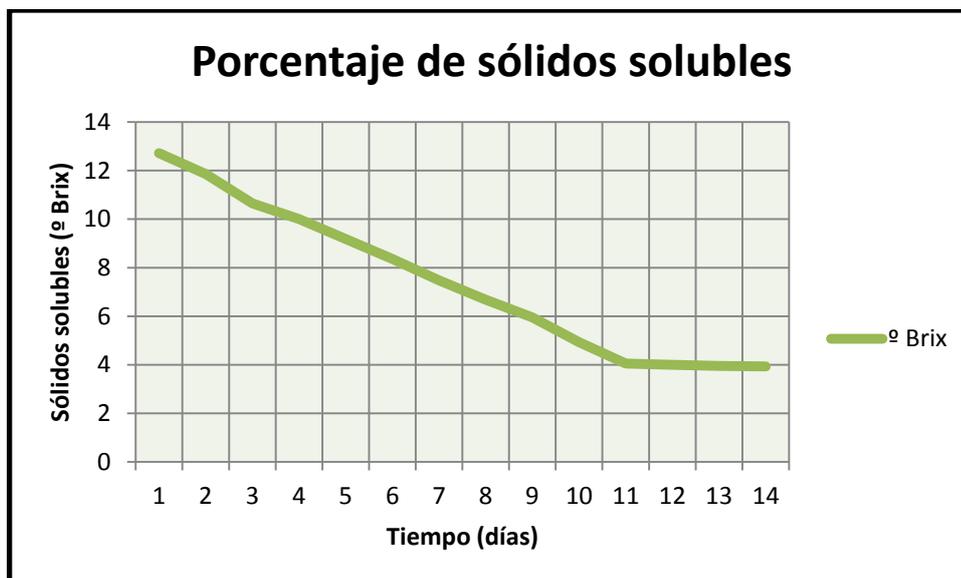
Los datos obtenidos de esta variable se encuentran en el Anexo 3 de donde se realizó el siguiente gráfico.

**Gráfico 2: Variación del % de sólidos solubles tratamiento 1**



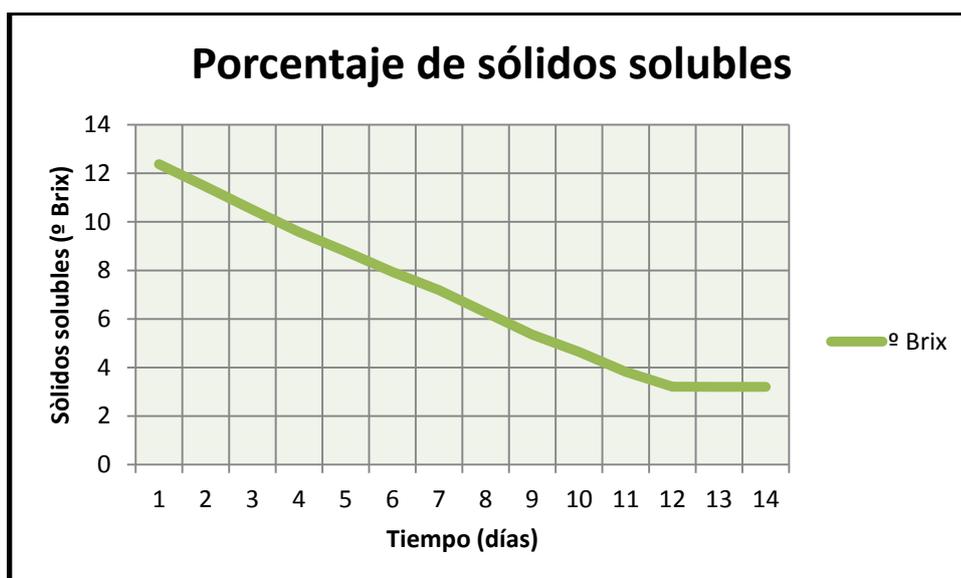
El gráfico 2 indica la variación del % de sólidos solubles en el Tratamiento 1 (variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L) se observa un descenso rápido hasta el día 12 de la fermentación alcohólica con un valor de 3,61 y termina la fermentación con un valor de 3,55.

**Gráfico3: Variación del % de sólidos solubles tratamiento 2**



El gráfico 3 indica la variación del % de sólidos solubles en el Tratamiento 2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) se observa un descenso rápido hasta el día 11 de la fermentación alcohólica con un valor de 4,05 y termina la fermentación con un valor de 3,93.

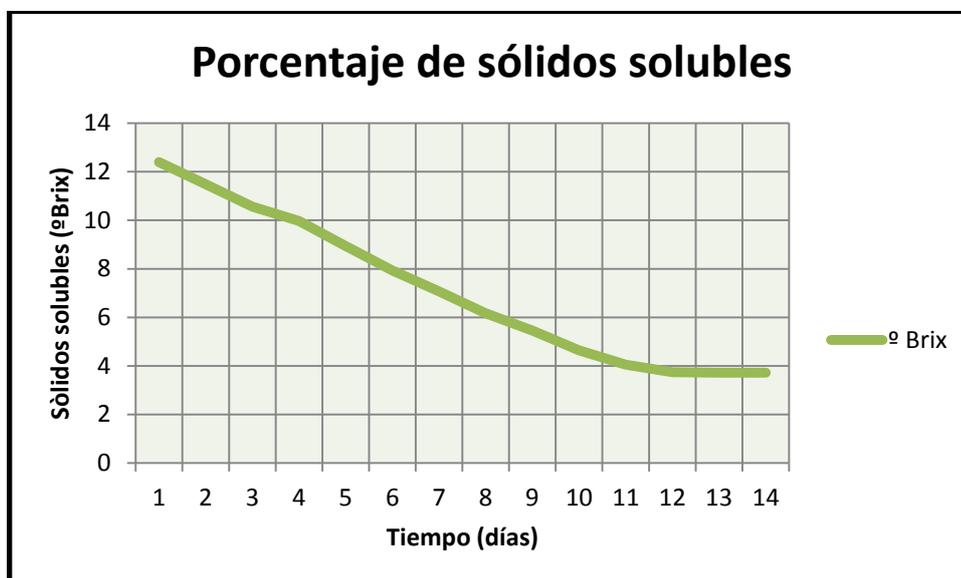
**Gráfico 4: Variación del % de sólidos solubles tratamiento 3**



Según el gráfico 4 del tratamiento 3 (variedad capiro + enzima Termamyl 120 Type L) se observa un descenso en el porcentaje de sólidos solubles hasta el día

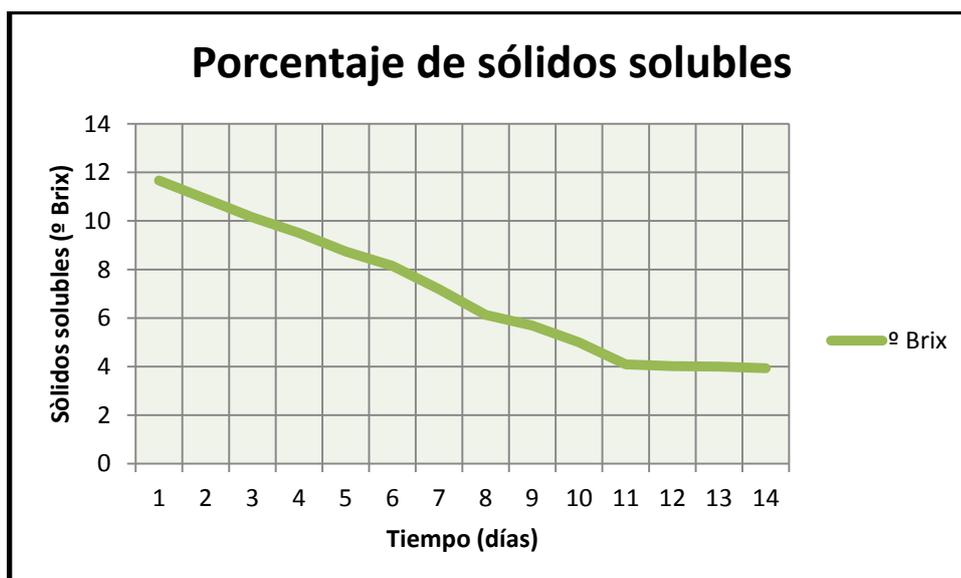
12 con un valor de 3,21 y termina el proceso de fermentación con un valor de 3,20.

**Gráfico 5: Variación del % de sólidos solubles tratamiento 4**



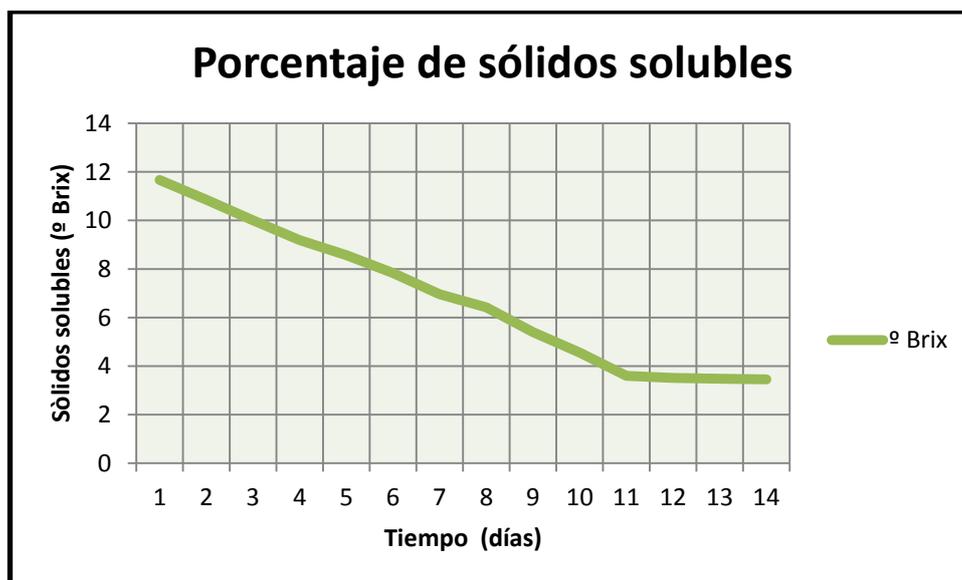
En el tratamiento 4 (variedad capiro + enzima Fungamyl 800 L) el mayor descenso de sólidos solubles se registra en el día 11 con un valor de 4,05 y termina su proceso de fermentación con un valor de 3,72.

**Gráfico 6: Variación del % de sólidos solubles tratamiento 5**



En el gráfico 6 del tratamiento 5 (variedad gabriela + Termamyl 120 Type L) presenta un descenso de sólidos solubles al día 11 con un valor de 4,09 y al finalizar la fermentación al día 14 con un valor de 3,93.

**Gráfico 7: Variación del % de sólidos solubles tratamiento 6**

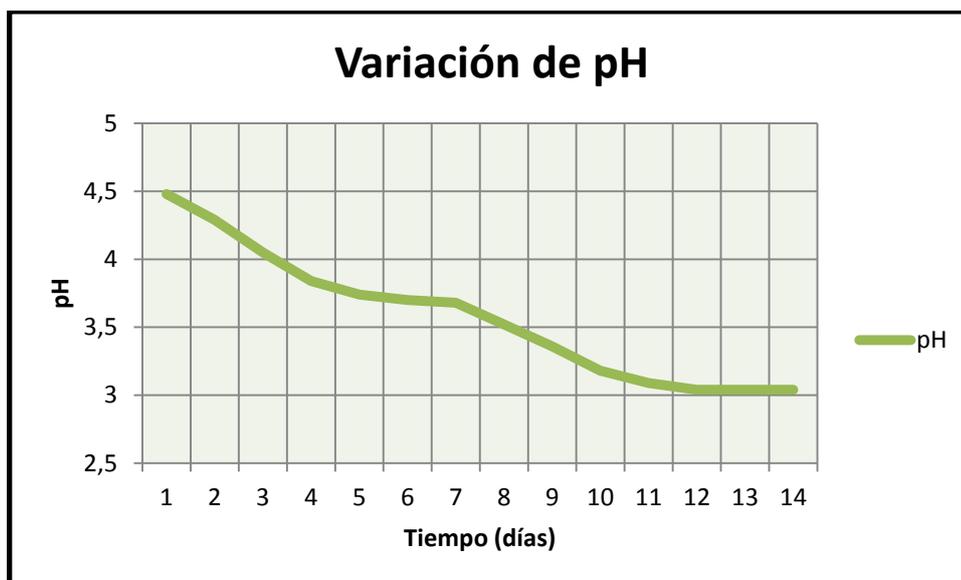


Para el tratamiento 6 (variedad gabriela + enzima Fungamyl 800 L) el porcentaje de sólidos solubles baja rápidamente hasta el día 11 registrando un valor de 3,6 y termina la fermentación presentando un valor de 3,45.

