



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería  
Agroindustrial y Comercio Exterior**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO ALCOHÓLICO EN LA  
FERMENTACIÓN DE RESIDUOS FRUTÍCOLAS GENERADOS EN  
EL MERCADO MOSHOQUEQUE DEL DISTRITO JOSE  
LEONARDO ORTIZ, LAMBAYEQUE – 2013”**

**Para Optar el Título Profesional de  
Ingeniero Agroindustrial y Comercio Exterior**

**Autor (a)**

**Díaz Pérez, Jonathan Jefferson.  
Mundaca Vásquez, Annette Karin**

**PIMENTEL – PERÚ  
2016**

## **TESIS**

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO ALCOHÓLICO EN LA  
FERMENTACIÓN DE RESIDUOS FRUTÍCOLAS GENERADOS EN  
EL MERCADO MOSHOQUEQUE DEL DISTRITO JOSE LEONARDO  
ORTIZ, LAMBAYEQUE – 2013”**

---

Bach. Díaz Pérez, Jonathan Jefferson

**AUTOR**

---

Mundaca Vásquez, Annette Karin

**AUTOR**

---

Ms. Adolfo Bustamante Sigueñas

**ASESOR**

**Aprobado por:**

---

Ms. Ing. Mechato Anastasio, Augusto

**PRESIDENTE DEL JURADO**

---

Ing. Símpalo López, Walter Bernardo  
**SECRETARIO DEL JURADO**

---

Ms. Adolfo Bustamante Sigueñas  
**VOCAL DEL JURADO**

**PIMENTEL – PERÚ**

**2016**

## **DEDICATORIA:**

*A mis padres por su apoyo incondicional en nuestra formación académica y personal con valores que enaltecen la personalidad y la empatía en el ámbito social y cultural.*

*Annette Karin Mundaca Vásquez*

*A mis padres por su apoyo incondicional en nuestra formación académica y personal con valores que enaltecen la personalidad y la empatía en el ámbito social y cultural.*

*Jonathan Jefferson Díaz Pérez*

## **AGRADECIMIENTO:**

Agradecer a Dios por ayudarnos a cumplir este sueño hecho realidad, por guiarnos en este caminar de la ciencia e innovación de mi nuestra carrera universitaria.

El agradecimiento especial a cada una de las personas que han contribuido con su apoyo desinteresadamente para la elaboración de la presente investigación.

A la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, juntamente al Director Ms. Augusto Mechato Anastasio, otorgando herramientas para el avance de la tecnología e innovación agroindustrial en la Región de Lambayeque.

A nuestro asesor de tesis, Ms. Adolfo Bustamante Sigueñas por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su paciencia y su motivación hemos logrado poder culminar con nuestro objetivo. A los señores comerciantes del Mercado Mayorista “Moshoqueque” quienes gustosa y desinteresadamente colaboraron en esta investigación.

## RESUMEN

En la actualidad, ante la creciente tendencia que muestran los precios del petróleo, y los temores que genera el calentamiento global, se está buscando sustitutos que, a la vez de reducir la dependencia respecto del petróleo, permitan proveer una Energía más limpia, desarrollado para ello posibles soluciones en cuanto al rendimiento alcohólico sobre biomasa de residuos frutícolas, debido a que si el petróleo es un combustible que se está agotando sus reservas, los residuos frutícolas son insumos que siempre estarán disponibles, de bajo costo, no compiten con la producción de alimentos, además de contribuir en la disminución de daños causados al medio ambiente, con excelente potencial para la producción de alcohol, estimando que si manejamos variables con rangos de pH (4.5 - 5.5) y °Brix (18 - 24) se podrá obtener rendimientos mayores a 0.005 Lts de alcohol/Kg., de biomasa, logrando así cuantificado resultados.

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó un diseño experimental, empleando como materia prima residuos frutícolas (chirimoya, granadilla papaya, plátano) generados en el mercado Moshoqueque- Lambayeque, utilizando una muestra de 28 Kg, a la cual se tuvo que efectuar un pre-tratamiento denominado hidrólisis ácida, a fin de maximizar la producción de alcohol en la etapa de Fermentación y aumentar el rendimiento, registrando dichos resultados en el programa estadístico STAT GRAFIC v. 5.1., mediante un diseño factorial multi nivel aleatorizado, del cual se obtuvo que el mayor rendimiento registró (0.01896 Lts/ Kg. ) con pH de 5.5 y 24 °Brix.

**Palabras clave:** *Hidrólisis, fermentación, destilación, alcohol*

## ABSTRAC

Nowadays, there's a growing tendency that shows the fear of how the global warming can affect the price of oil. Substitutes for oil that are less dependant and provide clear energy are needed, therefore possible solutions have been developed as for the alcoholic performance on fruit waste biomass due to the fact we are running out of oil this kind of waste are always available, cheap and don't rival the food production, they also contribute to diminish the damage to the environment with an excellent pontential in alcohol production, stimating to get up to 0.005 lts or more of alcohol/kg. Of biomass if ranges of ph (4.5 – 5.5) and °Brix (18 - 24) are used, getting quantified results. For the development of this research an experimental design was used, employings fruit waste (cherimoya, passion fruit, papaya, banana) generated in the Moshoqueque market in Lambayeque, using a sample of 28 Kg, which had to receive a pre-treatment known as acid hydrolysis in order to maximize the production of alcohol in the fermentation step and increase performance, recording the results in the STAT GRAPH v statistical program. 5.1., Through a multi-level randomized factorial design, from which it was obtained that the highest performance registered (0.01896 l / kg) with pH 5.5 and 24 ° Brix.

**Keywords:** *hydrolysis, fermentation, distillation, alcohol*

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1. Situación problemática .....	3
1.2. Formulación del Problema.....	6
1.3. Delimitación de la Investigación .....	6
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación.....	6
1.5. Limitaciones de la Investigación .....	8
1.6. Objetivos de la investigación .....	9
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1 Antecedentes de Estudios: .....	10
2.2.Estado de Arte .....	14
2.3. Base Teórica científicas.....	19
2.3.1 Fuentes para la obtención del etanol.....	19
2.3.2 Residuos de frutas como fuente de etanol .....	20
2.3.3 Chirimoya .....	24
2.3.4 Granadilla .....	26
2.3.5 Papaya .....	29
2.3.6 Platano .....	32
2.3.7 Contaminación .....	34
2.3.8 Residuos .....	35
2.3.9 Fermentación .....	40

<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>71</b>
3.1 Tipo y diseño de Investigación .....	71
3.2. Población y Muestra .....	71
3.3. Hipótesis.....	72
3.4. Variables.....	72
3.5. Operacionalización .....	73
3.6. Métodos,técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	74
3.7. Procedimiento para la recolección de datos .....	75
3.8. Descripción de los instrumentos utilizados .....	79
3.9. Análisis Estadístico e Interpretación de los datos.....	81
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>86</b>
4.1. Resultados en tablas y figuras.....	86
4.2. Discusión de resultados.....	101
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>103</b>
5.1. Conclusiones .....	103
5.2. Recomendaciones .....	105
<b>REFERENCIAS: .....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>113</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Composición química chirimoya.....	26
Tabla 1.2. Composición química granadilla.....	28
Tabla 1.3. Composición química papaya.....	31
Tabla 1.4. Composición química plátano .....	33
Tabla 3.1. Equipos e instrumentos.....	79
Tabla 3.2. Descripción de los reactivos.....	83

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Operacionalización.....	73
Cuadro 4.1. Acondicionamiento de materia prima .....	86
Cuadro 4.2. Trituración .....	86
Cuadro 4.3. Hidrólisis.....	87
Cuadro 4.4. Dilución .....	88
Cuadro 4.5. Tratamiento térmico .....	89
Cuadro 4.6. Estandarización .....	90
Cuadro 4.7. Fermentación .....	91
Cuadro 4.8. Destilación .....	92
Cuadro 4.9. Modelo de regresión múltiple .....	94
Cuadro 4.10 Modelo de regresión lineal múltiple.....	94
Cuadro 4.11 Análisis de la varianza para grado alcohólico.....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.Diagrama de bloques Pre tratamiento de Biomasa .....	75
Figura 1.2.Aplicación del Modelo Experimental .....	77
Figura 4.1.Gráfico de componentes.....	96
Figura 4.2.Gráfico de representación por código de nivel .....	98
Figura 4.3.Gráfico de intersecciones de la desviación.....	99
Figura 4.4.Gráfico de interacciones y 95 % de Fisher LSD .....	99
Figura 4.5.Gráfico de interacciones .....	100

## INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Chiclayo enfrenta grandes problemas debido a la gestión inadecuada de su manejo, desaprovechando el gran potencial energético; según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – proyecto geo Ciudades (2010) indica cifras claras que sólo se recoge el 72,3% de los residuos generados en Chiclayo urbano, el restante 27,7% (127 ton/día) es arrojado por la población en puntos críticos de la ciudad; en el mercado mayorista Moshoqueque del Distrito de José Leonardo Ortiz –Chiclayo, se produce aproximadamente 6 toneladas diarias de residuos frutícolas, significando que lo recogido inicialmente es arrojado en un botadero a cielo abierto ubicado en las pampas de Reque a 22 km al sur de Chiclayo. Este lugar tiene una antigüedad de más de 35 años , con una extensión de aproximadamente entre 149,13 ha, en las que se estima se han acumulado 1.048.180 m<sup>3</sup> de residuos sólidos

La Biomasa produce energía asociada a los residuos orgánicos, generados a partir de la transformación de productos agrícolas, forestales y a los residuos sólidos urbanos, de donde se puede aprovechar su energía interna. La energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica la podemos recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles como: combustibles sólidos (carbón vegetal), líquidos (alcohol y otros) y gaseosos (biogás). (Bio energías limpias Perú S.A.C.,

2010), conllevando esto a la interrogante referida a la investigación efectuada sobre cuál es el rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito de José Leonardo Ortiz.

Al respecto se planteó una posible hipótesis que empleando un rango de pH 3.5 a 5.5 y 18 a 24 °Brix en la fermentación los residuos frutícolas del Mercado Moshoqueque permitió obtener 0.005 Lts de alcohol/ Kg., de biomasa, habiendo de esa manera evaluado el rendimiento alcohólico en la fermentación de dichos residuos.

Dicha investigación se basó el aprovechamiento de los residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del Distrito de José Leonardo Ortiz.-Lambayeque, que al pasar por las etapas de recolección, fermentación y destilación de materia prima se obtuvo como producto final alcohol, el cual se puede utilizar responsablemente, toda vez que contribuye a largo plazo a mitigar la contaminación ambiental como lo refiere Ambientum indicando que en comparación con el petróleo, el etanol reduce entre el 75 y el 143 % de las emisiones de gas con efecto invernadero. (Ambientum, 2012)

## **CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Situación Problemática**

La energía renovable más antigua del mundo, se considera a la producida por la Biomasa, su uso intensivo data desde principios de la historia de la humanidad hasta mediados del siglo pasado donde disminuye su uso con la llegada de los combustibles fósiles, y con ello la complejidad de los precios del combustible y la contaminación medio ambiental.

El uso de combustibles fósiles enfrenta su agotamiento progresivo, al mismo tiempo el uso indiscriminado genera enormes cantidades de gases contaminantes que son liberados a la atmosfera, convirtiéndose en una de las problemáticas que más preocupa. La búsqueda del uso de energías alternativas que propongan una opción a los problemas de escases de combustible y la contaminación producida por estos no lleva a tomar muy en cuenta el uso de las energías limpias como la energía eólica, solar, mareomotriz, geotérmica además de la energía proveniente de la biomasa.

La Biomasa produce energía vinculante a los residuos orgánicos, producidos a partir del procesamiento de productos agrícolas,

forestales y a los residuos sólidos urbanos de donde se puede maximizar su energía. La energía solar absorbida y transformada por la vegetación en energía renovable (materia orgánica), se puede recuperar mediante combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles como: combustibles sólidos (carbón vegetal), líquidos (alcohol y otros) y gaseosos (biogás). (Bio energías limpias Perú S.A.C., 2010)

A nivel Mundial la crisis económica, los elevados costos de vida y el encarecimiento de los combustibles son una realidad que se vive día a día. A raíz de esto, un grupo de investigadores de la Universidad Politécnica de Cartagena (Murcia, España) decidió aprovechar la corteza de cítricos para crear bioetanol, logrando perfeccionar los rendimientos en la conversión de cortezas de cítricos como naranja, mandarina, limón y pomelo en bioetanol, un biocombustible cuyo rendimiento aumentó en un 50%, disminuyendo un 90% el uso de enzimas. (Portal frutícola, 2013).