### 4.3.2 Análisis de pH

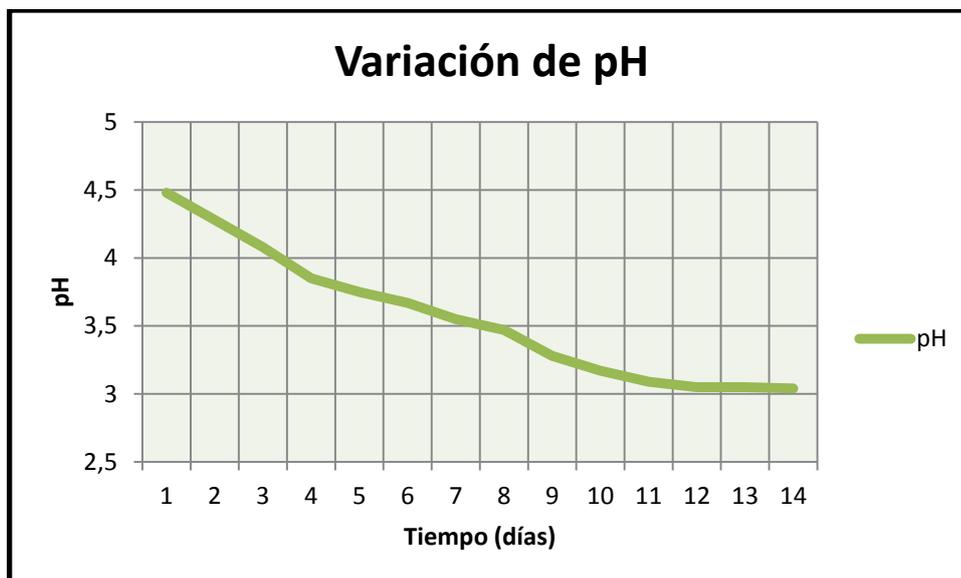
Los datos obtenidos de esta variable se encuentran en el Anexo 4 de donde se realizaron las siguientes gráficas:

**Gráfico 8: Variación de pH tratamiento 1**



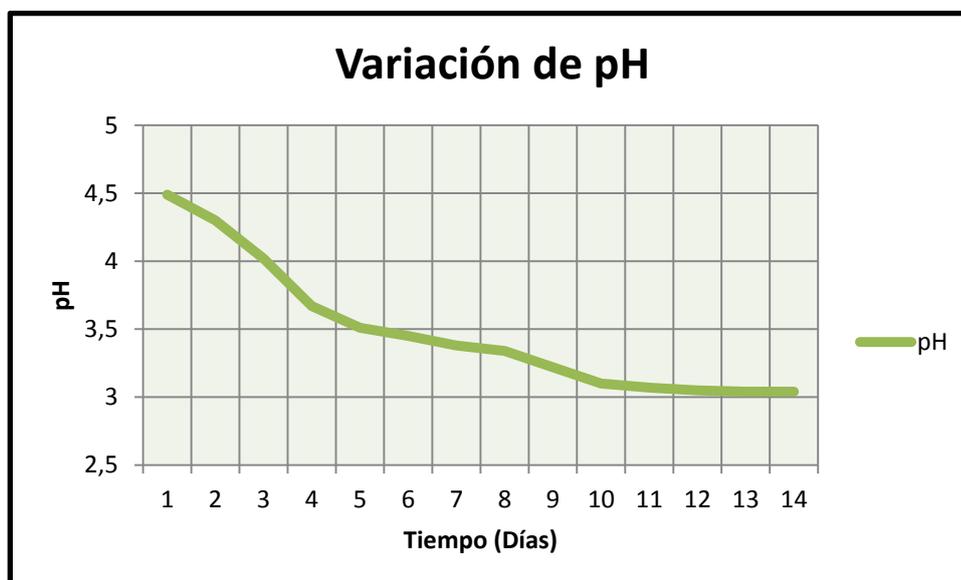
La variación del pH del tratamiento 1 (variedad super chola + enzima Termamyl) muestra un descenso hasta el día 7 manteniéndose por dos días con un valor de 3,7 continúa bajando el pH hasta el día 10 con un valor de 3,18 y termina la fermentación al día 14 con un pH de 3,04.

**Gráfico 9: Variación de pH tratamiento 2**



En la gráfica 9 de pH del tratamiento 2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) se observa un descenso importante hasta el día 10 con un valor 3,17 y termina su fermentación con un pH de 3,04.

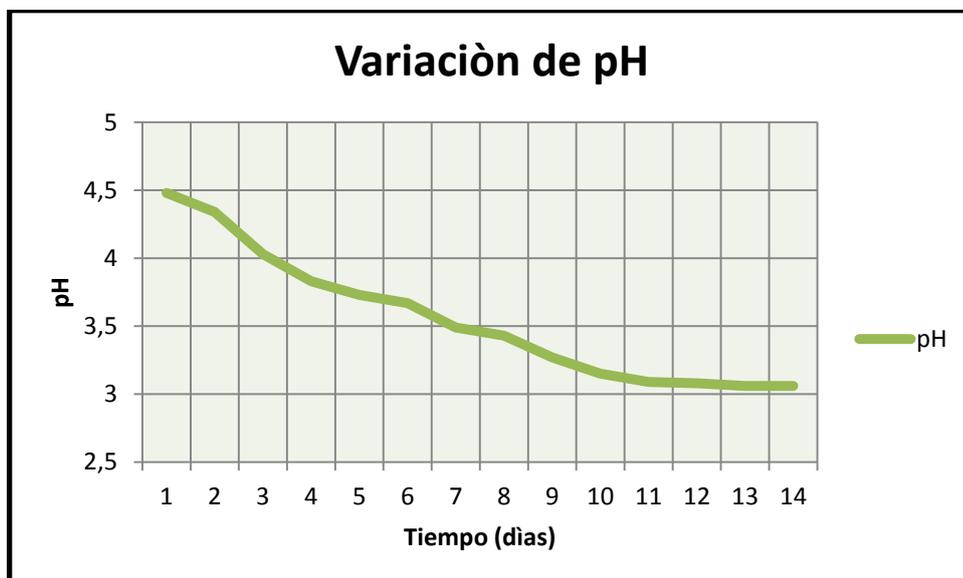
**Gráfico 10: Variación de pH tratamiento 3**



En el tratamiento 3 (variedad capiro + enzima Termamyl) se nota un descenso importante de pH hasta el día 4 con un valor de 3,67, para continuar bajando

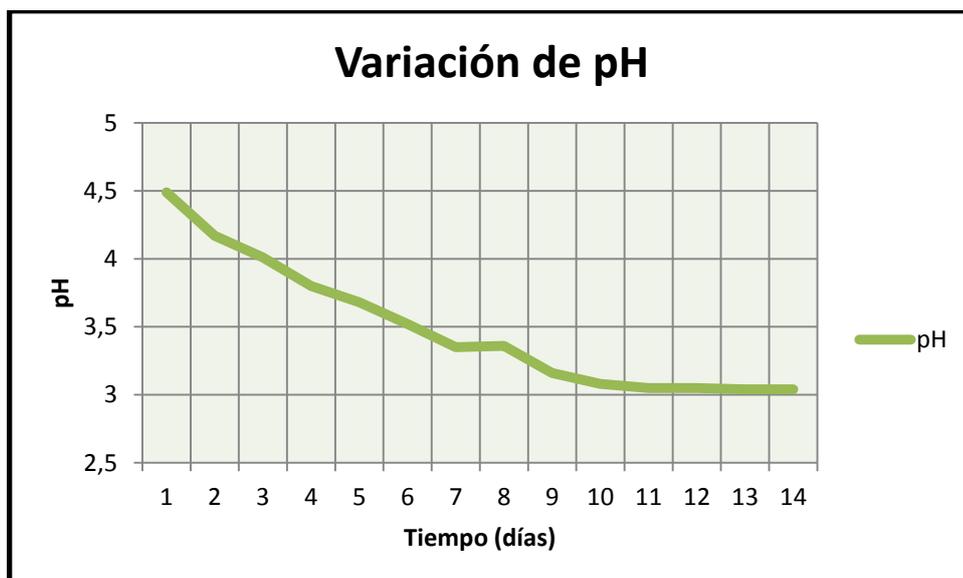
lentamente hasta el día 10 registrando un valor de 3,10 y termina con un valor de pH de 3,04.

**Gráfico 11: Variación de pH tratamiento 4**



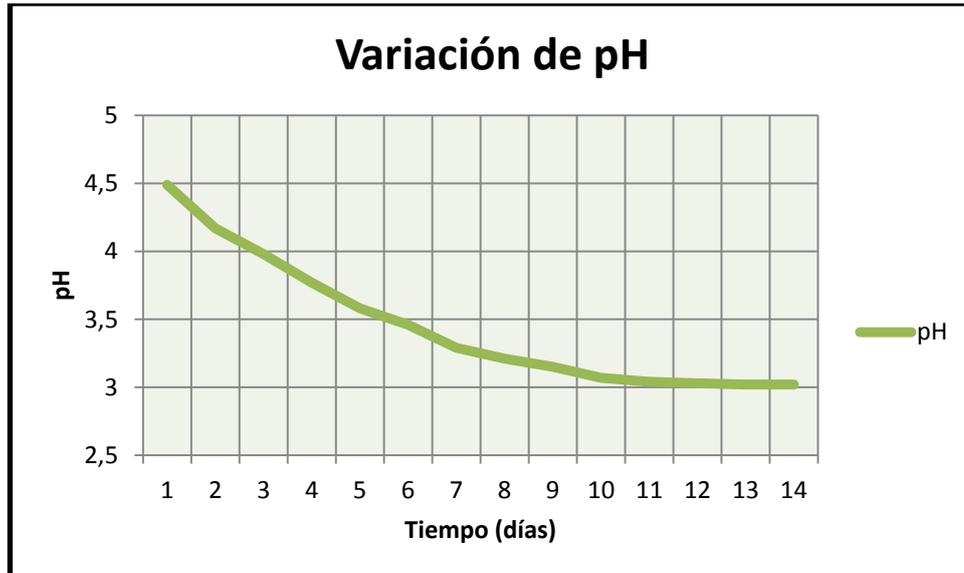
La variación de pH del tratamiento 4 (variedad capiro + enzima Fungamyl 800 L) se observa un descenso continuo hasta el día 11 con un valor de 3,09 hasta llegar a culminar su fermentación con un valor de 3,06.

**Gráfico 12: Variación de pH tratamiento 5**



En el gráfico 12 se muestra un descenso rápido de pH en del tratamiento 5 (variedad gabriela + enzima Termamyl 120 Type L) hasta el día 7 con un valor de 3,35 para continuar bajando lentamente hasta obtener un valor de 3,04.

**Gráfico 13: Variación de pH tratamiento 6**



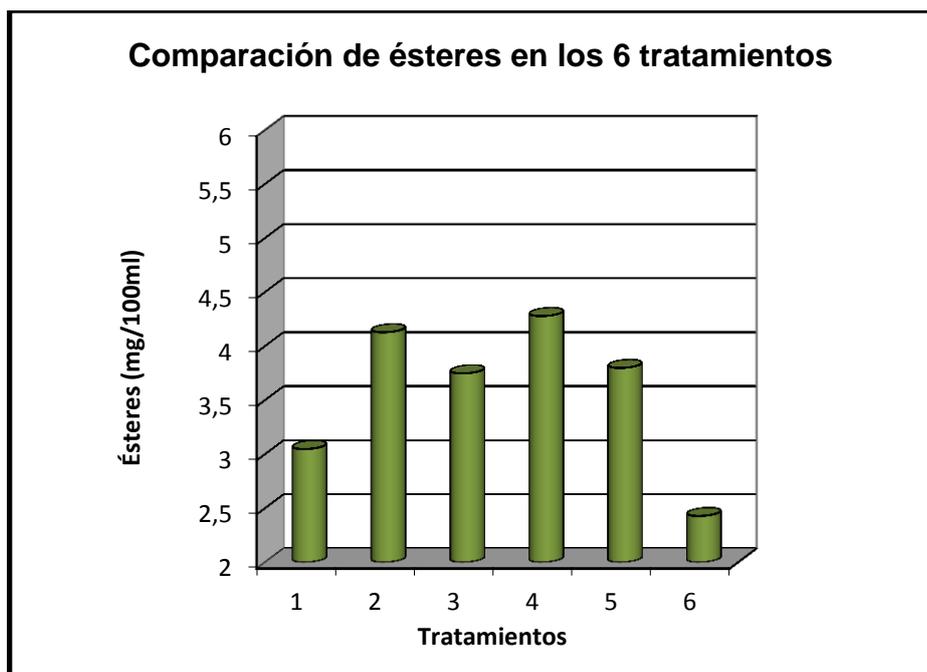
En la variación de pH del tratamiento 6 (variedad gabriela + enzima Fungamyl 800 L) desciende rápidamente hasta el día 10 con un valor de 3,07 y llega con un valor de 3,02 al final de la fermentación.

## 4.4 PRODUCTO FINAL

### 4.4.1 Determinación de ésteres

Los datos obtenidos de esta variable se detallan en el Anexo 5. De el cual se realizó el siguiente gráfico.

**Gráfico 14: Comparación de ésteres**



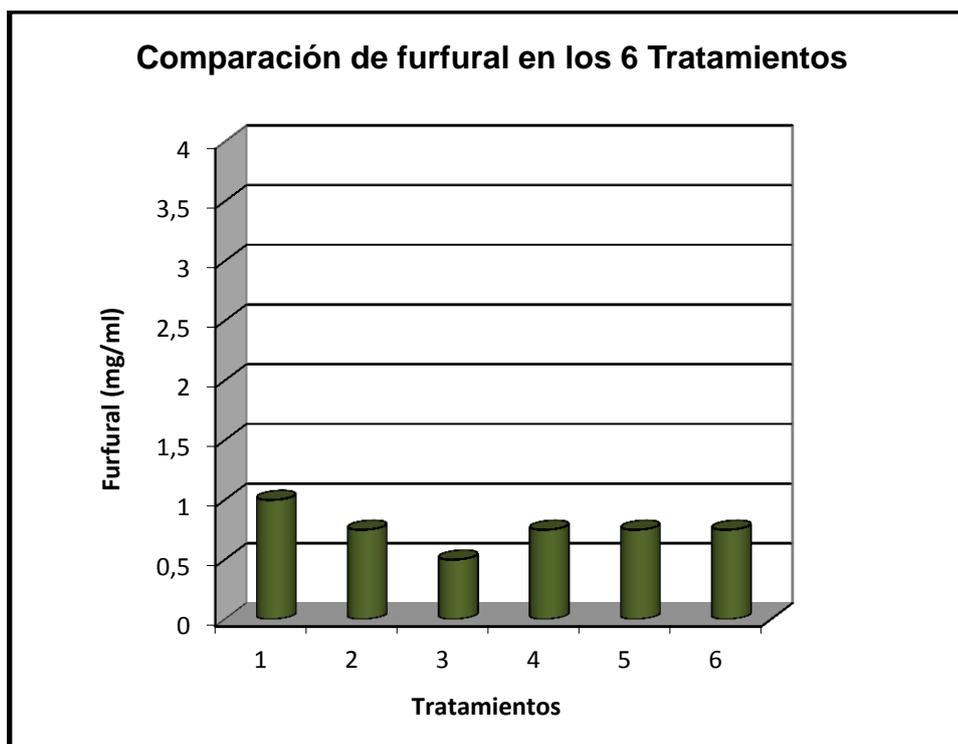
**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad de ILENSA

El gráfico 14 muestra mayor presencia de acetato de etilo en el tratamiento 4 (variedad capiro + enzima Fungamyl 800 L) con un valor de 4,28 mg/100 ml. Los demás tratamientos registran valores que están comprendidos entre 4,13 y 2,43 mg/100 ml.

#### 4.4.2 Determinación de furfural

Los datos obtenidos de esta variable se detallan en el Anexo 5. De el cual se realizó el siguiente gráfico.

**Gráfico 15: Comparación de furfural**



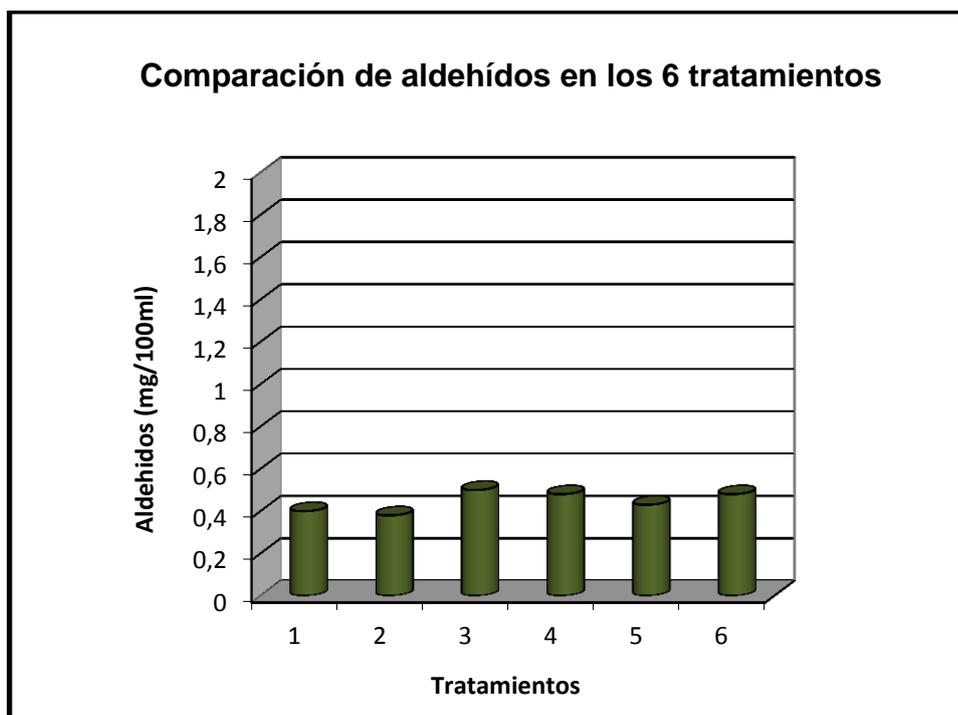
**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad de ILENSA

El gráfico 15 muestra mayor presencia de furfural en el tratamiento 1 (variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L) con un valor de 1 mg/100 ml. Los demás tratamientos registran valores que están comprendidos entre 0,5 y 0,75 mg/100 ml.

#### 4.4.3 Determinación de aldehídos

Los datos obtenidos de esta variable se detallan en el Anexo 5. De el cual se realizó el siguiente gráfico.

**Gráfico 16: Comparación de aldehídos**



**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad de ILENSA

El gráfico 16 muestra mayor presencia de acetaldehído en el tratamiento 3 (variedad capiro + enzima Termamyl 120 L), con un valor de 0,5 mg/100 ml. Los demás tratamientos registran valores que están comprendidos entre 0,48 y 0,38 mg/100 ml.

#### 4.4.4 Determinación de alcoholes superiores

Los datos obtenidos de esta variable se detallan en el Anexo 5. De el cual se realizó el siguiente gráfico.

**Gráfico 17: Comparación de alcoholes superiores**



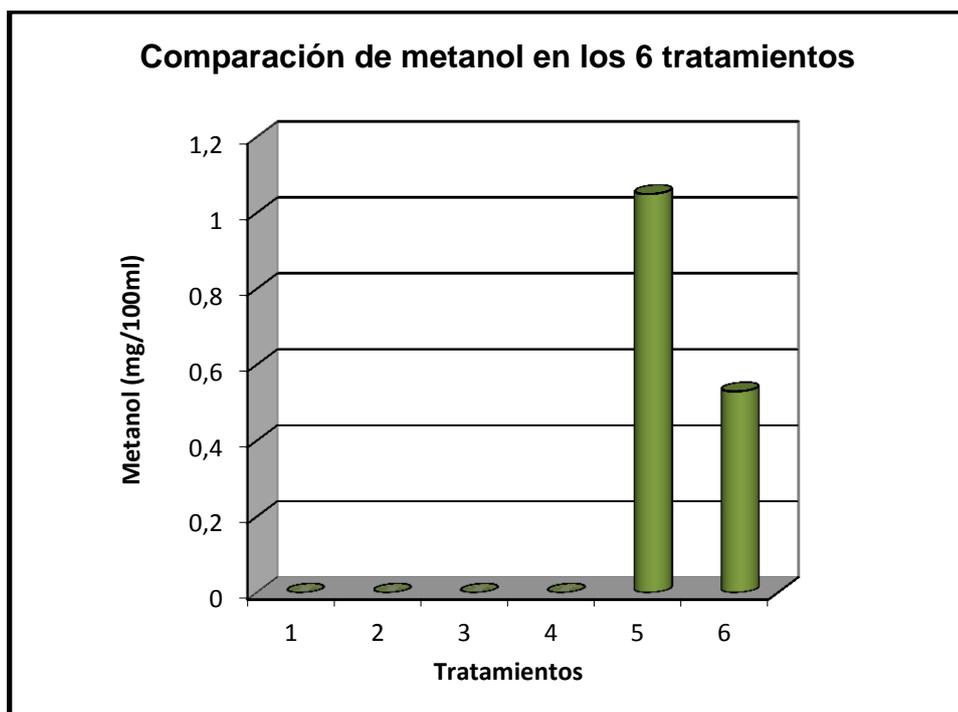
**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad de ILENSA

El gráfico 17 muestra mayor presencia de propanol, iso-butanol, e iso-amílico en el tratamiento 2(variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L), con un valor de 17,6 mg/100 ml. Los demás tratamientos registran valores que están comprendidos entre 16,3 y 12,3 mg/100 ml.

#### 4.4.5 Determinación de metanol

Los datos obtenidos de esta variable se detallan en el Anexo 5. De el cual se realizó el siguiente gráfico.

**Gráfico 18: Comparación de metanol**



**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad de ILENSA

El gráfico 18 muestra mayor presencia de metanol en el tratamiento 5 (variedad gabriela + enzima Termamyl 120 Type L), con un valor de 1,05 mg/100 ml, y el tratamiento 6 (variedad gabriela +enzima Fungamyl 800 L) con un valor de 0,53 mg/100ml. Los demás tratamientos no registran valores de metanol.

## 4.5 RESULTADOS ESTADÍSTICOS

### 4.5.1 Análisis de grado alcohólico

Los valores de grado alcohólico se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 11: Resultados del contenido de grado alcohólico (°GL)**

Tratamientos	Repeticiones					
	I	II	III	IV	Σ	Media
T1 (V1E1)	84.0	81.7	83.8	82.0	331.5	82.87
T2(V1E2)	86.1	84.0	85.5	86.8	342.4	85.6
T3(V2E1)	73.5	75.2	71.1	69.4	289.2	74.55
T4(V2E2)	75.2	74.5	75.75	73.1	298.3	74.57
T5(V3E1)	79.6	79.3	81.7	80.2	320.8	80.2
T6(V3E2)	82.3	78.2	77.2	79.6	317.3	79.33
Σ	480.7	472.9	474.8	471.1	1899.5	<b>79.15</b>

**Cuadro 12: ADEVA de grado alcohólico**

FV	gl	SC	CM	FC	NS	FT	
Total	23	547.64	--				
Trat	5	497.86	99.57	36.07	**	2.77	4.25
Fac. A	2	471.12	235.56	85.34	**	3.55	6.91
Fac. B	1	11.34	11.34	4.10	NS	4.61	8,28
F. AxB	2	15.32	7.66	2.77	NS	3.55	6.91
SCExp	18	49.78	2.76				

**NS:** No significativo

**\*: Significativo**

**\*\*:** Altamente significativo

**CV:** Coeficiente de variación

**CV= 2.09%**

En el análisis de varianza se observó que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos y el factor A, se realizó las pruebas de significación correspondientes. Tuckey para tratamientos y DMS para factores el CV indica que el proceso fue conducido de manera adecuada.

**Cuadro 13: Prueba de Tuckey al 5% para tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
T2(V1E2)	85.6	a
T1 (V1E1)	82.87	a
T5(V3E1)	80.2	b
T6(V3E2)	79.33	c
T4(V2E2)	74.57	d
T3(V2E1)	74.55	e

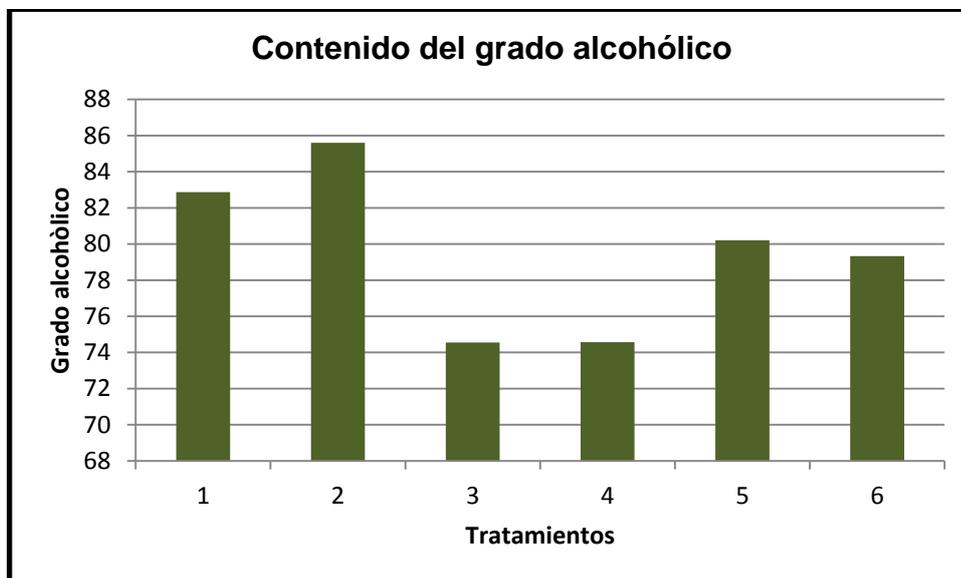
Una vez realizada la prueba de Tuckey para esta variable se obtuvo 5 rangos (a,b,c,d,e) y señala que el tratamiento 2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) presenta el mayor grado alcohólico con una media de 85.6 seguido por el tratamiento 1 (variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L) con una media de 82.87.

**Cuadro 14: Prueba DMS al 5% para el Factor A (variedad de papa)**

<b>Variedad</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>super chola</b>	84.24	a
<b>gabriela</b>	79.76	b
<b>capiro</b>	73.44	c

Al realizar la prueba DMS al 5 % para el factor variedades de papa se observó que existe una diferencia estadística significativa. Comparados los niveles de este factor se determinó que la variedad super chola produce un alcohol de elevado grado.

**Gráfico19: Comparación del contenido de grado alcohólico en los 6 tratamientos**



Al comparar los valores del contenido de grado alcohólico del producto terminado en la presente investigación se observa que existe diferencia entre los tratamientos, el T 2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) presenta grado alcohólico muy elevado (85,6) contrario de T 3(variedad capiro + enzima Termamyl 120 Type L) (74,55) y T 4 (variedad capiro + enzima Fungamyl 800 L) (74,57).