En el Perú la fuerte alza de precios del petróleo, aunado a ello los temores de la población que propicia el calentamiento global, se están buscando sustitutos para proveer energía limpia, para evitar de esta manera la dependencia del “oro negro”, significando que varios de los productos sustitutos ya están en la fase de producción y comercialización. (Comisión económica para América

Latina y el Caribe, 2009), precisa que de doce países latinoamericanos productores de bioetanol, el Perú ocupa la casilla número nueve con, 52 millones de litros, por delante de Argentina, Cuba y Uruguay, destinándose principalmente a la exportación, pues el consumo interno aún no se había iniciado en el año 2009.

En la ciudad de Chiclayo los residuos urbanos enfrentan grandes problemas debido al manejo inadecuado, desaprovechando el gran potencial energético; según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – proyecto geo Ciudades (2010) se pueden ver reflejadas cifras claras como se muestra a continuación: sólo se llega recoger el 72,3% de los residuos generados en Chiclayo como urbano, el restante 27,7% (127 ton/día) es arrojado por la población en puntos críticos de la ciudad. El mercado mayorista de Moshoqueque de José Leonardo Ortiz de Chiclayo se producen aproximadamente 6 toneladas diarias de residuos frutícolas estos así como los demás residuos sólidos generados en la ciudad de Chiclayo son depositados en las pampas de Reque a 22 km al sur de Chiclayo. Este botadero tiene una antigüedad de más de 35 años , con una extensión de aproximadamente entre 149,13 ha, en las que se estima se han acumulado 1.048.180 m<sup>3</sup> de residuos sólidos.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito de José Leonardo Ortiz?

## **1.3. Delimitación de la Investigación**

El proyecto se realizará en el departamento de Lambayeque, utilizando los equipos e instrumentos de laboratorio de Química, laboratorios especializados y Planta Piloto de Procesos Agroindustriales de la Universidad Señor de Sipán.

El periodo para la realización de la investigación fue en los meses de setiembre 2013 a Julio 2014.

## **1.4. Justificación e Importancia de la Investigación**

En el mundo existe un gran potencial para explotar la energía a partir de la biomasa, siempre y cuando no se utilicen tierras destinadas para producir alimentos y no traspasen las fronteras agrícolas (es decir que no se interfiera con la seguridad alimentaria y se aprovechen adecuadamente los residuos agrícolas), lo que permite enfocarse en fuentes de energía renovable que constituiría una solución factible, rentable y medio ambientalmente poco impactante, como lo es la producción de energía en forma de etanol a partir de “biomasa”.

Siendo los residuos orgánicos urbanos insumos siempre disponibles y de bajo costo que no compiten con la producción de alimentos, y a la vez contribuye a largo plazo en la disminución de daños causados al medio ambiente y es excelente para la generación de energía.

(Sánchez, 2009)

La investigación se basa en el aprovechamiento de los desechos frutícolas del mercado Moshoqueque del Distrito de José Leonardo Ortiz - Lambayeque, que al pasar por las etapas de recolección, fermentación y destilación de la materia prima permitirá la obtención de alcohol, contribuyendo a largo plazo a mitigar la contaminación ambiental toda vez que según Ambientum precisa que en comparación con el petróleo, el etanol reduce entre el 75 y el 143 % de las emisiones de gas con efecto invernadero.

(Ambientum, 2012)

Según Bioetanol de Caña de Azúcar, Energía para el Desarrollo Sostenible indica que el petróleo, gas natural y sus derivados representan el 55% del consumo mundial de energía. Siendo dichos combustibles los que proporcionan la existencia de medios de transporte rápido y eficiente en la actualidad, así como también gran parte de las actividades industriales.

Décadas como combustibles fósiles, sus reservas son finitas, la capacidad de abastecimiento es problemática para diversos países, siendo en su mayoría los que importan y el empleo de tales combustibles en la fuente principal de los gases que están

provocando cambios climáticos y el calentamiento global. Por tal motivo es necesario, encontrar sustitutos para los combustibles fósiles, debiendo producirlos en base a materia orgánica renovable (biomasa), a partir de la cual en un pasado distante, la naturaleza produjo los combustibles fósiles que actualmente usamos. Una de las alternativas con gran potencial es el etanol, un excelente sustituto para la gasolina, combustible usado en automóviles para el transporte en el mundo.

Asimismo con la presente investigación se aportará una alternativa de solución, para poder maximizar el aprovechamiento de la materia prima desechada por los vendedores de frutas del mercado Moshoqueque del Distrito de José Leonardo Ortiz, toda vez que al utilizar dichos residuos aumentarán sus beneficios económicas, y de manera indirecta contribuirá en la disminución considerable de la contaminación ambiental a largo plazo.

### **1.5. Limitaciones de la Investigación**

Para la concreción de la presente investigación tuvimos las siguientes limitaciones:

- Carencia de tiempo suficiente para dedicarse exclusivamente a las tareas de investigación.
- Escasa bibliografía referida a la temática de la investigación.

## **1.6. Objetivos de la Investigación**

### **Objetivo general**

Evaluar el rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque.

### **Objetivos específicos**

Determinar los residuos frutícolas generados en mercado Moshoqueque que pueden ser utilizados para la producción de Alcohol.

Determinar el pre tratamiento de los residuos frutícolas para su fermentación alcohólica.

Evaluar el efecto del pH, y °Brix sobre el rendimiento alcohólico en la fermentación de desechos frutícolas.

Determinar la producción de alcohol en la fermentación de los residuos frutícolas.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de estudio**

**Título: Evaluación de las condiciones de la fermentación alcohólica utilizando Saccharomyces Cerevisiae y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol.**

Autor: Nieto Galarza Hernán Oswaldo.

Año: 2009

La finalidad de la presente investigación fue evaluar la fermentación alcohólica por la levadura *Saccharomyces Cerevisiae* activa seca (LAS), frente a la misma levadura pero que ha provenido de un proceso de adaptación (LA), utilizando como sustrato jugo de caña de azúcar.

La etapa de la adaptación de la levadura en jugo de caña de azúcar a 4.7 de pH, 20 °Brix y a una temperatura de 28 °C, se realizó en ciclos repetitivos, logrando que se desarrolle la levadura, acoplándose al medio por fermentar y se preserve bajo un medio líquido en condiciones controladas.

Posteriormente se ha evaluado las condiciones de pH, °Brix y temperatura para que la levadura activa seca (LAS) y la levadura adaptada (LA), optimicen su capacidad fermentativa, realizándose el experimento mediante un diseño con nueve tratamientos y tres repeticiones, siendo analizados los datos empleando el diseño anidado cruzado, llegando a determinar para las dos

levaduras que a 3.7 de pH, 20 °Brix y a una temperatura de 22 °C tienden una mejor capacidad fermentativa. Respecto a la evaluación de las condiciones de pH, °Brix y temperatura, se evalúa la fermentación alcohólica adicionando urea, acetato de potasio y fosfato ácido de potasio trihidratado a 0.5 gr/L, 1.0 gr/L y 1.5 gr/L para cada nutriente.

Los datos adquiridos determinaron que al añadir nutrientes independiente del tipo y su concentración, optimizan la capacidad de transformación de los azúcares a etanol, pero la levadura adaptada (LA) fue con la cual se presentó un incremento de la capacidad fermentativa al estar presente la urea. Además se evaluó la cantidad de inóculo en el proceso de fermentación para reducir el tiempo de fermentación y se comprobó que a mayor cantidad de inóculo menor es el tiempo de la fermentación.

**Título: Estudio comparativo para la producción de etanol entre *saccharomyces cerevisiae* silvestre, *saccharomyces cerevisiae* atcc 9763 y *candida utilis* atcc 995.**

Autores: Sandra Catalina Garzón Castaño, Catalina Hernández Londoño

Año: 2009

Un medio energético sostenible es considerado el etanol, debido a que brinda una cantidad de ventajas sobre los derivados del petróleo, como son; la disminución en la producción de gases

invernadero, menos costo del combustible, mejor seguridad energética y apoyo a producciones agrícolas. Esto se logra a través de microorganismos, los cuales se logran al realizarse la fermentación de azúcares que se encuentran en materia orgánica, que pueden provenir de subproductos de grandes procesos industriales, para la producción del azúcar como: la melaza, el jugo de caña entre otros. (Mancheno, 2006; Gonzales, 2007).

Esta investigación tuvo como objetivo comparar la obtención de etanol entre *Saccharomyces cerevisiae* silvestre, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763 y *Candida utilis* ATCC 9950, adicional a esto se evaluó la cepa *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9080.

Se realizaron ensayos a diferentes concentraciones de melaza (180, 200 y 250 g/L) con *Saccharomyces cerevisiae* silvestre, con el fin de establecer la concentración de melaza que produjera el mejor porcentaje de alcohol; encontrándolo con la concentración de 250 g/L. Evaluando a esta concentración las otras levaduras; el consumo de azúcares reductores se determinó por el método Dubois, para realizar el seguimiento de los mismos.

Las cepas *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763, ATCC 9080 y *Candida utilis* ATCC 9950 presentaron un porcentaje de alcohol del 8 % (V/V), mientras que la *Saccharomyces cerevisiae* silvestre mostro un porcentaje del 6,5 % (V/V) a la concentración

de 250 g/L; el etanol obtenido fue cuantificado por alcoholimetría y cualificado por cromatografía de gases.

**Título: Obtención de etanol a partir de los residuos orgánicos de la sección de frutas del mercado mayorista de Riobamba.**

**Autor: Luis Fernando Quizphi López**

Año: 2008

Se realizó la prueba de Tukey al 95% de confianza manipulando el software STATGRAPHISCS PLUS, como mejor rendimiento fue el T<sub>4</sub> en el cual el 1.5 kg de residuos se obtiene 0.07525 L/etanol de 95° con un costo de \$0.80/L a nivel laboratorio, lográndose un producto apto como combustible.

## **2.2. Estado de arte**

**Autor: Mariscal Moreno Juan Pablo**

**Título: Evaluación y selección de microorganismos para la producción de etanol a nivel industrial.**

**Año: 2011**

Esta investigación presenta un estudio acerca de la fermentación etanólica utilizando melaza de caña de azúcar como sustrato y una cepa aislada de *Saccharomyces cerevisiae*. Se determinaron aspectos teóricos acerca de fermentaciones y algunas técnicas de mejoramiento de microorganismos para su uso en procesos fermentativos.

Mediante un diseño factorial fueron evaluados los efectos de concentración de azúcares totales en el sustrato, la temperatura de fermentación y el pH inicial del medio sobre la productividad de etanol y la viabilidad celular. Los resultados permitieron establecer que las variables más influyentes para la productividad de bioetanol son la concentración de azúcares del medio y la temperatura de fermentación. La cepa aislada presentó una mejor conducta que la cepa alcohólica ATCC 9763, en este trabajo se utilizó como levadura de referencia, y en el rango de valores experimentales se alcanzaron porcentajes de eficiencia de bioetanol entre 61.87% y 95.87%. Las mejores condiciones fueron 22°Bx y 32°C de acuerdo con la metodología de superficies de respuesta (MSR).

El desarrollo de esta investigación permitió establecer criterios en el diseño factorial que pueden ser generalizados a escalas mayores. Por esta razón, y apoyado en criterios teóricos, se plantea un protocolo de selección de microorganismos aplicado a diferentes escenarios.

**Autores:** Lesly P. Tejada, Candelaria Tejada, Ángel Villabona, Mario R. Alvear, Carlos R. Castillo, Daniela L. Henao, Wilfredo Marimón, Natali Madariaga, Arnulfo Tarón

**Revista Científica: Producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y piña.**

Mediante este trabajo se obtuvo bioetanol a partir de naranja y piña. Se determinó el contenido de azúcares reductores de los materiales lignocelulósicos.

Se realizó un pre tratamiento físico reduciendo el tamaño de las muestras y, la remoción de lignina se realizó con hidróxido de sodio y sulfato de calcio. Para realizar la hidrólisis ácida se utilizó ácido sulfúrico al 5% a 125°C y 15 psi consiguiendo jarabe azucarado. El jarabe fue fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* en un reactor con agitación por 7 horas. Por micro destilación fue separado el etanol. Luego por cromatografía se determinó el contenido de etanol y se encontró, finalmente, que con las cáscaras de naranja se obtuvo mayor contenido de etanol, 8.4 mg/g, que con las cáscaras de piña, 1.0 mg/g.

**Autores:** Sánchez Riano, A. M.;I Gutiérrez Morales, A. I.;II Muñoz Hernández, J. A. y Rivera Barrero, C. A.I

Año: 2010

**Revista Científica UMBAGA: Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos**

Indica que la hidrolisis acida es un proceso químico, mediante catalizadores acidos transforma las cadenas de polisacáridos hemicelulosa y celulosa en sus monómeros elementales. Se emepleo diferentes clases de ácidos: sulfuroso, clorhídrico, sulfúrico, fosfórico, nítrico y fórmico (Galbe y Zacchi, 2002). Los ácidos clorhídrico y sulfúrico son únicamente usados a nivel industrial.