#### 4.5.2 Análisis de rendimiento de vodka

**Cuadro 15: Rendimiento de vodka**

Tratamientos	Repeticiones					
	I	II	III	IV	Σ	Media
T1 (V1E1)	882	812,92	858,95	852,8	3406,67	851,66
T2(V1E2)	813,65	798	825,08	841,96	3278,69	819.67
T3(V2E1)	597,19	618,52	575,91	567,35	2358,97	589.74
T4(V2E2)	624,16	623,94	624,94	614,04	2487,08	621.77
T5(V3E1)	819,88	828,69	857,85	826,06	3332,48	833.12
T6(V3E2)	849,75	813,28	793,23	813,91	3270,17	817.54
Σ	4586,63	4495,35	4535,96	4516,12	18134,06	<b>755.59</b>

**Cuadro 16: ADEVA de rendimiento de vodka**

FV	gl	SC	CM	FC	NS	FT	
Total	23	282079.01	--				
Trat	5	274398.60	54879.72	128.6	**	2.77	4.25
Fac. A	2	269814.40	134907.2	316.17	**	3.55	6.91
Fac. B	1	161.09	161.09	0.37	NS	4,61	8.28
F. AxB	2	4423.11	2211.56	5.19	*	3.55	6.91
SCExp	18	7680.41	426.68				

**CV= 2.73%**

En el análisis de varianza se observó que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, factor A e interacciones, se realizó las pruebas de significación correspondientes Tuckey para tratamientos y DMS para el factor A. El CV demuestra que el procedimiento fue conducido de manera satisfactoria.

**Cuadro 17: Prueba de Tuckey al 5% para tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
T1(V1E1)	851.66	a
T5(V3E1)	833.12	a
T2(V1E2)	819.67	a
T6(V3E2)	817.54	a
T4(V2E2)	621.77	b
T3(V1E1)	589.74	c

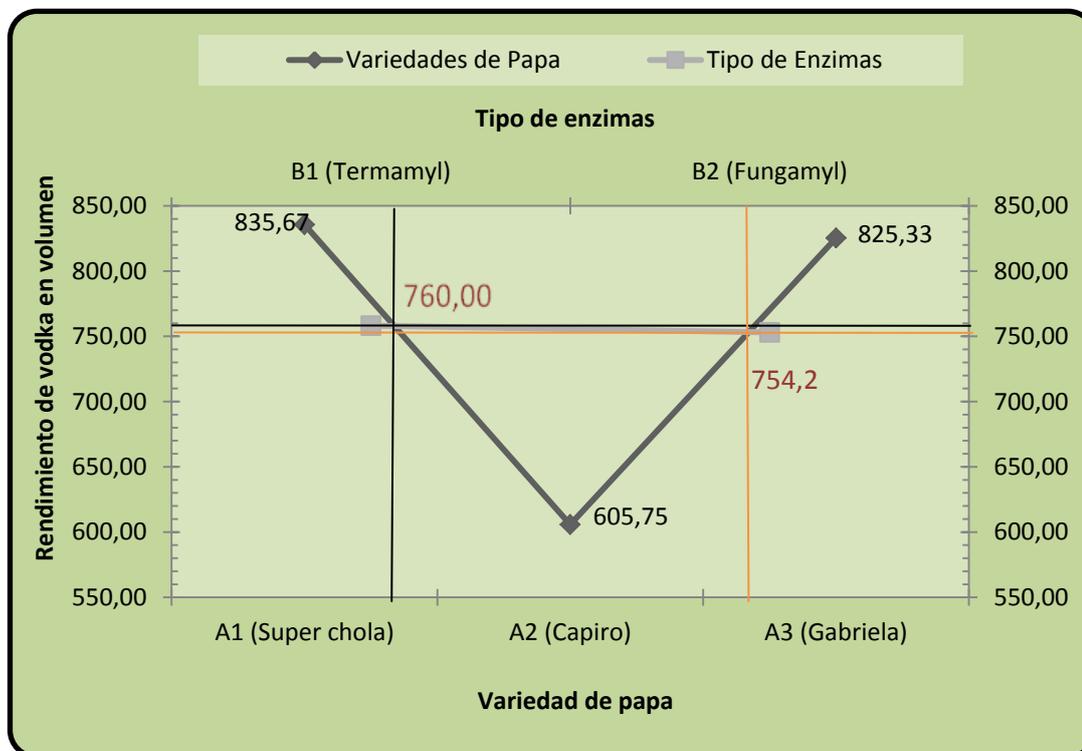
Una vez realizada la prueba de Tuckey para esta variable se obtuvo 3 rangos (a,b,c). En el rango **a** se encuentran los tratamientos 1, 5, 2 y 6. Se estableció que los tratamientos en estudio, se comportaron de diferente manera en el rendimiento de alcohol, de donde se deduce que T 1 (variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L) produce el mayor volumen de vodka.

**Cuadro 18: Prueba DMS al 5% para el Factor A (variedad de papa)**

<b>Variedad</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
super chola	835.67	a
gabriela	825.33	a
capiro	605.75	b

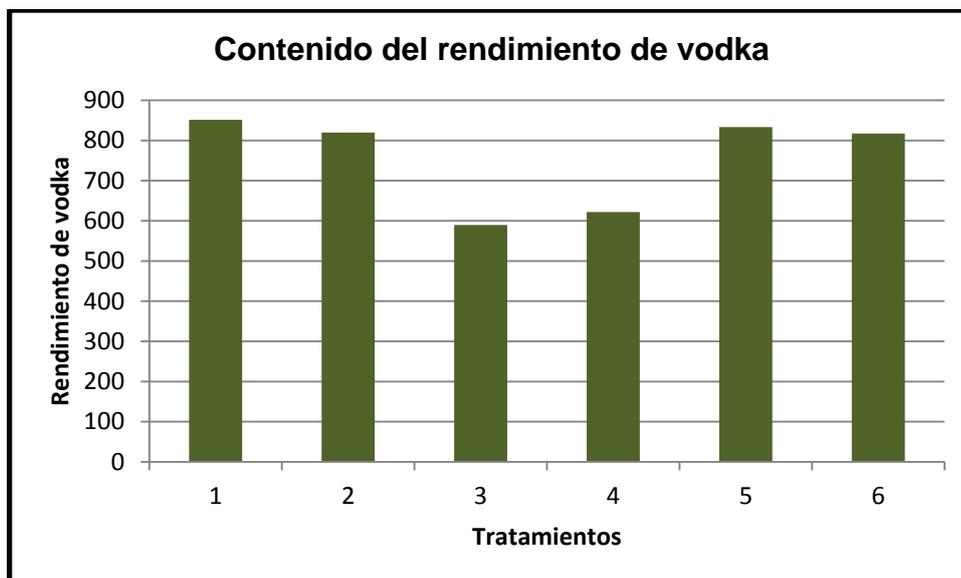
Al realizar la prueba DMS al 5 % para variedades se observó que existe diferencia estadística significativa. Al ser comparados los niveles de este factor se determinó que la variedad super chola es la que presenta mayor rendimiento de vodka con una media de 835.67 ml.

**Gráfico 20: Interacciones entre el Factor A( variedades de papa) y el Factor B (tipos de enzimas)**



En el gráfico 20 se puede observar que existe interacción entre el factor A variedad super chola con el factor B enzima Termamyl en el punto de interacción de sus medias, 760,00 al igual que la variedad gabriela con la enzima Fungamyl 800 L, debido a que las gráficas de sus medias se cruzan en un punto de intersección de 754,2 sin embargo entre la variedad super chola y enzima Termamyl se produce mayor cantidad de vodka.

**Gráfico 21: Comparación de rendimiento de alcohol de los 6 tratamientos**



El gráfico 21 de comparación de rendimiento de vodka de los 6 tratamientos presenta una similitud entre ellos, T 1(variedad super chola +enzima Termamyl 120 Type L) con 851.66 ml, T2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) con 819.67ml, T 5 (variedad gabriela + enzima Termamyl 120 Type L) con 833.12 ml y T 6 (variedad Gabriela + enzima Fungamyl 800 L) con 817.54ml.

### 4.5.3 Análisis de acidez total

Los resultados se detallan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 19: Resultados de acidez total**

Tratamientos	Repeticiones					
	I	II	III	IV	$\Sigma$	Media
T1 (V1E1)	3.8	3.20	4	3.6	14.6	3.65
T2(V1E2)	3.2	3.10	3.4	3.5	13.2	3.3
T3(V2E1)	2.5	2.8	2.8	3.20	11.3	2.83
T4(V2E2)	2.8	3.0	3.2	2.7	11.7	2.93
T5(V3E1)	3.6	3.6	3.8	3.9	14.9	3.73
T6(V3E2)	4.0	3.8	3.10	3.60	14.5	3.63
$\Sigma$	19.9	19.5	20.3	20.5	80.2	<b>3.34</b>

**Cuadro 20: ADEVA de acidez total**

FV	gl	SC	CM	FC	NS	FT	
Total	23	4.42	--				
Trat	5	3.06	0.61	8.13	**	2.77	4.25
Fac. A	2	2.78	1.39	18.53	**	3.55	6.91
Fac. B	1	0.083	0.083	1.10	NS	4.61	8.28
F. AxB	2	3.06	1.53	20.4	**	3.55	6.91
SCExp	18	1.36	0.075				

**CV= 8.19%**

En el análisis de varianza se observó que existe diferencia estadística entre tratamientos, Factor A e interacciones, se realizó las pruebas de significación Tuckey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 21: Prueba de Tuckey al 5% para tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
T3(V2E1)	2.83	a
T4(V2E2)	2.93	b
T2(V1E2)	3.30	c
T6(V3E2)	3.63	d
T1(V1E1)	3.65	d
T5(V3E1)	3.73	d

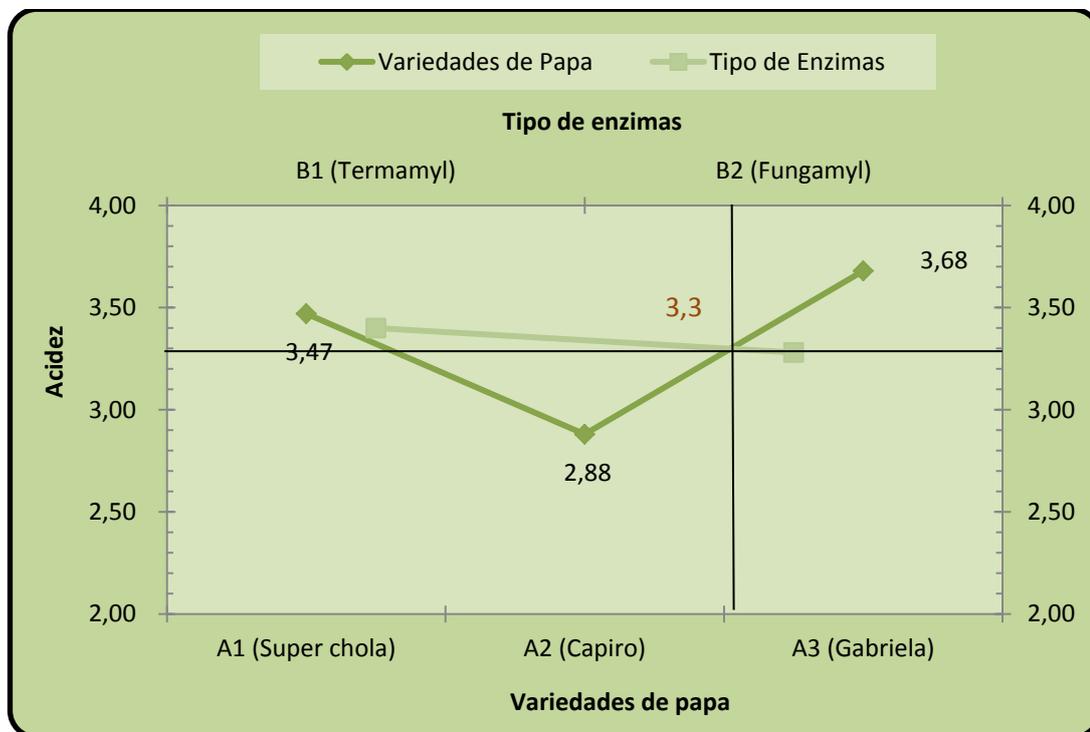
Una vez realizada la prueba de Tuckey para esta variable se obtuvo 4 rangos (a,b,c,d). Se observa que los tratamientos 5, 1 y 6 son similares, pero T3 (variedad capiro + enzima Termamyl 120 Type L) presenta menor producción de ácido acético con una media de 2,83 mg/100 ml de muestra y T5 (variedad gabriela + enzima Termamyl 120 Type L) es el que presenta mayor producción de ácido acético con una media de 3,73 mg/100 ml de muestra.

**Cuadro 22: Prueba DMS al 5% para el Factor A (variedad de papa)**

<b>Variedad</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
capiro	2.88	a
super chola	3.48	b
gabriela	3.68	c

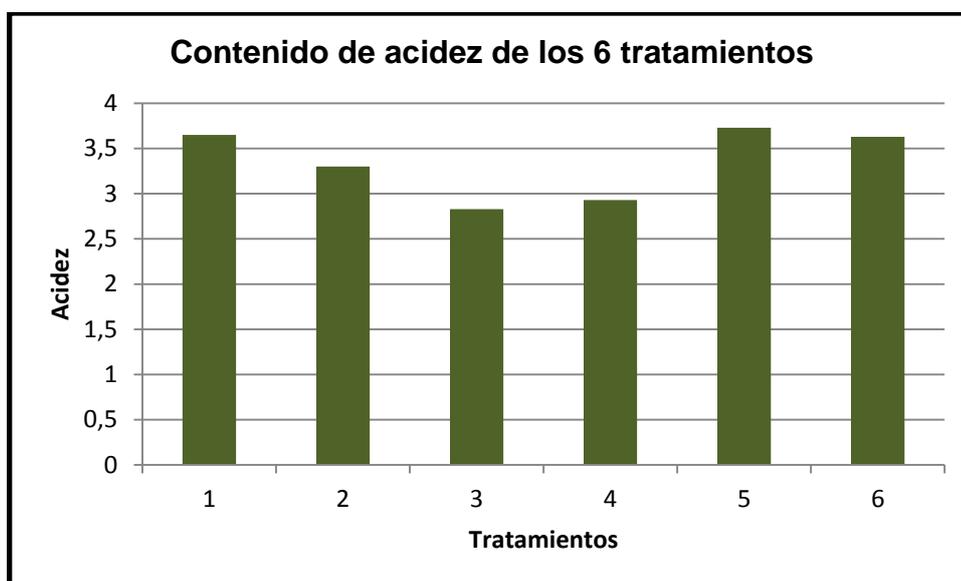
Al realizar la prueba DMS al 5% para variedades se observó que existe diferencia estadística significativa. Al ser comparados los niveles de este factor se determinó que la variedad capiro es la mejor con menor valor de acidez.

**Gráfico 22: Interacciones entre el Factor A( variedades de papa) y el Factor B (tipos de enzimas)**



En el gráfico 22 se puede observar que existe interacción entre el factor A, variedad gabriela con el factor B enzima Fungamyl 800 L debido a que las gráficas de sus medias se cruzan en un punto de intersección de 3,3 es decir que en este punto se produce la mayor cantidad de ácido acético.

**Gráfico 23: Comparación del contenido de acidez de los 6 tratamientos**



El gráfico 23 de comparación de acidez de los 6 tratamientos presenta una similitud entre T 1(variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L) con 3,65 mg/100 ml de muestra, T 5 (variedad gabriela + enzima Termamyl 120 Type L) con 3,73 mg/100ml de muestra y T 6 (variedad gabriela + enzima Fungamyl 800 L) con 3,63 mg/100ml de muestra.

#### 4.6 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS

Para el análisis organoléptico se hizo referencia a las siguientes características: olor, color, sabor y aspecto.

**Cuadro 27: Valoración de la característica de olor**

Degustadores	Tratamientos						
	A	B	C	D	E	F	Σ
1	4	5	5	5	4	4	27
2	5	3	4	3	4	3	22
3	4	5	3	4	5	2	23
4	4	4	4	3	5	4	24
5	5	5	5	5	5	5	30
6	4	4	4	4	4	4	24
7	3	2	4	4	4	4	21
Σ	29	28	29	28	31	26	171
X	4.14	4	4.14	4	4.43	3.71	

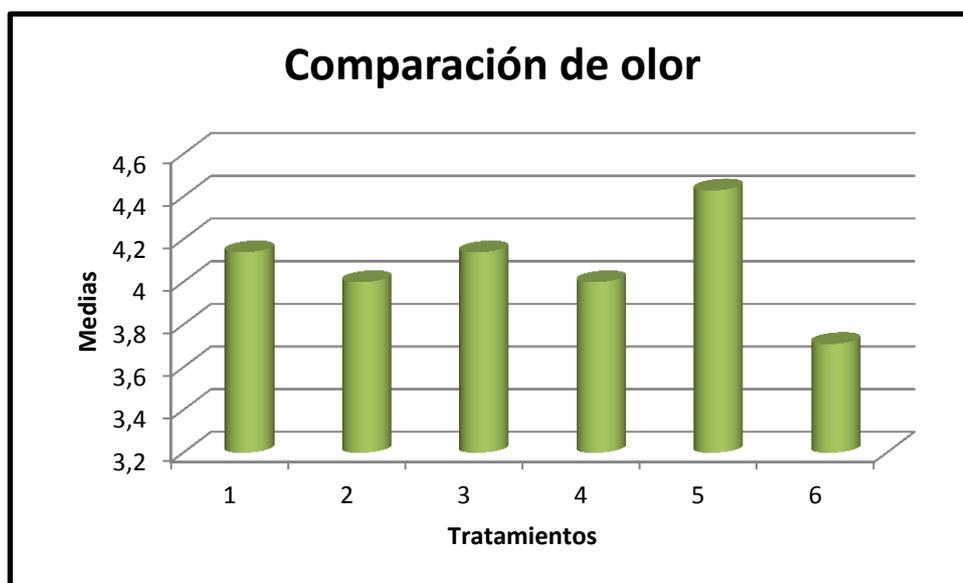
**Cuadro 28: Datos ranqueados de olor**

Degustadores	Tratamientos						
	A	B	C	D	E	F	Σ
1	2	5	5	5	2	2	21
2	6	2	4.5	2	4.5	2	21
3	3.5	5.5	2	3.5	5.5	1	21
4	3.5	3.5	3.5	1	6	3.5	21
5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
7	2	1	4.5	4.5	4.5	4.5	21
Σ	24	24	24.5	23	29.5	20	

$X^2 = 2,12$  NS

Después de realizada la prueba de Freedman para la característica **olor** se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa por tanto las muestras son similares.

**Gráfico 26: Comparación de olor de los 6 tratamientos**



El gráfico 26 presenta que el tratamiento 5 (variedad gabriela + enzima Termamyl 120 Type L) tiene el mejor olor con una puntuación de 4.43 en los demás tratamientos la diferencia entre los valores es mínima.

**Cuadro 25: Valoración de la característica de color**

Degustadores	Tratamientos						
	A	B	C	D	E	F	Σ
1	5	5	5	5	5	5	30
2	5	5	5	5	5	5	30
3	5	5	5	5	5	5	30
4	5	5	5	4	4	4	27
5	5	5	5	5	5	5	30
6	4	4	4	4	4	4	24
7	4	4	4	4	3	3	22
Σ	33	33	33	32	31	31	193
X	4.71	4.71	4.71	4.57	4.43	4.43	

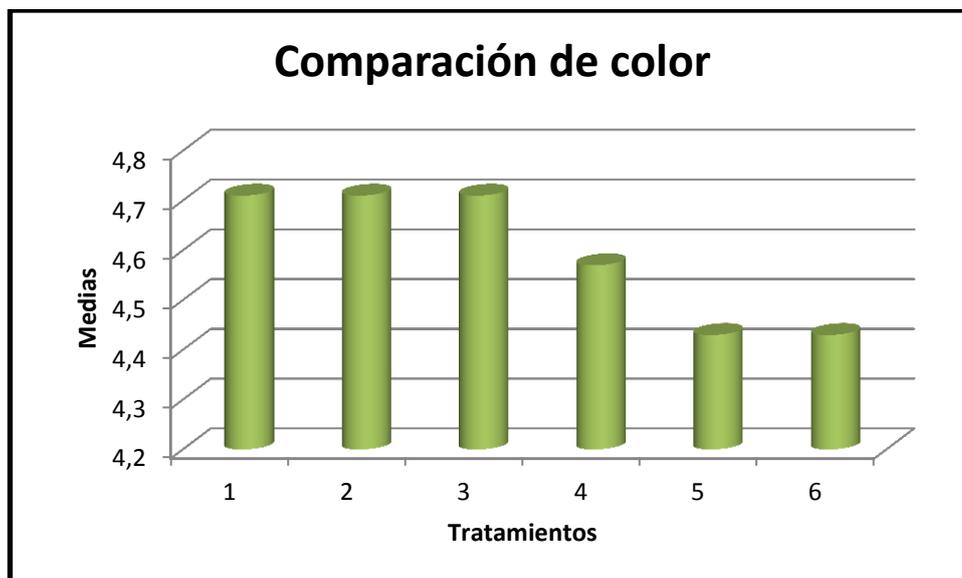
**Cuadro 26: Datos ranqueados de color**

Degustadores	Tratamientos						
	A	B	C	D	E	F	Σ
1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
4	5	5	5	2	2	2	21
5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
7	4.5	4.5	4.5	4.5	1.5	1.5	21
Σ	27	27	27	24	21	21	

$X^2 = 1.78$  NS

Después de realizada la prueba de Freedman para la característica **color** se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa por tanto las muestras son similares.

**Gráfico 25: Comparación de color de los 6 tratamientos**



Como se puede observar en el gráfico 25, los tratamientos T1(variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L), T 2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) y T 3 (variedad capiro + enzima Termamyl 120 Type L), presentan la media más alta 4.71 lo que significa que son iguales.

**Cuadro 29: Valoración de la característica de sabor**

Degustadores	Tratamientos						
	A	B	C	D	E	F	$\Sigma$
1	4	5	4	4	3	5	25
2	4	5	4	5	4	4	26
3	3	5	3	4	3	2	20
4	4	5	5	3	4	5	26
5	5	5	5	5	5	5	30
6	4	4	4	4	4	4	24
7	3	4	4	4	5	4	24
$\Sigma$	27	33	29	29	28	29	175
X	3.9	4.7	4.14	4.14	4	4.14	

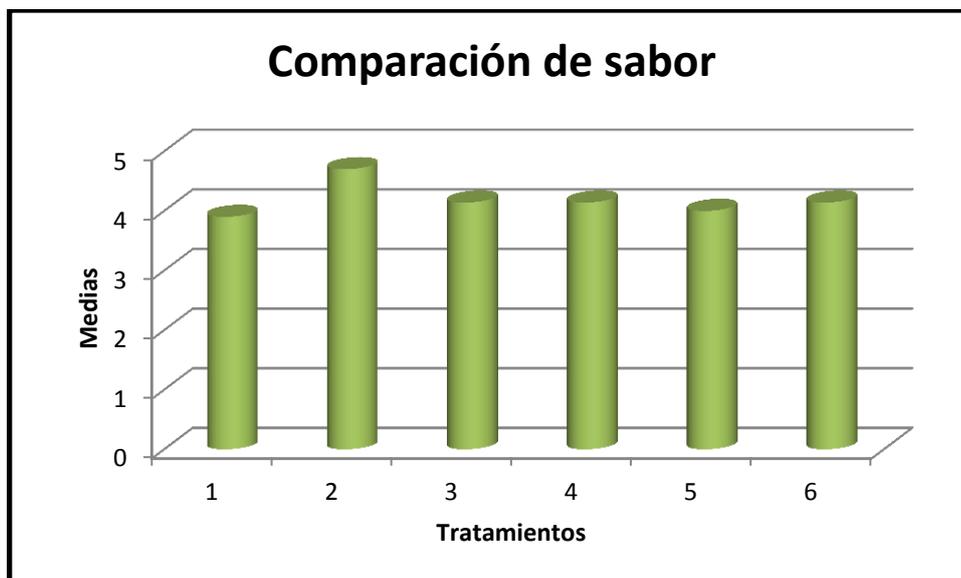
**Cuadro 30: Datos ranqueados de sabor**

Degustadores	Tratamientos						
	A	B	C	D	E	F	$\Sigma$
1	2.5	5	2.5	5	1	5	21
2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
3	3	6	3	5	3	1	21
4	2.5	5	5	1	2.5	5	21
5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
7	1	3.5	3.5	3.5	6	3.5	21
$\Sigma$	19.5	30	24.5	25	23	25	

$X^2 = 2.37$  NS

Después de realizada la prueba de Freedman para la característica **sabor** se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa por tanto las muestras son similares.

**Gráfico 27: Comparación de sabor de los 6 tratamientos**



En el gráfico 27 se deduce que el tratamiento 2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) presenta el mejor sabor con un valor de 4.7 mientras que los otros tratamientos presentan valores similares.

**Cuadro 23: Valoración de la característica de aspecto**

Degustadores	Tratamientos						
	A	B	C	D	E	F	$\Sigma$
<b>1</b>	5	5	5	5	5	5	30
<b>2</b>	5	5	5	5	5	5	30
<b>3</b>	5	5	5	5	5	5	30
<b>4</b>	5	5	5	4	4	4	27
<b>5</b>	5	5	5	5	5	5	30
<b>6</b>	4	4	4	4	4	4	24
<b>7</b>	4	4	4	4	4	4	24
$\Sigma$	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>195</b>
<b>X</b>	<b>4.71</b>	<b>4.71</b>	<b>4.71</b>	<b>4.57</b>	<b>4.57</b>	<b>4.57</b>	

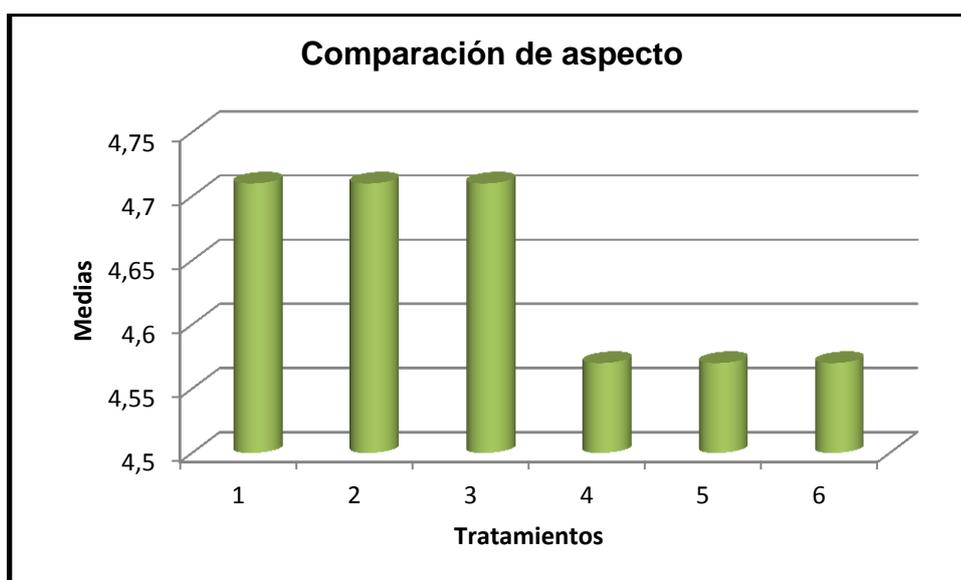
**Cuadro 24: Datos ranqueados de aspecto**

Degustadores	Tratamientos						
	A	B	C	D	E	F	Σ
1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
4	5	5	5	2	2	2	21
5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	21
Σ	26	26	26	23	23	23	

$X^2 = 0.55$  NS

Después de realizada la prueba de Freedman para la característica **aspecto** se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa por tanto las muestras son similares.