**Autor:** Finanzas carbono

**Artículo: Ciencia finanzas carbono - 2013**

Nueva Planta de Etanol en Florida, Estados Unidos, a producido energía a partir de residuos, esta planta de producción de etanol se abrirá en agosto con la promesa de abrir una nueva etapa en industria de producción de combustible, donde se utilizarán desde la hierba hasta la basura. Esta noticia es la más esperada ya que marca un antes y un después en cuanto a combustibles renovables y las industrias de etanol.

**Autor:** Antonio López

**Lugar:** Murcia – España – 2013

Universidad Politécnica de Cartagena: investigadores transforman corteza de cítricos en bioetanol Ingenieros Agrónomos han logrado mejorar los rendimientos en la conversión de las cortezas de cítricos en bioetanol. Lograron incrementar su rendimiento en un 50% y han disminuido el uso de enzimas en un 90%. La investigación se ha publicado en Bioresource Technology, revista científica más prestigiosa del mundo, en el campo de la Energía y Combustibles.

### **2.3.Desarrollo de la temática correspondiente al tema de investigación**

#### **2.3.1. Fuentes para la obtención del etanol**

En los últimos años se ha obtenido etanol a partir de tres tipos de materias prima.

Con alto contenido de sacarosa

- Caña de azúcar
- Remolacha
- Melazas
- Sorgo dulce

Con alto contenido de almidón

- Maíz

- Papa
- Yuca

Con alto contenido de celulosa

- Madera
- Residuos orgánicos

A partir del almidón es más difícil obtener etanol, previamente debe ser hidrolizado para lograr transformarlos en azúcares.

En cuanto a la celulosa es aún más complejo, se realiza un pre-tratar al vegetal de este modo la celulosa pueda ser atacada por las enzimas hidrolizantes.

### **2.3.2. Residuos de frutas como fuente de etanol**

Las frutas son obtenidas de determinadas plantas. Las frutas ostentan un sabor y aroma característico complementados con su valor nutritivo.

Su composición química dependerá sobre todo del tipo de fruta y su grado de maduración; así:

- Agua: De 80% a 90% la composición de esta es agua. Es por ello que las frutas con estas características se les considera muy refrescante.
- Glúcidos: Entre el 5% y 18% está formado por carbohidratos. El contenido en glúcidos dependerá según

su especie y la período de recolección. Los carbohidratos generalmente azúcares simples tenemos fructosa, sacarosa y glucosa, azúcares de fácil digestión y rápida absorción.

- Fibra: El 2% de la fruta es fibra dietética. La composición de la fibra vegetal son principalmente pectinas y hemicelulosa. La piel de la fruta contiene una mayor concentración de fibra, donde también encontramos algunos contaminantes en este caso restos de insecticidas. La fibra soluble o gelificante (pectinas) forman con el agua una composición viscosa. El grado de viscosidad dependerá del tipo de fruta y el grado de madurez de esta.
- Vitaminas: A, C, y las del grupo del complejo B. Tenemos dos grandes grupos de frutas según el contenido en vitaminas: Ricas en vitamina C: contienen 50mg/100g. En este grupo destaca los cítricos, también el melón, las fresas y el kiwi ricas en vitamina A: son los carotenos, como los albaricoques, melocotón y ciruela.
- Sales minerales: Las frutas son ricas en hierro, calcio, potasio, magnesio. Durante el crecimiento para la osificación las sales minerales tienen un papel importante. Las frutas que contienen mayor cantidad de potasio son las frutas de hueso como la ciruela, melocotón albaricoque, cereza, etc.

- Proteínas y grasas: En la parte comestible de las frutas es muy escaso encontrar lípidos y proteínas, caso contrario en las semillas de algunas. El contenido de lípidos puede estar entre 0,1 y 0,5%, mientras que las proteínas pueden estar entre 0,1 y 1,5%. (Sánchez, 2010)
- Aromas y pigmentos: El sabor de cada una de las frutas es determinada por su composición en azúcares, ácidos, y otras sustancias aromáticas. En la manzana encontramos el ácido málico, en la naranja, mandarina y limón tenemos ácido cítrico, y el ácido tartárico en las uvas. En tanto los colorantes, aromas y los componentes fenólicos astringentes encontrándose en bajas concentraciones, influyen de manera crucial en la aceptación organoléptica de las frutas.

Es justamente por estas características y principalmente por el contenido de glúcidos por lo que los residuos de frutas pueden ser utilizados como fuente de etanol.

Tanto en los procesos de cosecha y comercialización cada año se producen enormes cantidades de residuos de frutas los mismos que van a parar en ríos, lagos; etc. o en el mejor de los casos en un botadero público por lo que resulta de mucha importancia darles un uso.

### **2.3.3. Chirimoya**

La chirimoya, *Annona cherimola* Mill, también llamada chirimolla, es denominado «cultivo perdido de los incas», su origen limita en territorio al sur con Ecuador y en el norte del Perú. Su potencial productor es España. La chirimoya se caracteriza por su sabor dulce, ligeramente ácido.

#### **a. Taxonomía**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Magnolias

Familia: Annonaceae

Género: *Annona*

Especie: *Annona*

#### **b. Descripción Botánica**

**Hojas:** Decidua, la caída de las hojas inicia a principios de diciembre y termina en marzo; aunque algunos ejemplares no presentan una defoliación total

**Flores:** solitarias o agrupadas en número de 2-3 en las axilas de las hojas del año previo y necesita que la hoja caiga para que la yema pueda desarrollarse (está protegida por el peciolo de la hoja).

**Frutos:** Baya con numerosas semillas de color negro, ovoideas y brillantes. Es una infrutescencia de color verde, que al madurar toma un color más cálido. Es un fruto complejo, formado por la unión de los pistilos con el receptáculo, del tipo de los denominados sincarpes.

### c. Composición nutricional de la chirimoya

**Tabla 2.1.**

*Composición nutricional en 100 gramos de chirimoya*

<b>COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Agua	77.1 g
Carbohidratos	18.2 g
Grasas	0.1 g
Proteínas	1.9 g
Fibra	2.0 g
Cenizas	0.7 g
Calcio	32.0 mg
Fósforo	37.0 mg
Hierro	0.5 mg
Tiamina	0.10 mg
Riboflavina	0.14 mg
Niacina	0.9 mg
Ácido ascórbico	5.0 mg

*Fuente:* Purdue University. Fruits of warm climates. Julia F. Morton Miami. FL.

#### **2.3.4. Granadilla**

La granadilla, *Passiflora ligularis*, Juss, es originaria de América del sur, del norte de Chile hasta Venezuela. La fruta se caracteriza por su sabor dulce, lo cual se deriva del contenido de azúcares.

##### **a. Taxonomía**

Reino: Plantae

División: Embryophyta

Género: Passiflora

Especie: Passiflora ligularis Juss

Clase: Dicotyledonea

Orden: Violales

Familia: Passifloraceae

## **b. Descripción Botánica**

**Hojas:** Son grandes, 8-20 cm de largo y 6,5 cm de ancho, gruesas, acorazonadas y de color verde intenso. El borde de las hojas es liso y son enteras, alternas y con las nervaduras bien pronunciadas en el envés.

**Flores:** las flores tienen un diámetro 6 a 8 cm, los sépalos y pétalos son de color amarillento y blanco.

**Frutos:** el fruto es una capsula ovoide o elíptica, sostenida con un pedúnculo largo que tiene dos brácteas y que mide de 6 a 12 cm. de largo, la cascara es amarilla y dura.

### c. Composición nutricional de la granadilla

**Tabla 2.2**

*Composición nutricional en 100 gramos de granadilla*

<b>COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Calorías	97 Kcal
Agua	72.93 g
Proteína	2.20 g
Grasa	0.70 g
Cenizas	0.80 g
Carbohidratos	23.38 g
Fibra	10.4 g
Calcio	12 mg
Hierro	1.6 mg
Fósforo	68 mg
Vitamina C	30 mg

*Fuente:* Purdue University. Fruits of warm climates. Julia F. Morton Miami, FL.

#### 2.3.5. Papaya

La papaya, *Carica papaya*, de origen Centroamericano, también conocido en países de Asia y Africa. México es el

mayor productor a nivel mundial. La papaya es apreciada como un fruto tropical y por ser una fruta tropical. Se utiliza como base para preparar bebidas industriales.

#### **a. Taxonomía**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Familia: Caricaceae

Género: Carica L.

Clase: Magnoliopsida

Orden: Violales

Especie: Papaya L.

#### **b. Descripción botánica**

**Hojas:** De color verde oscuro y gruesas y de hasta 80 cm de longitud, alternas y muy juntas entre sí, palmadas y divididas de forma suborbicular en 5-7 lóbulos irregulares. Poseen unos peciolo robustos de hasta 50 cm de longitud.

**Flores:** Dioicas, aunque raramente monoicas, agrupadas en el extremo del tronco. De color amarillo claro. Poseen 5 pétalos y 5 sépalos del mismo color.

**Frutos:** Bayas carnosas y globulosas, usualmente con 5 ángulos de tamaño variable y de color anaranjado al madurar.

### c. Composición nutricional de la papaya

**Tabla 2.3**

*Composición nutricional en 100 gramos de papaya*

<b>COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Energía	26,52 Kcal
Proteínas	0.52 g
Lípidos	0.09g
Glúcidos	6.3g
Fibra	1.9 gg
B1	0.03 mg
B2	0.04 mg
B3	0.3 mg
B6	0.02 mg
Vitamina A	98.5 mcg
Vitamina C	82 mg
Vitamina E	-
Ácido fólico	1mcg

*Fuente:* Purdue University. Fruits of warm climates. Julia F. Morton Miami. FL.

### 2.3.6. Plátano

#### a. Taxonomía

Clasificación científica

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: Musa

Especie: *M. paradisiaca*

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

#### **b. Descripción botánica**

**Hojas:** De 2-4 m. de largo y hasta de medio metro de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro.

**Flores:** Flores irregulares, amarillentas y con seis estambres, uno de ellos es estéril, reducido a estaminodio petaloideo.

**Frutos:** Los plátanos son polimórficos, pueden contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos; siendo de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo.

### c. Composición nutricional de la papaya

**Tabla 2.4**

*Composición nutricional en 100 gramos de plátano*

<b>COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Calorías	95.03 kcal
Grasa	0.27 g.
Sodio	1 mg.
Carbohidratos	20.80 g.
Azúcares	17.57g.
Proteínas	1.06 g.
Vitamina A	38 ug.
Vitamina B12	0 ug.
Hierro	0,59 mg.
Vitamina C	11,50 mg.
Calcio	7,30 mg.
Vitamina B3	0,98 mg.

*Fuente:* Purdue University. Fruits of warm climates. Julia F. Morton Miami. FL.

#### **2.3.7. Contaminación**

La Contaminación es la alteración de algunas características del medio ambiente en donde se ven afectados los seres

vivos. Haya sido generado de manera natural o por intervención del ser humano.

En nuestra actualidad, observamos que el progreso tecnológico y resultado del desarrollo ha dado origen a diversas formas de contaminación, las cuales alteran el equilibrio físico y mental del ser humano.

#### **a. Tipos de contaminación**

Contaminación del recurso hídrico: la incorporación de materias extrañas al agua, como microorganismos, productos industriales, y de otros tipos o aguas residuales. El agua es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que dejara de ser útil sino más bien nocivo.

Contaminación del suelo: Materias extrañas se incorporan al suelo, tenemos desechos toxicos, basura, residuos químicos, productos industriales. La contaminación del suelo produce un desequilibrio biológico, físico y químico que afectan a corto y largo plazo a las plantas, animales y humanos.

Contaminación del aire: Es la adición nociva a la atmosfera de gases tóxicos, u otros que afectan el normal desarrollo de todo ser vivo.

#### **b. Efectos de la contaminación**

Nuestro planeta se deteriora progresivamente.

Atenta contra la vida a corto y largo plazo de plantas, animales y personas.

La agricultura se ve afectada por suelos contaminados.

Disminución de la capa d ozono.

#### **2.3.8. Residuos**

Es todo material u objeto que ha sido generado por el ser humano y es destinado a ser desecho.

La palabra basura por lo general es algo que carece de valor y de lo cual se tiene que eliminar, de esta forma lo útil, que no siempre es necesario se convierte en un estorbo.

Los residuos generados a partir del hombre ha generado la proliferación de insectos, roedores y microorganismos teniendo como consecuencia nuevas enfermedades. Los residuos nos hablan de su bajo aprovechamiento.

### **El problema de los residuos**

Un manejo correcto de los residuos disminuiría proporcionalmente los problemas ambientales y de salud pública incluye entre otros, con un concepto de ecología, donde se involucre aspectos ambientales, sociales y económicos. Un desarrollo sostenible que lleve consigo la prevención de los recursos y del medio ambiente para las futuras generaciones, por una sociedad reorientada para la equidad en la que los servicios ambientales cumplen un importante papel dentro de la sociedad.