**Gráfico 24: Comparación de aspecto**



Como se puede observar en el gráfico 24, los tratamientos 1 (variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L), T2 (variedad super chola + enzima Fungamyl

800 L) y T 3 (variedad capiro + enzima Termamyl 120 Type L), tienen las medias más altas con un valor de 4,71 para los tratamientos mencionados.

#### 4.7 COMPARACIONES CON PRODUCTOS COMERCIALES

Para la realización de este análisis se tomó a los dos mejores tratamientos: T1 (variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L) y T 2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 120 L) y se comparó con los siguientes vodkas comerciales: Vodka Royalty y Vodka Konik.

El panel estuvo conformado por seis degustadores.

**Cuadro 31: Valoración de la característica de aspecto**

Degustadores	Muestras				
	W	X	Y	Z	$\Sigma$
1	5	5	5	5	20
2	5	5	5	5	20
3	5	5	5	5	20
4	5	5	4	3	17
5	5	5	5	5	20
6	1	1	4	4	10
$\Sigma$	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>107</b>
<b>X</b>	<b>4.33</b>	<b>4.33</b>	<b>4.66</b>	<b>4.5</b>	

Las muestras corresponden a:

**W**= Tratamiento 2

**X**= Vodka Royalty

**Y**= Vodka Konik

**Z**= Tratamiento 1

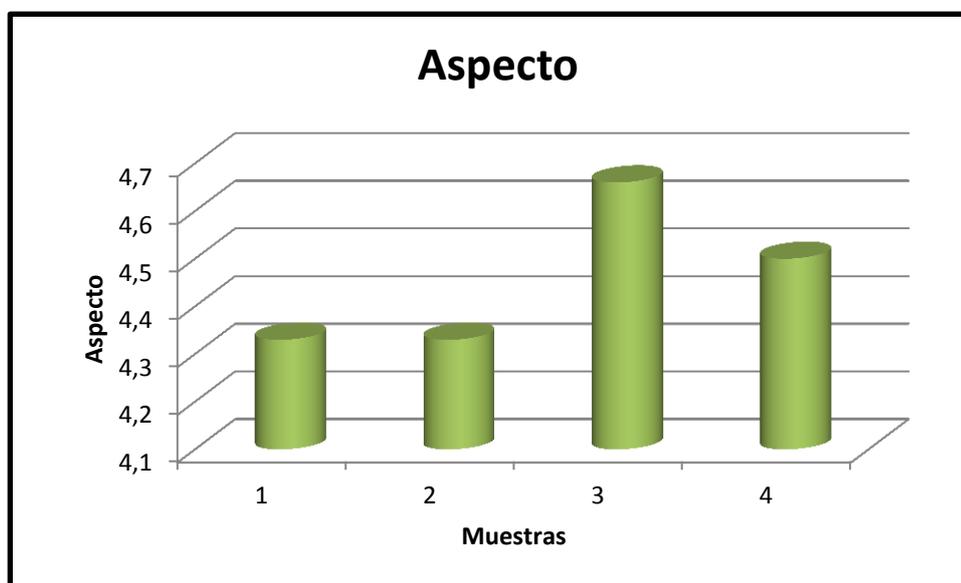
**Cuadro 32: Datos ranqueados de aspecto**

Degustadores	Muestras				
	W	X	Y	Z	$\Sigma$
<b>1</b>	2.5	2.5	2.5	2.5	10
<b>2</b>	2.5	2.5	2.5	2.5	10
<b>3</b>	2.5	2.5	2.5	2.5	10
<b>4</b>	3.5	3.5	2	1	10
<b>5</b>	2.5	2.5	2.5	2.5	10
<b>6</b>	1.5	1.5	3.5	3.5	10
$\Sigma$	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15.5</b>	<b>14.5</b>	<b>60</b>

$X^2 = 0.05$  NS

Después de realizada la prueba de Freedman para la característica **aspecto** se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa por tanto las muestras son similares.

**Gráfico 28: Comparaciones de aspecto**



Como se puede observar en el gráfico la muestra 3 que pertenece a Vodka Konik tiene el mejor aspecto con una media de 4.66 superando a las otras muestras.

**Cuadro 33: Valoración de la característica de color**

Degustadores	Muestras				
	W	X	Y	Z	$\Sigma$
1	5	5	5	5	20
2	5	5	5	5	20
3	5	5	5	5	20
4	5	5	5	5	20
5	5	5	5	5	20
6	5	5	5	5	20
$\Sigma$	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>120</b>
X	5	5	5	5	

**Cuadro 34: Datos ranqueados de color**

Degustadores	Muestras				
	W	X	Y	Z	$\Sigma$
1	2.5	2.5	2.5	2.5	10
2	2.5	2.5	2.5	2.5	10
3	2.5	2.5	2.5	2.5	10
4	2.5	2.5	2.5	2.5	10
5	2.5	2.5	2.5	2.5	10
6	2.5	2.5	2.5	2.5	10
$\Sigma$	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>60</b>

**$X^2= 0$  NS**

Después de realizada la prueba de Freedman para la característica **color** se encontró que no existe diferencia estadística por tanto las muestras son iguales.

**Gráfico 29: Comparaciones de color**



En el presente gráfico 29 se puede apreciar que todas las muestras son de igual valor en cuanto a la característica de color.

**Cuadro 35: Valoración de la característica de olor**

Degustadores	Muestras				
	W	X	Y	Z	$\Sigma$
<b>1</b>	5	4	5	3	17
<b>2</b>	5	5	5	5	20
<b>3</b>	5	4	5	1	15
<b>4</b>	5	4	5	3	17
<b>5</b>	2	3	4	4	13
<b>6</b>	3	4	4	5	16
$\Sigma$	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>98</b>
<b>X</b>	<b>4.17</b>	<b>4</b>	<b>4.67</b>	<b>3.5</b>	

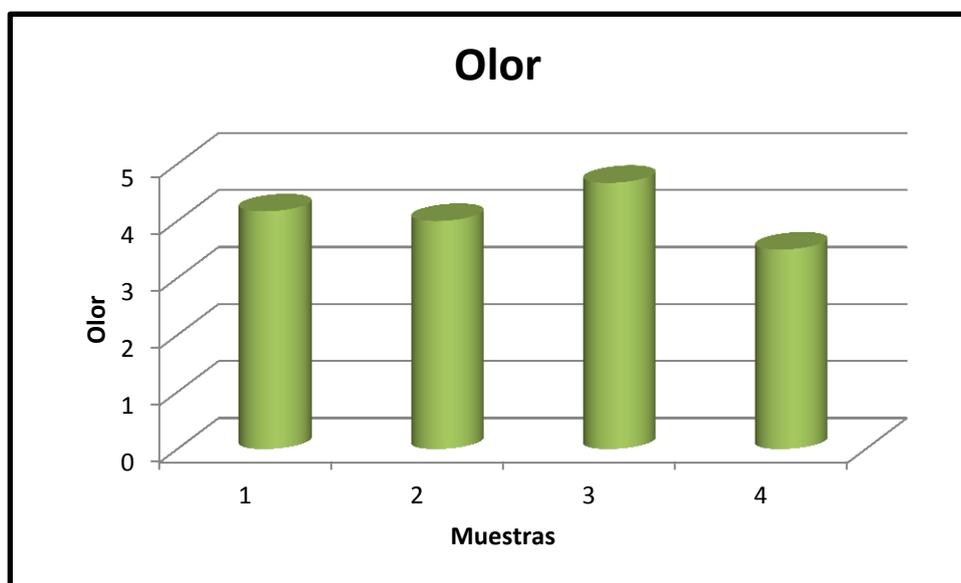
**Cuadro 36: Datos ranqueados de olor**

Degustadores	Muestras				
	W	X	Y	Z	$\Sigma$
1	3.5	2	3.5	1	10
2	2.5	2.5	2.5	2.5	10
3	3.5	2	3.5	1	10
4	3.5	2	3.5	1	10
5	1	2	3.5	3.5	10
6	1.5	3	4	1.5	10
$\Sigma$	15.5	13.5	20.5	10.5	60

$X^2 = 5.3NS$

Después de realizada la prueba de Freedman para la característica **olor** se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa por tanto las muestras son similares.

**Gráfico 30: Comparaciones de olor**



Como presenta el gráfico 30 la muestra 3 (Vodka Konik) tiene el valor más alto con un 4.67 seguido de la muestra 1 (Tratamiento 2) con una media de 4.17 por lo tanto la diferencia es mínima al comparar los valores.

**Cuadro 37: Valoración de la característica de sabor**

Degustadores	Muestras				
	W	X	Y	Z	$\Sigma$
1	4	4	5	4	17
2	3	3	4	2	12
3	3	4	5	1	13
4	5	4	5	4	18
5	4	1	2	4	11
6	4	3	5	1	13
$\Sigma$	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>16</b>	<b>84</b>
<b>X</b>	<b>3.83</b>	<b>3.17</b>	<b>4.33</b>	<b>2.67</b>	

**Cuadro 38: Datos ranqueados de sabor**

Degustadores	Muestras				
	W	X	Y	Z	$\Sigma$
1	2	2	4	2	10
2	2.5	2.5	4	1	10
3	2	3	4	1	10
4	3.5	1.5	3.5	1.5	10
5	3.5	1	2	3.5	10
6	3	2	4	1	10
$\Sigma$	<b>16.5</b>	<b>12</b>	<b>21.5</b>	<b>10</b>	<b>60</b>

$X^2 = 7.85$  NS

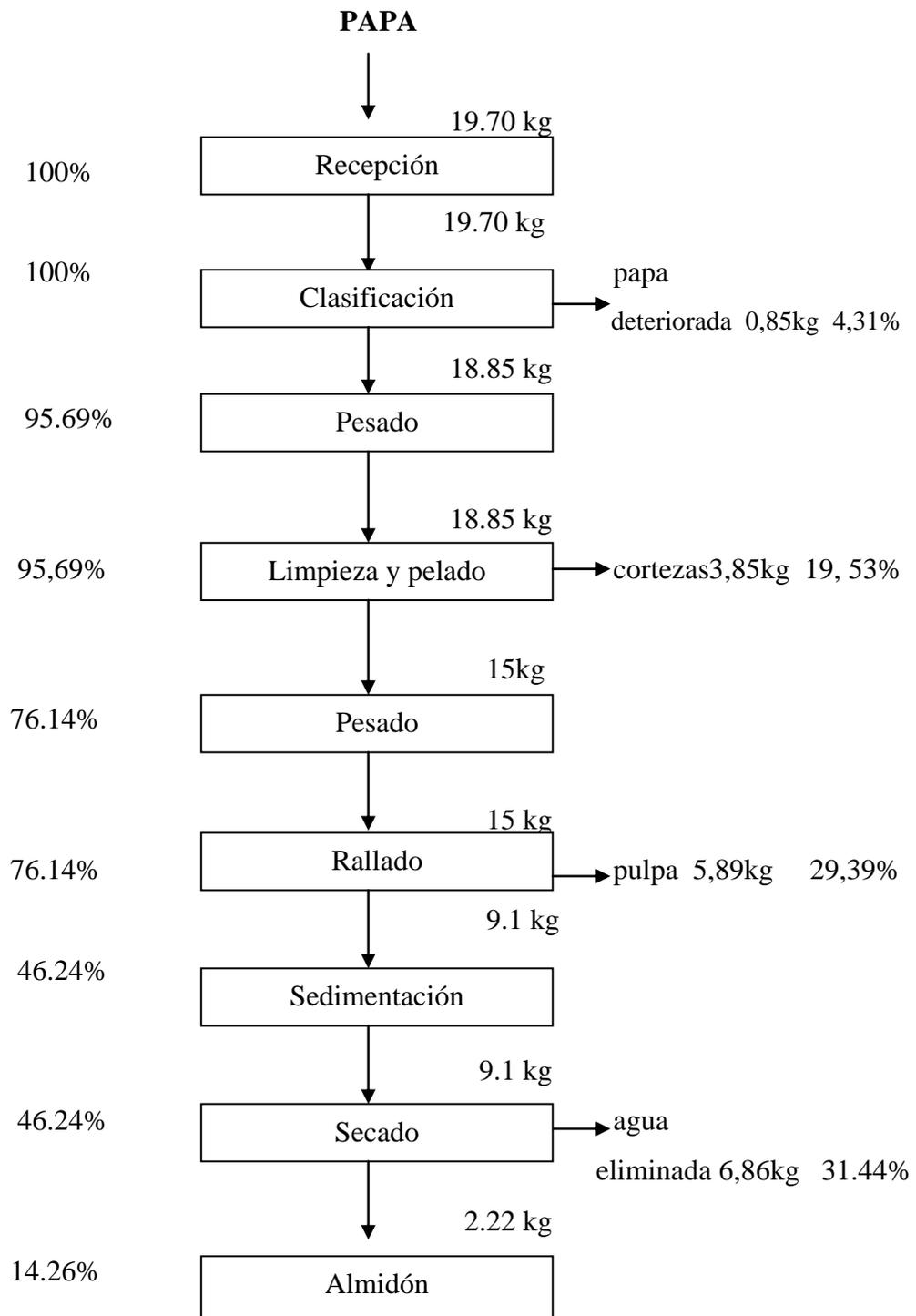
Después de realizada la prueba de Freedman para la característica **sabor** se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa por tanto las muestras son similares.

**Gráfico 31: Comparaciones de sabor**

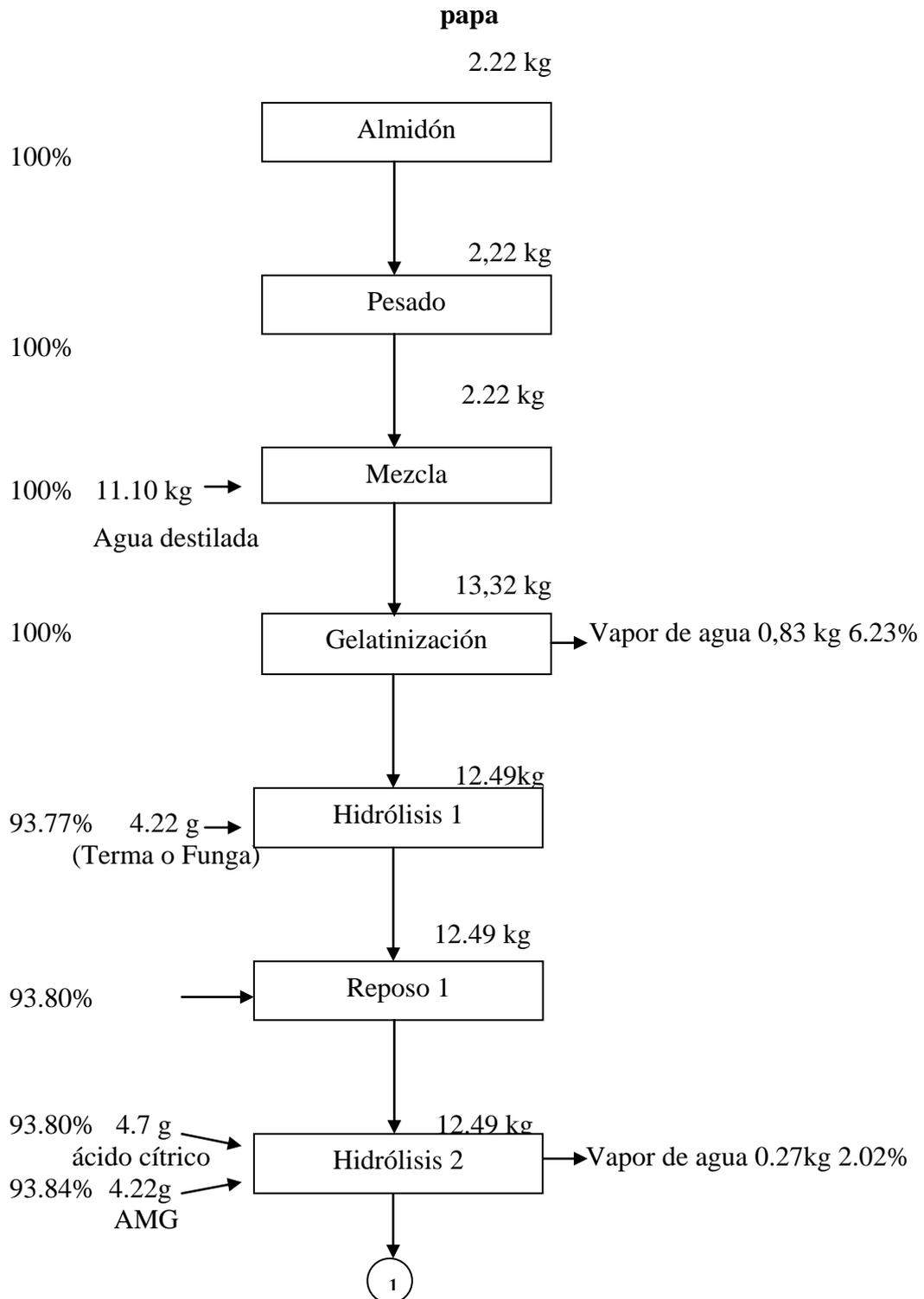


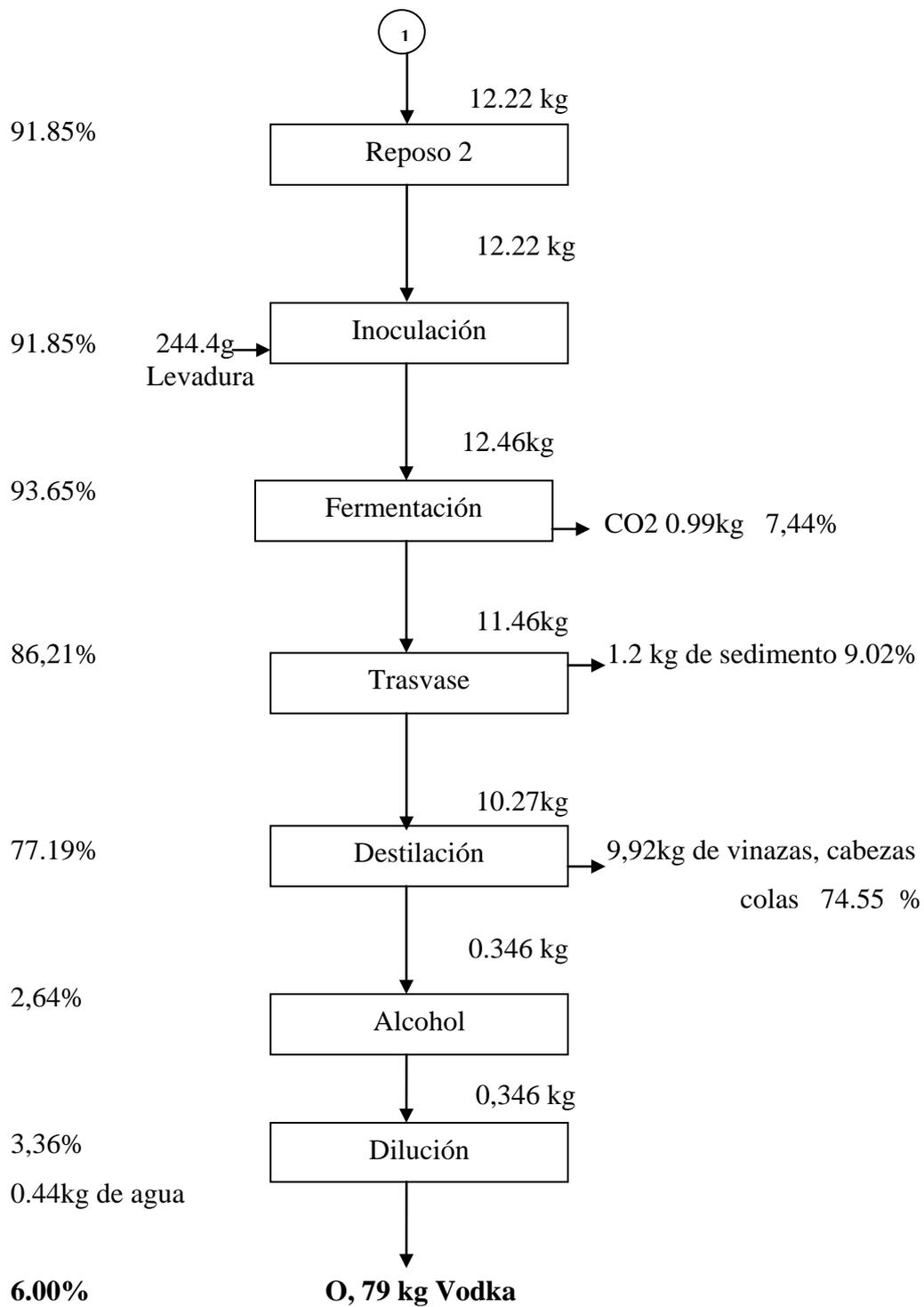
Como se puede observar en el gráfico 31 la muestra 3 (Vodka Konik) presenta un valor alto de 4.33 seguido de la muestra 1 (Tratamiento 2) con un valor de 3.83, el vodka Royalty presenta un valor de 3,17 y por último el tratamiento 1 con un valor de 2,67.

**Diagrama 3: Balance de materiales para la obtención de almidón de papa**



**Diagrama 4: Balance de materiales para la obtención de bebida alcohólica de**





## 4.8 COSTOS DE PRODUCCIÓN

**Cuadro 40: Costos de producción del mejor tratamiento**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Papas</b>	kg	15	0.26	3.9
<b>Enzima Term.</b>	g	4.28	0.016	0.068
<b>Enzima AMG</b>	g	4.28	0.016	0.068
<b>Levadura</b>	g	248	0.006	1.47
<b>Acido cítrico</b>	g	4.7	0.0026	0.012
<b>Agua destilada</b>	l	11.10	0.60	6.7
<b>Botellas</b>		1	0.05	0.05

Costo total: 12.27 USD

Volumen total obtenido: 851.5 ml

Numero de botellas de 750 ml: 1

Precio de cada botella de 750 ml: 10,80 USD

# CAPÍTULO V

## **CAPÍTULO V**

### **5.1 CONCLUSIONES**

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

- 1.** La obtención del almidón de papa permitió establecer que las tres variedades presentan un buen rendimiento, superando la variedad capiro de la que se obtiene el mayor porcentaje de almidón con 16.8 %.
- 2.** Las enzimas Termamyl 120 Type L y Fungamyl 800 L hidrolizan efectivamente las cadenas de almidón obtenido de las tres variedades de papa bajo condiciones de temperatura y pH establecidas por Novo Nordisk.
- 3.** El mayor descenso de pH de los tratamientos en estudio se observó entre el sexto y séptimo día, logrando bajar lentamente hasta el día diez y once manteniendo valores similares hasta el día 14. El T 6(variedad gabriela + enzima Fungamyl 800 L) presentó un descenso rápido en el pH hasta el día 10 del proceso de fermentación llegando a 3,07 y observándose al final un resultado de 3,02 en el día 14.
- 4.** En la variable porcentaje de sólidos disueltos se puede observar que el T3 (variedad capiro + enzima Termamyl 120 Type L) presentó el menor

valor con 3.2% , es decir que en este tratamiento hubo un mayor consumo de azúcares fermentables presentes en el mosto.

5. En lo que respecta a acidez, el T 3 (variedad capiro + enzima Termamyl 120 Type L) presenta un menor contenido de ácido acético con una media de 2,83mg/100ml de muestra esto se debe a que durante el proceso no se produjo fermentación acética.
6. El mayor grado alcohólico se obtuvo en el tratamiento 2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) con un valor de 85.6 °GL
7. Al analizar la presencia de ésteres se determinó que todos los tratamientos tienen valores comprendidos dentro de la norma INEN 342 destacando el T 6 (variedad gabriela + enzima Fungamyl 800 L) que presentó menor cantidad con un valor de 2,43 mg/100 ml de muestra.
8. En lo que respecta a metanol, los tratamientos T 1, T2,T3, T4 no presentan contenido de metanol, mientras que T5 y T6 si contienen metanol pero todos se encuentran dentro de normas permisibles por la norma INEN 347.
9. El T 1 (variedad super chola + enzima Termamyl120 Type L) presenta menor valor de alcoholes superiores con 12,3 mg/100ml de muestra. Los demás tratamientos registran valores entre 17,6 y 13,5 mg/100 ml, es decir todos los tratamientos están comprendidos dentro de la Norma INEN 345.
10. Con respecto al contenido de aldehídos, se determinó que todos los tratamientos presentan valores comprendidos dentro de la norma INEN 343. Siendo el T 2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) el

que presenta menor contenido de acetaldehído con 0,7mg/100 ml de muestra.

**11.** En el análisis de furfural el T 3(variedad capiro + enzima Termamyl 120 Type L), registra un valor de 0,5 mg/100 ml de muestra siendo el menor. Los demas tratamientos registran valores entre 1 y 0,75 mg/100 ml, pero todos estan comprendidos dentro de la Norma INEN 344.

**12.** El T 1(variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L) fue el mejor tratamiento respecto a los resultados obtenidos en el análisis de cromatografía de gases.

**13.** En lo que respecta a rendimiento de vodka mediante el balance de materiales, se concluye que T1 es el mejor con un porcentaje de 6,00%.

**14.** Las pruebas organolépticas se determinarán en dos fases:

- El T1 (variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L) y el T2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) presentaron las mejores características organolépticas.
- De las comparaciones entre los dos mejores tratamientos (T1 y T 2) con productos comerciales (Vodka Konik y Vodka Royalty) se concluye que el producto que corresponde al T2 (variedad super chola + enzima Fungamyl) realizado en la presente investigación tiene muy buena aceptación por los diferentes catadores despues de la marca comercial Vodka Konik y superando a la marca comercial Royalty.

**15.** En la determinación de los costos de producción el precio de una botella de 750 ml tuvo un valor de 10.85 dólares, que en el mercado representa un costo adecuado comparando con el costo de los Vodkas comerciales Vodka Royalty 12.81 dólares y Vodka Konik 7.50 dólares.

**16.** Se concluye que el mejor tratamiento de esta investigación es el tratamiento 1(variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L) que presento las siguientes características:

% de sólidos solubles	3.55
pH	3.04
Acidez	3.65
°GL	82.87
Rendimiento de Vodka en ml	851.66
Esteres (mg/100ml)	3.05
Furfural (mg/100ml)	1
Aldehídos(mg/100ml)	0.4
Alcoholes Superiores(mg/100ml)	12.3
Metanol(mg/100ml)	0

**17. Se acepta la hipótesis alternativa que dice:**

Es posible obtener una bebida alcohólica destilada a partir de las variedades de papa (super chola, capiro, y gabriela) mediante hidrólisis enzimática utilizando las enzimas TERMAMYL 120 L, Type L y FUNGAMYL 800 L.