### **Los sistemas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos procedentes de restos alimenticios y similares.**

Diariamente se genera materia orgánica fermentable proveniente de domicilios, hoteles, mercados, industrias alimenticias, mataderos y carnicerías, poda de parques y jardines, y lodos de depuradoras de aguas residuales.

Las plantas de compostaje solo se hacen cargo de materia orgánica constituida por restos alimenticios transformándola en compost. El producto obtenido no es muy apreciado y valorado monetariamente.

Por otra parte podemos obtener productos de un mayor valor monetario si los residuos son tratados mediante técnicas biotecnológicas como ejemplo se pueden obtener productos

a partir de residuos de frutas los cuales por su contenido de azúcares pueden tener algunos usos como: Fuente de obtención de etanol, alimentación animal, abono de buena calidad; etc.

El reciclaje hoy en día es de mucho interés para todos aquellos que se dedican a estudiar y dar solución al problema de la basura para la sociedad. Desarrollar nuevos productos a partir del reciclaje y a bajo costo es una muy buena manera de disminuir la contaminación.

#### **2.3.9. Fermentación**

En los procesos de fermentación la acción de las enzimas producen cambios químicos en las sustancias orgánicas, prácticamente todas las de importancia fisiológica. En la actualidad los estudios reservan dicha denominación para la acción de enzimas específicas tales como mohos, bacterias y levaduras. Por ejemplo, la lactasa, producido por una bacteria que se encuentra generalmente en la leche, hace que ésta se agrie, transformando la lactosa (azúcar de la leche) en ácido láctico.

La fermentación alcohólica es el tipo de fermentación más importante, la acción de la cimesa segregada por la levadura convierte los azúcares simples glucosa y fructosa, en alcohol etílico y dióxido de carbono. Gracias a la

descomposición de estas sustancias de complejas a simples mediante una acción catalizadora.

### **Fermentación Alcohólica**

Desde la antigüedad se ha obtenido etanol debido a la fermentación anaeróbica de azúcares con levadura en y posterior destilación. La principal tradición ha sido la obtención de bebidas alcohólicas.

La fermentación alcohólica (fermentación del etanol o fermentación etílica) es un proceso biológico que en ausencia de aire , originado por algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono generalmente azúcares (sacarosa, glucosa, fructuosa, almidón, etc.) obteniendo como producto final: un alcohol en forma de etanol (cuya fórmula química es  $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en forma de gas y unas moléculas de ATP que consumen los propios microorganismo en su metabolismo celular energético anaeróbico. (Valverde k.)

Los microorganismos se caracterizan por vivir en ambientes carentes de oxígeno, especialmente durante la reacción química. Teniendo un proceso anaeróbico.

A inicios del siglo XIX la fermentación alcohólica fue expresada por J.L. Gay – Lussac mediante la ecuación.



La *Saccharomyces* y otras especies de levaduras, *Torulopsis*, *Kloeckera*, *Candida*, ciertas especies *Mucor* y algunas bacterias son capaces de realizar la fermentación alcohólica. Sin embargo, las especies *Saccharomyces* es la más adecuada para realizarse una fermentación alcohólica.

Los hidratos de carbono que pueden ser fermentados, son aquellos que contienen tres átomos de carbono o un múltiplo de los mismos. Los monosacáridos fermentan directamente, mientras que los di, tri y polisacáridos tienen que ser hidrolizados a hexosas antes de poder ser fermentados. Estas son: glucosa, fructosa, manosa y galactosa. Las tres primeras siempre son fermentables.

Como se ha dicho arriba, los disacáridos sólo se pueden fermentar después de haber sido transformados en hexosas, transformación que se realiza por intermedio de hidrolasas que se encuentran en la levadura. Por tanto, el que un disacárido pueda ser fermentado depende en primera instancia de que la especie correspondiente de levadura sea capaz de producir la enzima necesaria para la hidrólisis

este también es el caso de los trisacáridos, por ejemplo la rafinosa.

Ahora se sabe que la parte dializable está formada en su parte más esencial por deshidrogenasa más fosfatos, entre ellos los adenosinfosfato. A los estudios de E. BUCHNER, R. ALBERT, A. HARDEN y H. YOUNG siguió una investigación formidable a cargo del alemán C. NEUBERG (sobre todo durante los años 1913 – 1919), del sueco H. v. EULER, del germano- americano O.MEYERHOF y muchos otros químicos y microbiólogos.

**a. Influencia de factores externos en el curso de la fermentación alcohólica**

Algunos ensayos realizados por EMIL CHR. HANSEN en 1879 dan una idea de la multiplicación de las como en otros microorganismos, la actividad vital de las levaduras se ve influida por factores externos. Los más importantes de estos factores son los siguientes:

**Agua**

Para la vida de las levaduras se precisa una determinada cantidad de agua, aunque durante algún tiempo puede tolerar cierta desecación. En los últimos años,

numerosos investigadores han estudiado la influencia del «agua pesada» ( $D_2O$ , agua de deuterio) sobre las levaduras. Según estas investigaciones, parece ser que la mezcla de  $D_3O$  y  $H_2O$  en la proporción de 1:2.000 no ejerce ninguna influencia sobre las levaduras, mientras que una concentración superior de  $D_2O$  perjudica tanto la capacidad fermentativa como la reproductora. (Owen, 1991)

La mezcla de agua de deuterio y agua natural jamás ha sido hallada en una concentración superior al 1:5.000, por lo cual no hay razón para suponer que el agua de cervecería pudiera influir en el curso de la fermentación debido a su contenido en agua pesada.

En un substrato, que contiene agua pesada en la proporción de 1:2.000, el alcohol está compuesto como sigue:  $CH_2D$ .  $CD_2OH$ . El glucógeno de levadura también contiene hidrógeno pesado cuando la levadura ha crecido en un substrato como el mencionado anteriormente.

### **Oxígeno**

Las levaduras en presencia de oxígeno, el desarrollo de la levadura se muestra mucho más vigoroso que en cultivo bajo condiciones en que no es posible el acceso de oxígeno.

Algunos ensayos realizados por EMIL CHR. HANSEN en 1879 dan una idea de la multiplicación de las células. Fueron contadas, con ayuda de la cámara de Thoma, en mosto, que fermentó en dos cubas a 12-14°C. Una de las cubas no fue aireada, mientras que la otra fue expuesta a una aireación mediana. En la cuba no aireada, una célula se desarrolló en el curso de 60 horas a 11 células; en la cuba aireada, a 36 células. (Desrosier, 1991)

Para las levaduras peliculógenas rige el que el proceso respiratorio posterga por completo la fermentación e incluso muchas levaduras de la flor ni siquiera pueden producir la fermentación alcohólica. En estos microorganismos, los glúcidos son asimilados y quemados, pudiendo producirse la «fermentación oxidativa», tal y como se encuentra en muchos hongos filamentosos al lado de la respiración, formándose ácidos orgánicos y similares. (Holum, 1990)

### **Temperatura**

La temperatura adecuada para la levadura baja cultivada que se utiliza en las cervecerías se encuentra alrededor de los 25°C, y esta temperatura

es el óptimo térmico aproximado para la mayor parte de las especies de levaduras. La temperatura óptima para la levadura alta cultivada se encuentra unos grados por encima -27- 30°C- de la levadura baja cultivada. En la levadura de panificación (*Saccharomyces cerevisiae*), el máximo para la producción de levadura se encuentra a 36°C. (Fellows, 2004)

En la mayoría de las especies de levaduras, el máximo de temperatura para el crecimiento de halla 34-47 °C y la temperatura mínima a unos 0.5° C. Se ha informado que el *Saccharomyces pastorianus* a 13°C, cada sexta hora forma una nueva generación, mientras que a 35°C al cabo de cerca de 3 horas se forma una gemación, es decir, que la refrigeración moderada hasta por debajo de la temperatura óptima (25°C) rebaja mucho más la actividad vital que el calentamiento correspondiente.

Así, la comparación de la capacidad fermentativa de una levadura baja cultivada con la de una levadura alta cultivada demostró que estas dos levaduras se comportan igual a la temperatura de 30°C, pero que a 35°C la capacidad fermentativa de la

levadura alta aventaja a la de la levadura baja, mientras que a 6-8°C sucede lo contrario. (Hansen, 1959)

Según H. ZIKES, no se registra ninguna formación de grasa en la levadura de cervecería por debajo de los 15°C. La temperatura óptima de la formación de glucógeno se encuentra, igualmente según H. ZIKES, a 30°C para la levadura de cervecería y a 27-30°C para la levadura de destilería. (Hansen, 1959)

Con frecuencia se ha demostrado la influencia de la temperatura sobre las alteraciones pasajeras o permanentes en las propiedades de las levaduras.

La temperatura letal se encuentra alrededor de los 50 - 60°C para la mayoría de las levaduras esporógenas. Pero las levaduras desecadas son capaces de tolerar una temperatura algo superior.

EMIL HANSEN demostró en 1883 que las células vegetativas de *Saccharomyces turbidans* se destruían al cabo de 5 minutos por medio de calentamiento en agua destilada a 56 °C. Las ascosporas de este microorganismo se destruyeron a 66°C después de 5 minutos.

La temperatura letal para el *Saccharomyces cerevisiae* era algo inferior, esto es, para las células vegetativas a 54°C después de 5 minutos y para las ascosporas a 62°C después de 5 minutos. La certeza de estos resultados ha sido comprobada repetidas veces.

Las levaduras pueden tolerar temperaturas muy bajas sin llegar a morir. Se ha hallado, por ejemplo, que no fueron matados diversos *Saccharomyces* que estuvieron expuestos 200 horas a una temperatura de 130°C. (Owen, 1991)

S. ATA y F. STAIB han hallado que, después de dos años de refrigeración a - 20°C, de 75 cepas de levadura (esporógenas y asporógenas) 7 continuaban vivas, es decir, el 9,3 %. Además se ha visto que al refrigerar el mosto de cerveza, leche, glicerina y suero actúan de forma protectora; el pH de 5,0-6,0 es la zona más favorable para la levadura durante la refrigeración.

### **Luz**

Se ha visto que los procesos reproductores no son influidos por la iluminación débil, pero que sufren una inhibición por medio de la luz diurna difusa. En la luz diurna o a la luz eléctrica, las células de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces ludwigii* sólo

se multiplican a la mitad de intensidad que en la obscuridad.

Es, sobre todo, la luz azul la que parece retardar la reproducción, mientras que en la luz roja las células se multiplican a la misma o a mayor velocidad que en la obscuridad. Además se ha observado que por acción de los rayos ultravioletas el desarrollo de las células en una cámara húmeda sufre una inhibición que ya se nota a los 10 segundos y cesa por completo al cabo de los 3 minutos.(Hansen, 1959)

H. LÜERS y H. CHRISTOPH han aclarado y puntualizado las condiciones íntimas para la muerte de las células de levadura por la luz ultravioleta. Parece ser que la luz ultravioleta y los rayos X pueden producir mutaciones en las células de levaduras. Por esta razón, jamás se puede utilizar «una lámpara esterilizante» u otro aparato semejante al trabajar con células de levaduras.

### **La concentración de iones hidrogeno**

La fermentación y el crecimiento de la levadura tiene mucho que ver el alto grado de la reacción del medio nutritivo. Las levaduras pertenecen, al igual que los hongos filamentosos, a los microorganismos acidófilos.

Al cultivar la levadura de cervecería en soluciones nutritivas sintéticas ricas en tampón, que habían sido ajustadas a varios valores de pH, S. HJORT- HANSEN halló que el pH óptimo para el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces ellipsoideus* se encontraba entre 4,4-6. (Owen, 1991)

### **Potencial de óxido – reducción**

Las levaduras pueden acostumbrarse a vivir como en la normalidad a un potencial bajo de óxido-reducción. Esto sucede, por ejemplo, en el acostumbramiento de las levaduras al ácido sulfuroso.

Cuando se sulfita el mosto de vino, esto sucede en cierta medida para que el ácido sulfuroso mantenga alejados otros microorganismos que no sean la levadura acostumbrada a él; pero esta acción es relativamente escasa con la cantidad de ácido sulfuroso que, por lo general, está permitida para el vino.

H. SCHANDERL menciona que la levadura haploide exige un potencial de óxido-reducción mayor que la levadura diploide. La primera no puede fermentar el mosto de vino en presencia de levadura peliculógena, o

sea que consume oxígeno, pero si se añaden unas gotas de peróxido de hidrógeno, se efectúa la fermentación. (Hansen, 1959)

### **Glúcidos**

Los glúcidos existen en forma de monosacáridos, como glucosa y fructosa; disacáridos, como sacarosa, y polisacáridos o glúcidos de cadena larga. Los polisacáridos se pueden hidrolizar produciendo formas de menor peso molecular. Son ejemplos de polisacáridos pectinas, glucanos y dextranos, así como los alginatos. Otros compuestos considerados como glúcidos son los desoxi y amino-azúcares, y los alcoholes y ácidos de azúcar. (Hansen, 1959)

En la fermentación alcohólica, las levaduras utilizan los azúcares de seis carbonos glucosa y fructosa. Estos dos azúcares reciben también el nombre de azúcares reductores y se pueden describir como azúcares que contienen grupos funcionales oxidables y, a su vez, reducir otros componentes.

La glucosa y la fructosa se diferencian por la posición de sus respectivos grupos carbonilos funcionales. El grupo carbonilo de la glucosa está situado en el primer

carbono, por lo que la glucosa constituye un ejemplo de aldo-azúcar.

En el caso de la fructosa, la función carbonilo está en el segundo carbono, siendo un ejemplo de ceto-azúcar. Los ángulos de los enlaces intramoleculares de estos azúcares determinan que su estructura molecular no presente normalmente en forma de cadena recta, sino en configuraciones cíclicas denominadas hemiacetales (glucosa) o hemicetales (fructosa). (Negre, 1962)

Dado que la ciclización no implica aumento ni pérdida de átomos por parte de la molécula de azúcar, las formas de cadena recta y cíclica son isoméricas, siendo la última configuración la más importante desde el punto de vista cuantitativo. La glucosa, por ejemplo, tanto en solución como en forma cristalina se presenta casi enteramente como hemiacetal cíclico.

El hecho de que los azúcares muestren la mayoría de las reacciones que se consideran típicas de los aldehídos es el resultado del equilibrio que se establece entre las configuraciones de cadena abierta y cíclica presentes en la solución.

La ciclización introduce otra consideración estructural en la química de los azúcares. En solución, los azúcares pueden estar en forma de anillos compuestos por cuatro carbonos y un oxígeno, o cinco carbonos y un oxígeno. El primero se denomina anillo furanosa y el segundo anillo piranosa.

Los azúcares son ópticamente activos y se pueden detectar por polarimetría por la rotación óptica que producen. La glucosa es dextrorrotatoria por lo que también se denomina «dextrosa», mientras que, la fructosa es levorrotatoria y se denomina «levulosa». Al disacárido sacarosa se le denomina con frecuencia «azúcar invertido», porque en su configuración nativa, no es reductora y por tanto no se puede medir por la técnica de reducción del cobre. Sin embargo, tras su hidrólisis o inversión, se pueden medir sus componentes monosacáridos «reductores», glucosa y fructosa.

### **Tóxicos**

Respecto a la influencia de los tóxicos, según las investigaciones realizadas por J. WHITE y D. J. MUNNS (1951), para las levaduras resultan muy tóxicas las sustancias siguientes: cadmio, cobre, plata, osmio,

mercurio y paladio. Las sustancias se han mencionado aquí en sucesión según la cual disminuye su toxicidad. El cadmio y el cobre ejercen casi la misma acción tóxica; la plata tiene la mitad de toxicidad que el cadmio, y la toxicidad del mercurio sólo es 1/10.

El cobre impide por completo el crecimiento de levaduras cuando se encuentra en un substrato nutritivo sintético en la cantidad de 1 mg/L, pero en el mosto o en solución de melaza, las levaduras pueden tolerar 30 - 40 mg/L de substrato. Este aumento de la capacidad de resistencia probablemente se deba a que en el mosto y en la solución de melaza el cobre forma complejas combinaciones cúpricas. La presencia de cinc reduce la toxicidad del cadmio. Una acción tóxica moderada la ejercen el cobalto, níquel, boro, cromo, arsénico y estaño.

Muy escasa acción tóxica la poseen el hierro, cinc, aluminio, plomo, molibdeno y manganeso. Los halógenos iodo, bromo y cloro son poco tóxicos cuando se encuentran en forma de sales alcalinas, pero en combinaciones orgánicas pueden ser extraordinariamente venenosos. (Wolfe, 1995).

Un interés especial se halla ligado al flúor, pues esta sustancia se añade a veces al húmedo elemento en los saltos de agua para proteger a la población humana contra la caries dental. Según las investigaciones de H. F. P. WEBBER y L. TAYLOR, 1 mg F/L de substrato no ejerce ninguna influencia sobre el crecimiento de las levaduras o sobre la fermentación, y 1 mg/L es precisamente la concentración que los saltos de agua utilizan por lo normal. Cuando hay más de 10 mg/L en el substrato, aparece una marcada acción tóxica; entre 1 y 10 sólo es escasa. (Hansen, 1959)

Los nitratos, a concentraciones superiores a los 25 mg/L, producen una acción tóxica sobre la levadura de cerveza que comienza a hacerse notable, y cuando se encuentran presentes 50 mg/L, la acción tóxica es muy clara. Las células de levadura se alargan, la fermentación se hace «lánguida» y la infección bacteriana crece. Luego los nitratos a grandes cantidades parecen ser tóxicos para la levadura de cervecería. Por ello, en el proceso de fabricación de la cerveza a lo sumo deben estar presentes 25 mg/L de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en el agua empleada.

La levadura es influida en alto grado por los productos formados durante el metabolismo, y ante todo por el alcohol. Una concentración alcohólica del 3% ya influye sobre el crecimiento en mosto de cerveza. La concentración alcohólica de un 5% influye tanto sobre el crecimiento como la fermentación en mosto de cerveza. Por medio de concentraciones alcohólicas del 10%, el crecimiento sufre la paralización total, mientras que algunas razas de levaduras de vino pueden producir fermentación en una concentración del 14%, aproximadamente, y bien continuar viviendo en esta concentración alcohólica. H. MÜLLER. THURGÁU halló que la temperatura ejerce una influencia decisiva sobre tales fermentaciones. Una concentración de un 4% de alcohol paraliza la fermentación a una temperatura de 36° C, mientras que a 9°C el mismo efecto sólo sobreviene a una concentración alcohólica del 9,5%. (Hansen, 1959)

V. HARTELIUS demostró que la acción del alcohol también depende de la cantidad de ácido formado. Así, la fermentación en una solución nutritiva sintética sin tampón cesa a 25°C cuando se ha formado un 7,3% de alcohol y, al mismo tiempo, el pH ha descendido a 2-3. Si,

por otra parte, el pH se mantiene entre 3-4, la fermentación sólo: termina cuando se ha formado un 12,6 % de alcohol; la reproducción cesa con el 8,5 % de alcohol. (Owen, 1991)

En el mismo trabajo se demostró, añadiendo levadura fresca a una serie de soluciones nutritivas con pH 4 y concentraciones alcohólicas crecientes, que la multiplicación sólo cesaba cuando estaba presente un 10% de alcohol, mientras que la fermentación terminaba a la concentración alcohólica del 12,6 %. La capacidad de multiplicación, pero no la capacidad fermentativa, se debilita, por tanto, en el curso de la fermentación.

Cuando la concentración alcohólica se mantiene por debajo del 4 y el pH entre 3 y 4, el crecimiento de la levadura sigue una recta ascendente.

Respecto al anhídrido carbónico, parece ser que esta sustancia sólo ejerce una acción tóxica sobre las células en presencia de oxígeno, es decir; en la respiración, mientras que sobre las células de levadura fase fermentativa no ejerce influencia alguna.

## **b. Las levaduras**

El hongo unicelular es responsable en gran parte de las fermentaciones alcohólicas, estas levaduras tienen el cuerpo en forma esférica su tamaño ronda de 2 a 4  $\mu$  m y están presentes en forma natural en frutas, cereales y verduras. A esto se les conoce como organismos anaerobios facultativos., es decir que pueden desarrollar sus funciones biológicas sin oxígeno.

La producción de etanol la llevan a cabo hongos microscópicos (96%), de diferentes tipos de levaduras, entre las más representativas tenemos: *Saccharomyces cerevisiae*, *Khuyveromyces fragilis*, *torulospora* y la *Zymomonasmobilis*.

Los responsables de la fermentación son de tres tipos: bacterias, mohos y levaduras. Estas tienen características propias sobre la fermentación y en algunos casos proporcionan un sabor al producto final (vinos o cervezas). En otros casos estos microorganismos no actúan solos, sino que cooperan entre varios en el proceso de la fermentación.

Cuando la concentración ( $^{\circ}$ Brix) el medio es rico en azúcar (melaza o siropes) afecta a la supervivencia de

levaduras, a altas concentraciones frenan los procesos osmóticos de las membranas de las células.

Las levaduras tienen diferentes tolerancias a las concentraciones de azúcar y de etanol. Los azúcares empleados en la fermentación son: dextrosa, maltosa, sacarosa y lactosa.

La responsable en dirigir la reacción bioquímica que transforma la glucosa en etanol es la Zimasa.

### **Género Saccharomyces**

Este género abarca numerosas especies, tanto de levaduras cultivadas como salvajes. Según N. M. STELLING-DEKKER, el caso es que hasta 1951 se habían descrito 107 especies. Pero las especies de levaduras cultivadas abarcan muchas razas diversas, es decir, cepas que se diferencian respecto a aquellas propiedades que no pertenecen a las de esta especie en que, por ejemplo, son clarificadas con mayor o menor velocidad, de fermentación alta o baja, etc.

Aunque estas propiedades también podrían servir en casos extremos como fundamento para la diferenciación de especies, hay tantas variaciones que la diferenciación de especies no podría realizarse sobre esta base. Por

esta razón, con respecto a tales propiedades se han fijado determinados tipos, y en la caracterización de una levadura se indica a cuál de estos tipos se aproxima. (Hansen, 1959)

### **2.3.10. El etanol como fuente alternativa de energía**

#### **a. Características del etanol**

El alcohol etílico o también conocido como etanol, su fórmula química es  $C_2H_5OH$ , es un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de  $78^{\circ}C$ .

Cuando se mezcla con agua en cualquier proporción da una solución azeotrópica con un aproximado de un 96 % de etanol. En las bebidas alcohólicas es el componente esencial. Para la obtención de este se lleva a cabo de dos procesos de elaboración: La fermentación o descomposición de los azúcares contenidos en distintas frutas, y la destilación, consistente en la depuración de las bebidas fermentadas. (Morrison, 1992)

El alcohol etílico se utiliza mucho como disolvente para lacas, barnices, perfumes y condimentos; como medio para reacciones químicas, y para cristalizaciones.

Para poder separar el etanol obtenido es necesario realizar una operación unitaria conocida como destilación

la cual es una operación de separación de gran uso en ingeniería química.

Esta operación se basa en el hecho de que la fase vapor de una mezcla hirviendo será más rica en los componentes que poseen menor punto de ebullición. Por lo tanto, cuando este vapor es enfriado y condensado, el líquido condensado contendrá una mayor concentración de las sustancias más volátiles. Al mismo tiempo, la mezcla original contendrá una mayor concentración de las sustancias menos volátiles. (Muller, 1990)

#### **b. El etanol como combustible**

En la actualidad existe la posibilidad de minimizar la dependencia con los combustibles fósiles; la energía nuclear, la energía hidráulica, la energía solar, la energía eólica y la energía geotérmica, no se las puede implementar en nuestro país por el elevado costo tecnológico y económico que demandaría al estado en su implementación, en su defecto el tratamiento de residuos orgánicos para la obtención de etanol se convertiría en una alternativa para disponer de energía, pues en su procesamiento no demanda de tecnología avanzada.

El etanol que proveniente de los campos de cosechas (bio-etanol) ofrece ventajas medioambientales y económicas a futuro, el etanol se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón. Sin embargo, los métodos de producción de bio- etanol utilizan un porcentaje significativo de energía comparada con la energía del combustible producido.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación:**

##### **Experimental y aplicativa**

La presente investigación es según el manejo de las variables experimentales del tipo experimental y según su finalidad aplicativa, debido a que se elevará la influencia de pH. °Brix (variables independientes) sobre el rendimiento alcohólico (variable dependiente) obtenido a partir de residuos.

#### **3.1.2. Diseño de investigación:**

##### **Diseño de estudio: cuantitativo y experimental**

El diseño de la investigación cuantitativa, y experimental se utilizará un diseño multinivel factorial aleatorizado con una variable respuesta y dos factores experimentales, para la evaluación de los resultados.

### **3.2. Población y muestra**

#### **Población**

Residuos frutícolas generados en el Mercado Moshoqueque – Lambayeque.

### **Muestra**

La muestra es de 28. kg., de residuos frutícolas del Mercado Moshoqueque - Lambayeque.

La muestra fue calculada de la siguiente manera:

36 (experimentos) X 0.8 kg de residuos de fruta = 28 Kg. De residuos de fruta.

### **3.3. Hipótesis**

En fermentaciones a pH de 4.5 - 5.5 y °Brix de 18- 24 de los residuos frutícolas del Mercado Moshoqueque obtendremos un rendimiento mayor a 0.005 Lts de alcohol/ Kg., de biomasa.