# CAPÍTULO VI

## **CAPÍTULO VI**

### **RECOMENDACIONES**

- Esta investigación recomienda realizar la producción de vodka en temporadas en donde exista sobreproducción de papa.
- Se recomienda investigar otros métodos de obtención de vodka para mejorar el rendimiento de alcohol, por ejemplo la utilización de otro tipo de hidrólisis de almidón (hidrólisis ácida).
- Para la mezcla de agua y almidón se recomienda utilizar agua potable para bajar los costos de producción.
- Realizar estudios de industrialización de los subproductos cabezas, colas, vinazas, pulpa, obtenidos del proceso de la elaboración de la bebida, ya que estos significan un alto % dentro del proceso (T1 74.55%) se sugiere por ejemplo utilizar las vinazas de papa como alimento para ganado ya que contiene proteína, hidratos de carbono y sales minerales.

# CAPÍTULO VII

## CAPÍTULO VII

### RESUMEN

La presente investigación tuvo la finalidad de “Elaborar de una bebida alcohólica destilada (Vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas”.

La fase de fermentación se llevo a cabo en la Parroquia el Sagrario, la destilación y análisis físico-químicos se realizaron en la Industria Licorera y Embotelladora del Norte SA , ILENSA, en la Ciudad de Ibarra.

Se estudiaron como factores:

Factor A: Variedades de papa (super chola, capiro, gabriela)

Factor B: Tipos de enzima ( Termamyl 120 Type L y Fungamyl 800 L)

Se evaluó mediante las variables cualitativas: prueba de yodo y pruebas organolépticas y variables cuantitativas: rendimiento de almidón, porcentaje de sólidos disueltos, pH, grado alcohólico, acidez total, esterres, aldehídos, alcoholes superiores, metanol, rendimiento de vodka.

Para el análisis estadístico se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial AxB este diseño se aplicó a las variables: acidez total, rendimiento de vodka y grado alcohólico del cuerpo del destilado. Se utilizó pruebas de Tuckey para tratamientos y DMS para factores.

Se obtuvo los siguientes resultados: En pH el mejor tratamiento fue el T6 (variedad gabriela + enzima Termamyl 120 Type L) con un valor de 3,02. En el % de sólidos disueltos T3 (variedad capiro + Enzima termamyl 120 Type L)

presentó un mayor consumo de azúcares, con un valor de 3.2%. En la acidez T3(variedad capiro + enzima Termamyl 120 Type L) presentó el menor valor 2,83 mg/100ml de muestra. En la variable grado alcohólico T2 (variedad super chola + enzima Fungamyl 800 L) fue el mejor tratamiento con 85,6°GL. Para la variable rendimiento de Vodka se realizó el balance de materiales dando como resultado que T 1 presentó el mayor porcentaje con un valor de 6,00%

Ademas se evaluó el rendimiento de almidón de las 3 variedades de papa, demostrando que la variedad capiro tiene el mayor porcentaje de almidón con 16,8%.

Para determinar la calidad química de el vodka se realizó un análisis mediante cromatografía de gases donde se analizó: esterés, aldehídos, metanol, alcoholes superiores, furfural, determinando que el mejor tratamiento es el T 1 (variedad super chola + enzima Termamyl 120 Type L).

# CAPÍTULO VIII

## **CAPÍTULO VIII**

### **SUMARY**

One of the agricultural problems in the northern area of Ecuador is the lack of stability in potato production what brings times with a large supply and a decrease of the price of the product and times with low supply and an increase in the prices so that this research work puts into consideration the “Elaboration of a distilled alcoholic beverage (Vodka) based on three varieties of potatoes (*Solanum tuberosum*) using two kinds of enzymes.

The fermentation stage was carried out in El Sagrario Parish, the distillation and the physical-chemical analysis were performed in Industria Licorera y Embotelladora del Norte SA, ILENSA, in Ibarra City.

These factors were studied:

Factor A: Potato varieties (Super chola, Capiro, Gabriela)

Factor B: Kinds of enzymes (Termamyl 120 Type L and Fungamyl 800 L)

The evaluation was carried out by means of the qualitative variables: Iodine test and organoleptic tests and among the quantitative variables: starch yield, percentage of dissolved solids, pH, alcohol degree, total acidity, esters, aldehydes, superior alcohols, methanol, Vodka yield.

A completely at random design was used for the statistic analysis with the factorial arrangement AxB. This design was applied to the variables: total acidity, Vodka yield and alcohol degree in the body of the distillate. Tuckey tests were used for the treatments and DMS for factors.

The following results were obtained: in pH, the best treatment was T6 (variety Gabriela + enzyme Termamyl 120 Type L) with a value of 3,02. The variable percentage of dissolved solids allowed us to know that the treatment presented a higher consumption of sugars, with T3 (variety Capiro + Enzyme Termamyl 120 Type L) with a value of 3.2%. Acidity determined that T 3 (Variety Capira +

enzyme Termamyl 120 Type L) presented the lowest value of 2,83 mg/100ml of the sample. In the variety alcohol degree of the distillate body it was determined that the best treatment was T2 (variety Super Chola + enzyme Fungamyl 800 L) with a value of 85,6° GL. For the variable Vodka yield the balance of materials was carried out with the result that T1 showed the best percentage with a value of 6,00%.

During the research, the starch yield of the potato varieties was also evaluated showing that the variety Capiro has the highest starch percentage with 16,8%.

To determine the chemical quality of the Vodka, an analysis through chromatography of gases was carried out. We analyzed: Esters, aldehydes, methanol, superior alcohols, furfural, determining that the best treatment is T1 (Variety Super Chola + Enzyme Termamyl 120 Type L).

# CAPÍTULO IX

## **CAPÍTULO IX**

### **BIBLIOGRAFÍA**

- ANDRADE H (1997); Requerimientos cualitativos para la Industrialización de la Papa, INIAP.
- BRAVERMAN J.(1980); Introducción de la Bioquímica de los Alimentos; Editorial El Manual Moderno; México D.F.
- DE LA ROSA TULLIO (1998); Tecnología de los Vinos Blancos; Ediciones Mundi-Prensa; Barcelona-España.
- FLANCY C (2000); Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos; Ediciones Mundi-Presa; Madrid-España.
- GONZALES S. (1978); Microbiología de las bebidas; Pueblos y Educación Ediciones; La Habana Cuba.
- IBARZA. A, BARBOZA G, GARZA S, GIMENO V (2000); Métodos Experimentales en la Ingeniería Alimentaria; Editorial ACRIBIA S.A. ZARAGOSA España.
- INIAP (2006); La magia de la papa nativa; Edición Abya-yala; Quito-Ecuador.
- Novo Nordisk: Casa comercial (2007); Ficha técnica AMG 300 L Quito-Ecuador.
- Novo Nordisk: Casa comercial (2007); Ficha técnica FUNGAMYL 800 L Quito-Ecuador.
- Novo Nordisk: Casa comercial (2007); Ficha técnica TERMAMYL 120 L TYPE L Quito-Ecuador.
- RODRIGUEZ F, CAÑIZARES P (2002); Ingeniería de la Industria Alimentaria Volumen II Operaciones de procesado de alimentos; Editorial Síntesis S.A. España.

- VACLAVIK A. (2002); Fundamentos de Ciencias de los Alimentos; Editorial ACRIBIA, S.A. ZARAGOSA España.
- VELASTEGUI R. (1992); El Cultivo de la papa en el Ecuador
- ULHMAN (1985): Enciclopedia Técnica Química Tomo IV , UTEHA
- Williams A.E. Potato Alcohol, June 1996, VIII-6 Synthetics and By-Products.
- OCON J: Elementos de Ingeniería Química Ed Aguilar
- PALACIOS H: Fabricación de alcohol Salvant Editores
- GRANJA M (1992): Análisis Técnico de la construcción de un Equipo de Rectificación Industrial Continuo de Alcohol (Universidad Central del Ecuador).
- CEVALLOS J(1979): Obtención de Alcohol Etílico (Escuela Politécnica Nacional)
- [www.redepapa.org](http://www.redepapa.org) (Consulta 2007, Septiembre 12).
- [www.biologia.edu.ar/metabolismo/enzimas.htm](http://www.biologia.edu.ar/metabolismo/enzimas.htm) (Consulta 2007, Septiembre 15)
- [www.monografias.com/trabajos12/enzim/enzim.shtml](http://www.monografias.com/trabajos12/enzim/enzim.shtml) (Consulta 2007, Octubre 2).
- [www.lavina.com.mx/vodka/indexvodk.html](http://www.lavina.com.mx/vodka/indexvodk.html) (Consulta 2007, Octubre 2).
- [www.zonadiet.com/bebidas/destilacion.htm](http://www.zonadiet.com/bebidas/destilacion.htm) (Octubre 10)

# CAPÍTULO X

# ANEXOS

## ANEXO 1

### Cálculo de rendimiento de almidón

- **Variedad super chola**

$$R = \frac{2.22 \text{ Kg}}{15 \text{ Kg}} \times 100 = 14.26\%$$

Donde:

$$Pf = 2.22 \text{ Kg}$$

$$Pi = 15 \text{ Kg}$$

$$R = 14.26 \%$$

- **Variedad capiro**

$$R = \frac{2.52 \text{ Kg}}{15 \text{ Kg}} \times 100 = 16.8 \%$$

Donde:

$$Pf = 2.52 \text{ Kg}$$

$$Pi = 15 \text{ Kg}$$

$$R = 16.8 \%$$

- **Variedad gabriela**

$$R = \frac{1.78 \text{ Kg}}{15 \text{ Kg}} \times 100 = 11.87\%$$

Donde:

$$Pf = 1.78 \text{ Kg}$$

$$Pi = 15 \text{ Kg}$$

$$R = 11.87 \text{ Kg}$$

## ANEXO 2

## **Porcentaje de humedad del almidón**

### ANEXO 3

#### Resultados generales del % de sólidos solubles

T1	T 2	T3	T4	T5	T6
13	12,72	12,38	12,4	11,67	11,67
12	11,86	11,45	11,48	10,91	10,85
10,8	10,65	10,5	10,56	10,15	10
10,3	10	9,58	9,97	9,5	9,19
9,27	9,18	8,78	8,94	8,74	8,57
8,46	8,36	7,94	7,93	8,15	7,83
7,67	7,48	7,19	7,07	7,19	6,96
6,91	6,68	6,27	6,17	6,13	6,42
6,18	5,95	5,35	5,46	5,69	5,4
5,31	4,93	4,64	4,64	5	4,56
4,7	4,05	3,82	4,05	4,09	3,6
3,61	4	3,21	3,74	4,02	3,51
3,55	3,95	3,2	3,72	4	3,48
3,55	3,93	3,2	3,72	3,93	3,45

#### ANEXO 4

##### Resultados generales de la variación de pH

<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
4,48	4,48	4,49	4,48	4,49	4,49
4,29	4,28	4,3	4,34	4,17	4,17
4,05	4,08	4,02	4,03	4,01	3,98
3,84	3,85	3,67	3,83	3,8	3,77
3,74	3,75	3,51	3,73	3,68	3,58
3,7	3,67	3,45	3,67	3,52	3,46
3,68	3,55	3,38	3,49	3,35	3,29
3,52	3,47	3,34	3,43	3,36	3,21
3,36	3,28	3,22	3,27	3,16	3,15
3,18	3,17	3,1	3,15	3,08	3,07
3,09	3,09	3,07	3,09	3,05	3,04
3,04	3,05	3,05	3,08	3,05	3,03
3,04	3,05	3,04	3,06	3,04	3,02
3,04	3,04	3,04	3,06	3,04	3,02

## **ANEXO 5**

### **Resultados de cromatografía de gases**

## ANEXO 6

### INSTRUCCIONES PARA EVALUACIÓN SENSORIAL VODKA

Nombre:

Fecha:

#### INSTRUCCIONES

- Solicitamos su colaboración para realizar el siguiente análisis organoléptico. La información que usted nos pueda brindar es muy importante.
- Para el siguiente análisis es necesario que usted esté dispuesto y con la mente despejada.
- El catador no debe fumar ni ingerir alimentos o bebidas una hora antes de realizar la operación (excepto agua).
- Las manos del catador deben estar perfectamente limpias y exentas de olores, a fin de evitar confusiones en la operación.
- Para la calificación tomarse el tiempo necesario para analizar detenidamente cada una de las características que se detallan a continuación.

**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).

**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 5 cm<sup>3</sup> no debiendo permanecer la bebida más de 5 segundos en la boca.

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

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

A continuación encontrara 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.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

**EVALUACIÓN SENSORIAL**

**ASPECTO**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>MUESTRAS</b>			
	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Excelente				
Muy bueno				
Bueno				
Regular				
Malo				
<b>Total</b>				

**COLOR**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>MUESTRAS</b>			
	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Excelente				
Muy bueno				
Bueno				
Regular				
Malo				
<b>Total</b>				

**OLOR**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>MUESTRAS</b>			
	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Excelente				
Muy bueno				
Bueno				
Regular				
Malo				
<b>Total</b>				

**SABOR**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>MUESTRAS</b>			
	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Excelente				
Muy bueno				
Bueno				
Regular				
Malo				
<b>Total</b>				

**COMENTARIO**

---

---

---

Gracias por su colaboración

FIRMA DEL CATADOR

**ANEXO 7**

**NORMAS INEN**