### **3.4. Variables**

#### **3.4.1. Independiente:**

pH

°Brix

#### **3.4.2. Dependiente:**

Rendimiento

### 3.5. Operacionalización

**Cuadro 3.1**

*Operacionalización de las variables independientes y dependientes.*

<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas e instrumentos de datos</b>
Fermentación alcohólica		3.5	
	Potencial de Hidrógeno pH	4.5	Potenciómetro
		5.5	
		18	
	Sólidos Solubles °Brix	21	Refractómetro
		24	
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas e instrumentos de datos</b>
Rendimiento	Rendimiento producto/ biomasa	---	Análisis gravimétrico

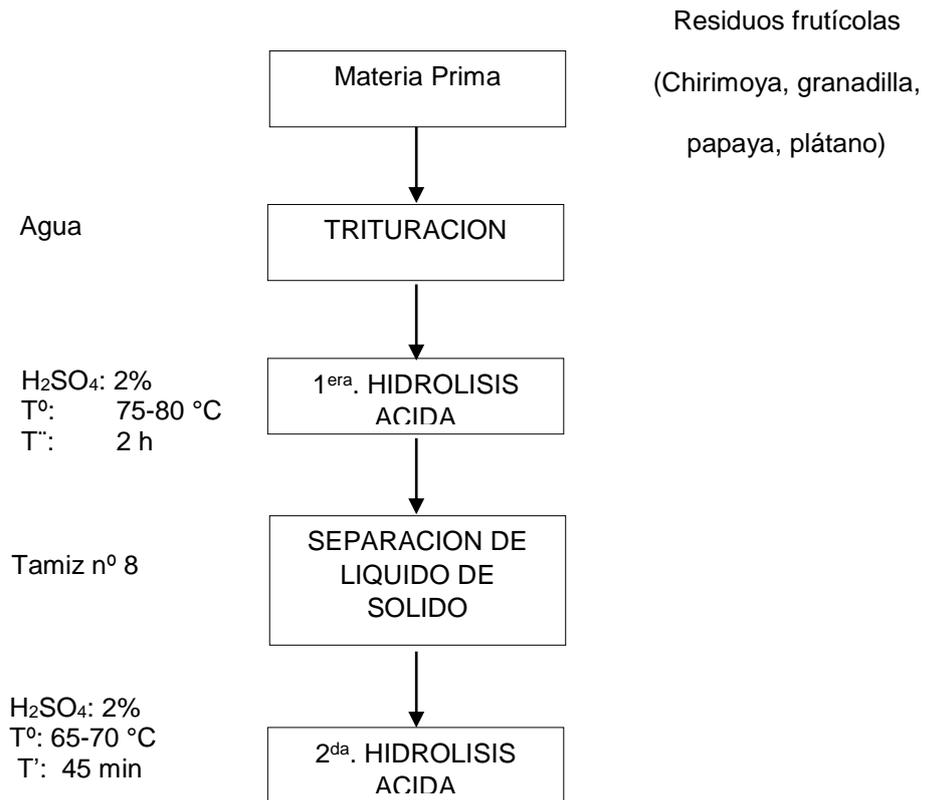
*Fuente:* Elaboración propia.

### **3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para ello se efectuó el análisis gravimétrico que ayuda a determinar la cantidad de alcohol extraído por medio de la destilación en la fermentación de la materia prima, para que dicha cantidad se divida entre la biomasa (materia prima) utilizada para el proceso, y obtener como resultado la cuantificación del rendimiento alcohólico de los residuos frutícolas.

### 3.7. Procedimientos para la recolección de datos

#### a. Pre tratamiento



**Figura 1.1**

*Diagrama de bloques para efectuar el Pre tratamiento de Biomasa (Residuos de frutas)*

## DESCRIPCION DEL PROCESO

**Acondicionamiento:** Se tomó residuos frutícolas de diferentes variedades del mercado Moshoqueque, a los cuales se ubicará en un recipiente de capacidad de 16 Kg.

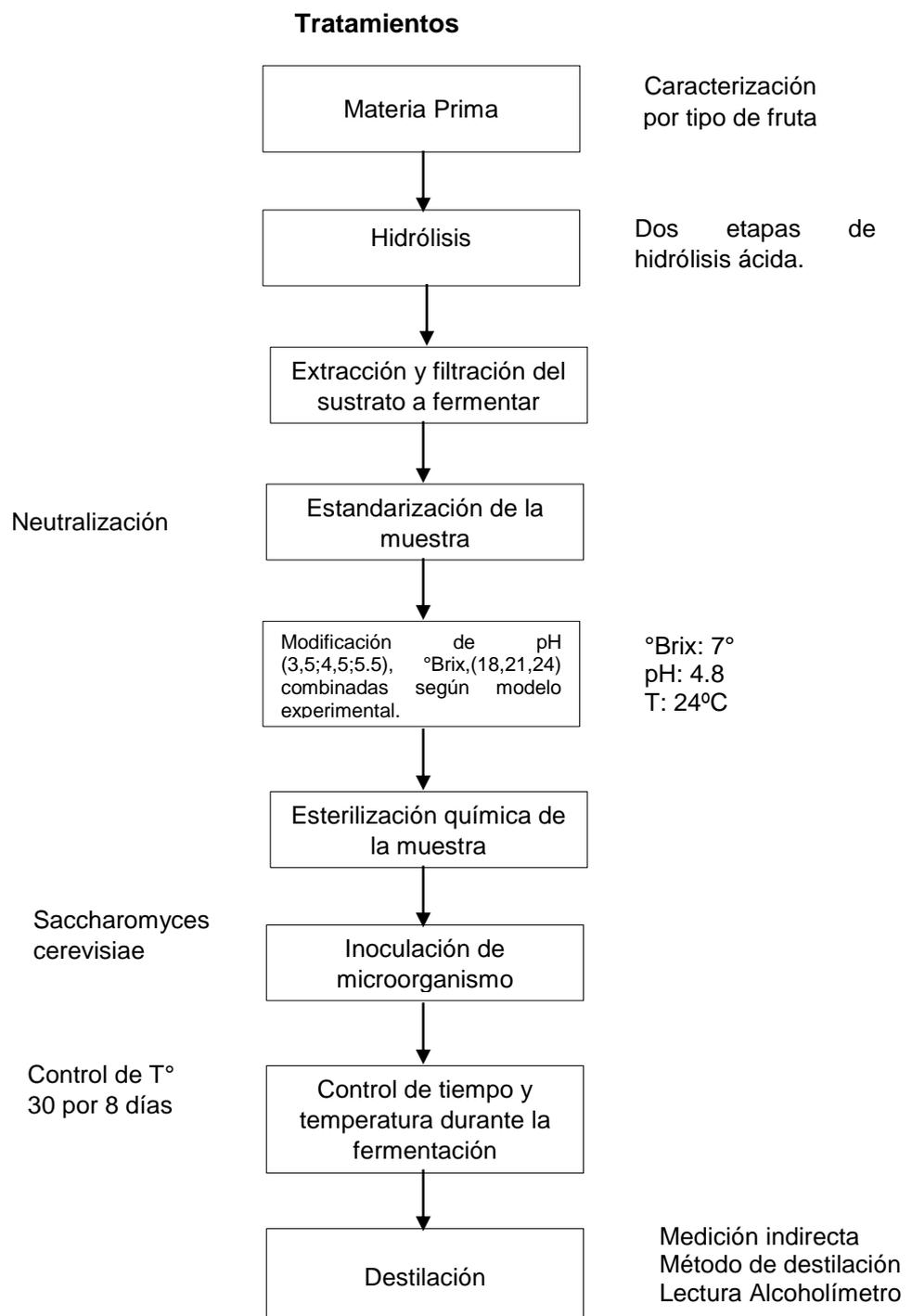
**Trituración:** Una vez acondicionado la materia prima se procede a realizar la trituración, para reducción de partícula del tamaño, este procedimiento tiene un mínimo efecto en los rendimientos de la hidrólisis, para ello se empleara un molino de discos y quijadas móviles.

**1° Hidrólisis acida:** Eliminar lignocelulosa, está constituido por tres tipos de polímeros, celulosa, hemicelulosa y lignina, se utilizará ácido sulfúrico al 2% a una temperatura de 75-80 °C y un tiempo de 2 horas. **Separación de líquido de solido:** A fin de utilizar solo el líquido que me va a servir para realizar la segunda hidrólisis, esto se realizó mediante un tamiz de malla N° 08.

**2° Hidrólisis acida:** Degrada de celulosa a azúcares (monosacáridos) para efectuar la fermentación esta se realizó con el uso de ácido sulfúrico al 0,2 % a una temperatura de 65-70 °C por un tiempo de 45 min.

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

**b. Tratamientos:** la aplicación de los tratamientos se realizó con la siguiente lógica: Modelo experimental stat grafict



**Figura 1.2**

*Aplicación de los tratamientos se realizó con la siguiente lógica.*

## DESCRIPCION DEL PROCESO

**Recepción de la Materia Prima:** Las materias primas utilizadas en la producción de alcohol serán los residuos frutícolas generadas en el Mercado Moshoqueque. Estos serán clasificados según su composición lignocelulosa y riqueza de azúcares, esto será indicador de decisión para el tratamiento de hidrólisis ya sea acida o básica.

**Hidrólisis:** En base a la materia prima a procesar, se determina realizar 2 hidrolisis ácida diluida.

**Extracción y filtración del sustrato a fermentar:** El sustrato es obtenido mediante trituración y compresión de la materia prima, donde posteriormente se efectúa filtrado, para optimizar las condiciones para el proceso.

**Estandarización de la muestra:** se unen los jugos obtenidos de la materia prima (papaya, chirimoya, granadilla, plátano).

**Modificación de pH. y °Brix:** Se regula el pH. (3.5-4.5-5.5) usando ácido cítrico, así como también °Brix, a (18-21-24) usando Hidróxido de sodio, combinadas según modelo experimental.

**Esterilización química de la muestra:** Se realiza usando Metabisulfito de sodio a fin de inactivar microorganismos que intervengan desfavorablemente en la fermentación.

**Inoculación de microorganismo:** Se utilizó la levadura *Saccharomyces cerevisiae* El cultivo de levadura se activó a una temperatura de 30°C y con °Brix mayores de 13, la levadura se

adicionó en cantidad del 2 gr., por litro de muestra; Se obtuvo la cantidad necesaria de levadura, para luego ser trasladada al área de fermentación. En esta etapa se realizó una fermentación anaeróbica (ausencia de aire), donde las moléculas se desdoblan para producir alcohol.

**Control de tiempo y temperatura durante la fermentación:** por un periodo de ocho días a una temperatura de 30 °C.

**Destilación:** Luego de la fermentación por reacción de la levadura, se realizó la extracción del alcohol (destilación). El proceso de disociación entre alcohol y el mosto se lleva a cabo porque poseen diferentes puntos de ebullición. Posteriormente se realiza la medición de grado alcohólico utilizando un alcoholímetro.

**Determinación del grado alcohólico:** Se realizó mediante el método indirecto (gravimétrico) por destilación y mediante lectura de hidrómetro.

### 3.8. Descripción de los instrumentos utilizados

#### Equipos y materiales

**Tabla 3.1**

*Descripción general de los equipos y materiales a utilizar en la investigación.*

Equipos e instrumentos	Descripción
Refractómetro	<p>Instrumento óptico, Realiza el estudio de la refracción de la luz. Este instrumento se utiliza para la exactitud de °Brix que contienen ciertos elementos.</p> <p>Escala °Brix : 0,00-0,95%</p> <p>Precisión medición (nD): <math>\pm 0.0002</math></p> <p>Rango termómetro: 0 °C -70 °C</p>
pH metro	<p>El pH-metro es utilizado en el método electroquímico para calcular el pH de una solución, nos permite medir si es una base y acido en los rangos de 1 – 14.</p>
Balanza analítica con sensibilidad de 0,001g	<p>Balanza analítica OHAUS Pioneer™. Con tres modos de filtro y puesta a cero regulable que ajusta la sensibilidad de la balanza frente a las alteraciones ambientales.</p>
Alcoholímetro	<p>Es un instrumento especial que determina el grado de alcohol presente en un gas o líquido.</p>

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

---

Vaso de precipitado de 100 ml y 600 ml	Recipiente cilíndrico de vidrio, cilíndrico con fondo plano y graduado.
Pipeta graduada de 5 ml.	Pipeta graduada de 5 ml. Clase B Superior (alemana)
Matraz Erlenmeyer de 1000 ml.	Matraz Erlenmeyer, Boca Angosta, Graduado - Marca "SCHOTT DURAN®"
Probeta de 100ml	Probetas de plástico Graduación azul 250 ml.
Bureta	Bureta B, llave recta vidrio topasio, llave recta. Longitud 800mm
Soporte universal	Base de porcelana con varilla de aluminio de 60cm.
Pinzas para soporte universal	Pinzas metálicas para sostener las buretas.

---

*Fuente:* Elaboración propia.

### **3.9. Análisis estadístico e interpretación de los datos**

Se realizara un diseño factorial multi nivel aleatorizado con dos de factores experimentales (variables independientes) de tres niveles y una variable respuesta de 36 ejecuciones distribuidas en 4 bloques, procesado mediante el software STAT GRAFIC 5.1.

Para el análisis de los datos se construyó la matriz de consistencia, esto se realizó tomando como apoyo el software STAT GRAFIC v. 5.1. en donde se ingresó las variables independientes reconocida por el software como factores independientes, así mismo se precisaron los rangos de trabajos y el número de niveles a estudiar. Así mismo se ingresó la variable respuesta (variable dependiente) como resultado se obtuvieron 4 bloques de experimentos ordenados en forma aleatoria los cuales deberán ser evaluadas las respuestas respectivas para su determinación de diferencia estadística.

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

**Tabla 3. 2**

*Matriz de consistencia.*

<b>N Experimentos</b>	<b>Bloque</b>	<b>pH</b>	<b>% S/L °Brix</b>	<b>Rendimiento Producto/Biomasa</b>
1	1	3.5	24	
2	1	5.5	18	
3	1	5.5	21	
4	1	4.5	24	
5	1	3.5	18	
6	1	3.5	21	
7	1	4.5	21	
8	1	5.5	24	
9	1	4.5	18	
10	2	5.5	18	
11	2	5.5	24	
12	2	4.5	21	
13	2	3.5	24	
14	2	4.5	24	
15	2	3.5	21	
16	2	5.5	21	
17	2	3.5	18	
18	2	4.5	18	
19	3	5.5	24	
20	3	4.5	24	
21	3	5.5	21	
22	3	3.5	24	
23	3	3.5	21	
24	3	3.5	18	
25	3	4.5	18	
26	3	4.5	21	
27	3	5.5	18	
28	4	4.5	18	
29	4	4.5	21	
30	4	5.5	21	
31	4	3.5	18	
32	4	5.5	24	
33	4	3.5	21	
34	4	4.5	24	
35	4	5.5	18	
36	4	3.5	24	

*Fuente:* StatGrafic.v

**a. Principios éticos**

Este proyecto de investigación se ha tenido que efectuar la revisión literaria de diversos autores, de los cuales se han tomado partes específicos relacionados al tema de investigación, agregando dichos textos al trabajo de investigación pero con el debido reconocimiento a la propiedad intelectual de modo tal que se ha especificado las referencias bibliográficas respectivas con el nombre del autor y/o autores.

Asimismo para el desarrollo de la presente investigación, se efectuará mediante criterios éticos como es la responsabilidad social que evita perjudicar la salud de las personas, y criterio medioambiental a fin de evitar la emisión de gases tóxicos nocivos para la salud humana como del mismo modo contaminar el medio ambiente con consecuencia el deterioro de la capa de ozono.

**b. Criterios de rigor científico**

Para efectuar análisis químicos se tendrá como referencia la AOAC que es una asociación científica internacional sin fines de lucro sede en EE.UU., que publica los métodos de análisis químicos estandarizados diseñados para aumentar la confianza en los resultados de análisis, para lo cual se efectuará las pruebas necesarias requeridas por dichos estándares, ayudados para determinar la manera de realizar la pruebas por el software

denominado stat grafic V 5.1 en donde se precisará los factores 91 independientes, así como se precisará los rangos de trabajo y el número de niveles a estudiar, así como también se colocará la variable respuesta (variable dependiente)

Asimismo para obtener un criterio más amplio de referencia sobre las variables independientes a trabajar con más altos indicativos se ha tenido que recurrir a los antecedentes de investigación como es el caso de la tesis de nombre Evolución de las condiciones de fermentación alcohólica utilizando *saccharomyces cerevisiae* y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol, del autor Nieto Galarza Hernán Oswaldo (2009)

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1. Resultados en tablas y gráficos

#### 4.1.1. Acondicionamiento de materia prima

La muestra estuvo constituida por residuos frutícolas como son: chirimoya, granadilla, plátano, papaya, las cuales han sido obtenidas del mercado Moshoqueque del Distrito de José Leonardo Ortiz, significado que de dicha materia prima se obtuvo los siguientes resultados.

#### Cuadro 4.1

*Características de la materia prima*

<b>Residuos Frutícolas</b>	<b>Kg</b>	<b>pH</b>	<b>°Brix</b>
Chirimoya	6.86	4.3	25
Granadilla	8.62	4.7	5
Papaya	4.70	5.3	8
Plátano	6.72	4.9	19

*Fuente: Propia*

#### 4.1.2. Trituración

Una vez acondicionada la materia prima, se realizó la trituración, a fin de reducir el tamaño de las partículas para mejor rendimiento en la hidrólisis.

**Cuadro 4.2**

*Reducción de las partículas*

<b>Muestra</b>	<b>Kg</b>	<b>Lt</b>	<b>Kg<sub>torta</sub></b>
Chirimoya	6.86	3.36	2.74
Granadilla	8.62	3.36	5.17
Papaya	4.70	3.36	1.68
Plátano	6.72	3.36	0.75
<b>TOTAL</b>	<b>26.9</b>	<b>13.4.</b>	<b>10.34</b>

*Fuente: Propia*

#### 4.1.3. Hidrolisis

**Cuadro 4.3**

*Proporciones para la realización de la hidrolisis*

	<b>Kg. M.P</b>	<b>Kg. Torta</b>	<b>T (° C)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Lt. Jugo</b>
Proceso de Trituración	26.9	10.34	24	3	13.4
1 <sup>era.</sup> Hidrolisis ácida	----	10.34	75-80	2	-----
2 <sup>da.</sup> Hidrolisis ácida		9.50	65-70	0.45	8.27 2
TOTAL	----	9	----	-----	21.6 72

*Fuente: Propia*

Para la realización de la hidrolisis, se diluyó la torta en proporciones de 1:4 con agua, añadiendo posteriormente 9.9 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a una concentración del 2%, obteniendo el 16 % (8.272 L.) de jugo hidrolizado, el mismo que se homogenizó con el jugo obtenido inicialmente del proceso unitario de trituración, significando que del total resultante de la mezcla sólo se utilizará 16 Lt., necesario para cumplir el requerimiento para las muestras.

#### **Cuadro 4.4**

##### *Dilución con agua*

	<b>Lt jugo</b>	<b>Lt. H<sub>2</sub>O</b>	<b>Total (Lt)</b>	<b>pH</b>	<b>°Brix</b>
Jugo de Residuos Frutícolas	16	8	24	4.8	10

*Fuente:* Propia

La dilución con agua se efectuó por motivo que el jugo de la mezcla presentaba una consistencia muy espesa, lo cual significaba un 94 inconveniente para el desarrollo de la fermentación y posteriormente el destilado.

#### 4.1.4. Tratamiento térmico

##### Cuadro 4.5

*Rangos para la inactivación de enzimas*

<b>Lt. Muestra</b>	<b>Rango de T° (°C)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
24	95 - 102	30

*Fuente: Propia*

Este tratamiento térmico se efectuó a dicho tiempo y temperatura a fin de inactivar enzimas, eliminar microorganismos que afecten la producción de alcohol durante la fermentación.

#### 4.1.5. Estandarización

**Cuadro 4.6**

Estandarización de pH y °Brix

N° MUESTRAS	LT.	pH. INICIAL	pH. FINAL	C. DE ÁCIDO CÍTRICO EMPLEADO (GR)	C. DE HIDROXIDO DE SODIO EMPLEADO (GR)	°Brix. INICIAL	°Brix. FINAL	C. DE AZÚCAR RUBIA EMPLEADA (GR)	N°. MTS X 500 ML.
<b>01</b>	2	4.8	3.5	1.272	-----	7	18	268.29	4
<b>02</b>	2	4.8	3.5	1.272	-----	7	21	354.43	4
<b>03</b>	2	4.8	3.5	1.272	-----	7	24	447.36	4
<b>04</b>	2	4.8	4.5	0.294	-----	7	18	268.29	4
<b>05</b>	2	4.8	4.5	0.294	-----	7	21	354.43	4
<b>06</b>	2	4.8	4.5	0.294	----	7	24	447.36	4
<b>07</b>	2	4.8	5.5	-----	1.64	7	18	268.29	4
<b>08</b>	2	4.8	5.5	-----	1.64	7	21	354.43	4
<b>09</b>	2	4.8	5.5	-----	1.64	7	24	447.36	4

*Fuente:* Propia

Para lograr la estandarización de las variables requeridas se ha utilizado azúcar rubia para aumentar el °Brix, ácido cítrico para aumentar el pH, Hidróxido de Sodio para disminuir el pH., como se detalla en el cuadro que precede.

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

#### 4.1.6. Fermentación

**Cuadro 4.7**

*Se adiciono la levadura Saccharomyces Cerevisiae*

N° Muestras	LT.	pH.	°Brix.	Levadura Saccharomyces Cerevisiae (Gr)	Tiempo (días)
01	2	3.5	18	4	08
02	2	3.5	21	4	08
03	2	3.5	24	4	08
04	2	4.5	18	4	08
05	2	4.5	21	4	08
06	2	4.5	24	4	08
07	2	5.5	18	4	08
08	2	5.5	21	4	08
09	2	5.5	24	4	08

*Fuente: Propia*

Se adicionó la levadura previa esterilización para el óptimo desempeño de la Saccharomyces Cerevisiae en la etapa de fermentación por un periodo de ocho días.

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

#### 4.1.7. Destilación

**Cuadro 4.8**

*Porcentaje de alcohol de los residuos frutícolas*

Antes de la Fermentación		Después de la Fermentación		Acondicionamiento	Destilación		Rendimiento
°Brix	pH	°Brix	pH	Muestra ml	H <sub>2</sub> O ml	Grados de alcohol	Lt. Alcohol/biomasa
18	3.5	19	3.7	120	200	2	0.00189
18	3.5	19	3.7	120	200	2	0.00189
18	3.5	19	3.7	120	200	2	0.00189
18	3.5	19	3.7	120	200	2	0.00189
18	4.5	6	3.8	120	200	14	0.01327
18	4.5	6	3.8	120	200	14	0.01327
18	4.5	6	3.8	120	200	14	0.01327
18	4.5	6	3.8	120	200	14	0.01327
18	5.5	6	4.2	120	200	14	0.01327
18	5.5	6	4.2	120	200	14	0.01327
18	5.5	6	4.2	120	200	14	0.01327
18	5.5	6	4.2	120	200	14	0.01327
21	3.5	22	3.7	120	200	2	0.00189
21	3.5	22	3.7	120	200	2	0.00189
21	3.5	22	3.7	120	200	2	0.00189
21	3.5	22	3.7	120	200	2	0.00189
21	4.5	9	3.8	120	200	14	0.01327
21	4.5	9	3.8	120	200	14	0.01327
21	4.5	9	3.8	120	200	14	0.01327
21	4.5	9	3.8	120	200	14	0.01327
21	5.5	9	4.3	120	200	16	0.01516
21	5.5	9	4.3	120	200	16	0.01516
21	5.5	9	4.3	120	200	16	0.01516
21	5.5	9	4.3	120	200	16	0.01516
24	3.5	25	3.7	120	200	2	0.00189
24	3.5	25	3.7	120	200	2	0.00189
24	3.5	25	3.7	120	200	2	0.00189
24	3.5	25	3.7	120	200	2	0.00189
24	4.5	10	4	120	200	18	0.01706
24	4.5	10	4	120	200	18	0.01706
24	4.5	10	4	120	200	18	0.01706
24	4.5	10	4	120	200	18	0.01706
24	5.5	9	4.3	120	200	20	0.0189
24	5.5	9	4.3	120	200	20	0.0189
24	5.5	9	4.3	120	200	20	0.0189
24	5.5	9	4.3	120	200	20	0.0189

Fuente: Propia

En el grafico se muestra el rendimiento Producto/Biomasa, el cual registra que con 24 °Brix, pH. 5.5 se ha obtenido alcohol de 20 Grados, el mismo que según los resultados presentaría las mejores condiciones para la obtención de alcohol a base de residuos frutícolas.

Se realizó un análisis multifactorial de la varianza para Grado Alcohólico. Se obtuvieron varios gráficos y test para establecer qué factores tienen un resultado estadístico significativo en Grado Alcohólico. También se obtuvo significativas interacciones entre los factores.

Los F-tests en la tabla ANOVA permitió reconocer los elementos significantes. Por cada factor significativo, el test de Rangos Múltiples reconocía que medidas son significativamente diferentes de otras. El Gráfico de Medias y el Gráfico de Interacción permitieron a aclarar los efectos significantes. Los Gráficos de Residuos ayudaron a calificar si los datos violan las asunciones subyacentes en el análisis de la varianza.

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

#### **Cuadro 4.9**

*Análisis de regresión múltiple.*

<b>ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE</b>				
<b>Variable dependiente: Grado Alcohólico</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Estimación</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Estadístico T</b>	<b>P - Valor</b>
Constante	-33.3333	5.46782	-6.09628	0
Acidez pH	7.33333	0.653919	11.2144	0
Sólidos solubles	0.555556	0.217973	2.54874	0.0156

*Fuente:* StatGrafic v. 5.1

#### **Cuadro 4.10**

*Modelo de regresión lineal múltiple*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadros</b>	<b>GL</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Cociente - F</b>	<b>P - Valor</b>
Modelo	1357.33	2	678.667	66.13	0
Residuo	338.667	33	10.2626		
Total (Corr.)	1696	35			

*Fuente:* StatGrafic v. 5.1

El cuadro nos muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple entre Grado Alcohólico y 2 variables independientes. El modelo ajustado de la ecuación es:

Grado Alcohólico:  $33.3333 + 7.33333 * \text{Acidez pH} + 0.555556 * \text{Sólidos}$

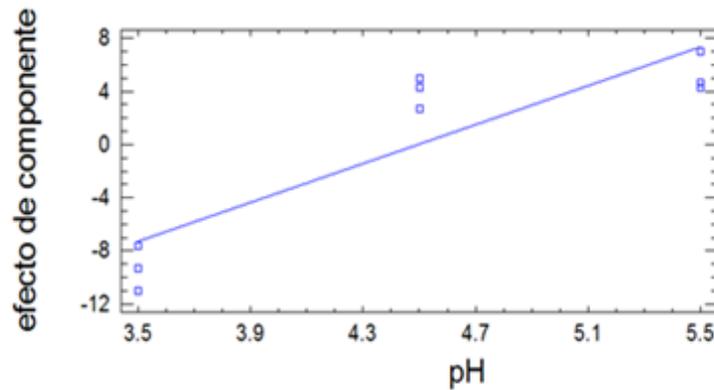
Dado que el P-valor en la tabla ANOVA es menor a 0.01, la relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99%.

R-cuadrado demostró que el modelo explica un 80.0314% de la variabilidad en Grado Alcohólico. El estadístico R-cuadrado ajustado, 100 que es más conveniente para comparar modelos con diferente números de variables independientes, es 78.8212%. LA estimación del error estándar muestra la desviación típica de los residuos que es 3.20353. El valor puede usarse para construir los límites de predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Informes del menú del texto. El error absoluto medio (MAE) de 2.66667 es el valor medio de los residuos. Dado que el p-valor es superior a 0.05, no hay indicio de auto correlación serial en los residuos.

Para decidir la simplificación del modelo, tenga en cuenta que el p-valor más alto en las variables independientes es 0.0156, perteneciendo a Sólidos Solubles. Puesto que el p-valor es inferior a 0.05, ese término es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 95%. Por tanto, probablemente no quiera quitar ninguna variable del modelo.

A partir del resumen de datos estadísticos (Anexo 1) se obtuvieron las siguientes gráficas:

Gráfico de Componente - Residuo para Grado Alcohólico



**Figura 4.1:** Gráfico de componente más residuo para grado alcohólico.

En la figura 4.1 muestra la parte del modelo ajustado que relaciona Grado Alcohólico con pH. La ecuación de la línea en el gráfico es:

$$\text{Grado Alcohólico} = 7.33333 * (\text{pH} - 4.5)$$

La línea muestra el cambio relativo que ocurre en los valores predichos de Grado Alcohólico cuando cambia Acidez pH por encima del rango observado. Entonces se traza cada punto agregando su residuo a la línea. Examinando la magnitud de los residuos relativos al cambio en los valores predichos de la respuesta, puede juzgar la importancia de la variable independiente seleccionada.

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

#### Cuadro 4.11

*Análisis de la varianza para grado alcohólico- suma de cuadros*

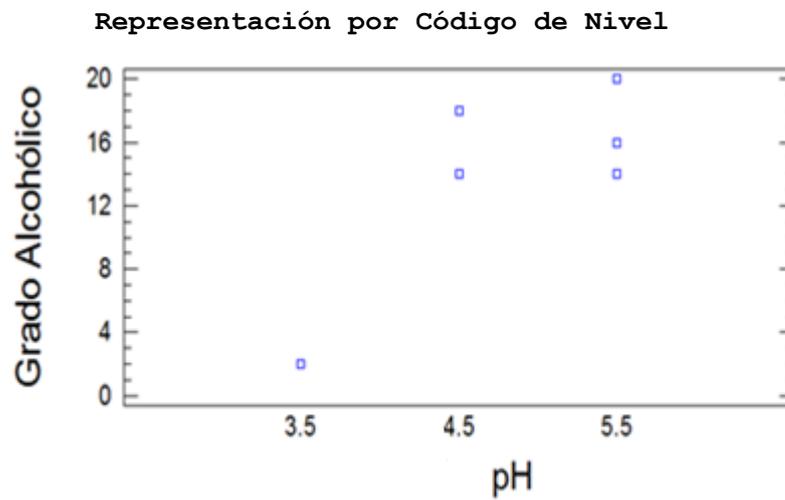
Fuente	Suma de Cuadros	GL	Cuadrado medio	Cociente -F	P - Valor
Efectos Principales					
A: pH	1578.67	2	789.333	573.5	0
B: Sólidos Solubles	74.6667	2	37.3333	27.13	0
Residuos	42.6667	31	1.37634		
Total (Corregido)	1696	35			

*Fuente:* StatGrafic v. 5.1

Los coeficientes están basados en el error cuadrático medio residual

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Grado Alcohólico en las contribuciones dado a diferentes factores. Se ha elegido la suma de cuadrados Tipo III (valor por defecto), se ha medido la contribución de cada factor eliminando los efectos del resto de los factores. Los P-valores comprueban la importancia estadística de cada uno de los factores. Dado que 2 p-valores son inferiores a 0.05, estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en Grado Alcohólico para un 95.0%.

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013



*Figura 4.2:* Gráfico de representación por código de nivel

En la figura 4.2 nos muestra que a medida que el pH. aumenta desde 3.5 a 5.5, el nivel alcohólico acrecienta, como refleja el gráfico, cuando el pH., se encuentra en 5.5 produce 20 grados de alcohol.

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

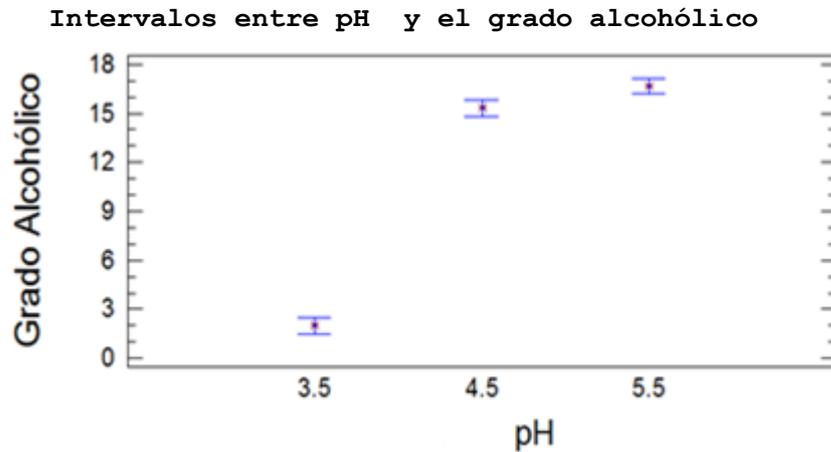


Figura 4.3: Gráfico de Intersecciones de la desviación

En la figura 4.3 se muestra las posibles intersecciones de la desviación estándar entre pH y el grado alcohólico.

**Interacciones (pH - °Brix) y 95.0 % de Fisher LSD**

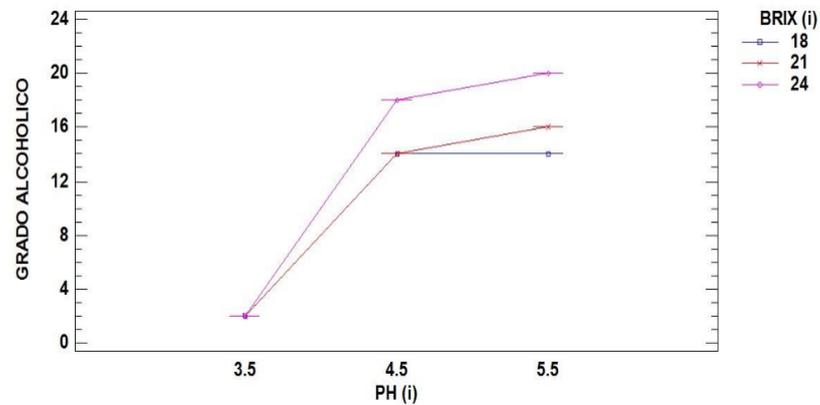


Figura 4.4: Gráfico de Interacciones y 95 % de Fisher LSD

En la figura 4.4 se muestra las interacciones óptimas de las variables independientes (pH y °Brix), para lograr el mejor rendimiento en producción de grado alcohólico, como se

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

puede evidenciar que la muestra con variables de 5.5 de pH. y 24°Brix. Se obtiene 20 grados de alcohol.

**Interacciones de las variables (°Brix- pH)**

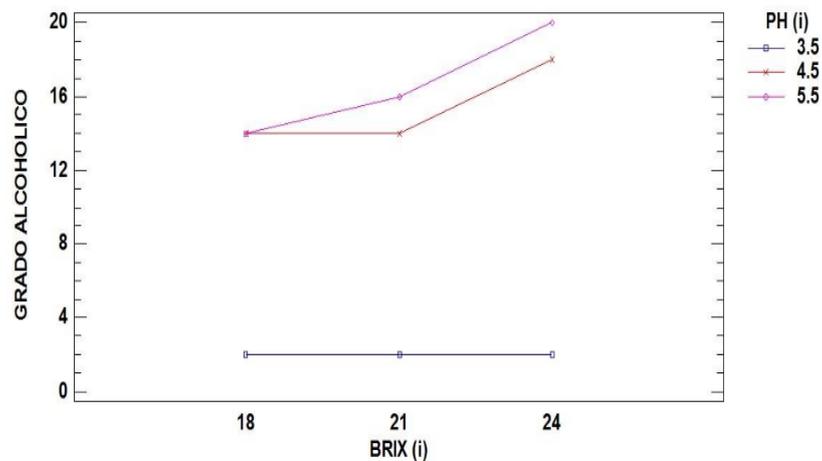


Figura 4.5: Gráfico de Interacciones

En la figura 4.5 se muestra las interacciones óptimas de las variables independientes (°Brix y pH), para lograr el mejor rendimiento en producción de grado alcohólico, como se puede evidenciar que la muestra con variables de 24°Brix y 5.5 de pH. Se obtiene 20 grados de alcohol

#### **4.2. Discusiones de los resultados**

En la tesis realizada por Nieto Galarza Hernán Oswaldo (2009), Evaluación de las condiciones de la fermentación alcohólica utilizando *Saccharomyces Cerevisiae* y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol, para evaluar la fermentación alcohólica por la levadura *Saccharomyces Cerevisiae* activa seca (LAS), frente a la misma levadura pero que ha provenido de un proceso de adaptación (LA), utilizando como sustrato jugo de caña de azúcar; obteniendo las dos levaduras que a 3.7 de pH, 20 °Brix y a una temperatura de 22 °C tienden una mejor capacidad fermentativa concluyendo que a un pH alto, °Brix intermedio, se obtiene el máximo rendimiento. A comparación de la evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas donde se determinó las variables significativas (pH y °Brix) para obtener un máximo rendimiento de alcohol; obteniendo los siguientes valores óptimos: pH. 5.5 y °Brix 24, considerando que la fermentación se ha realizado a T° ambiente (24 °C), Siendo el rendimiento máximo de alcohol extraído, donde se concluyó que a menor pH y mayor °Brix obtenemos un mejor rendimiento, respaldando dicha teoría los resultados que se obtuvo con pH. 3.5 combinadas con las tres variables de °Brix (18, 21, 24), la fermentación ha tenido lugar en cuanto al desarrollo en proporciones mínimas.

En la revista científica UMBAGA, menciona en una investigación denominada Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos realizada por Sánchez Riano, A. M.;I Gutiérrez Morales, A. 105 I.;II Muñoz Hernández, J. A. y Rivera Barrero, C. A.I (2010), donde menciona parámetros para efectuar la Hidrolisis con ácidos diluidos (1-5 %) a temperaturas altas (160-240) y tiempo de reacción de 6-2 segundos. A comparación de la evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas donde se realizó la hidrolisis con ácido sulfúrico diluido al 2%, a una temperatura de 75-80 °C durante 2 horas y una segunda hidrolisis con T° de 65-70 ° C durante 45 minutos se ha podido extraer el jugo hidrolizado y consecuentemente aumentó el rendimiento, sin que la fermentación haya sido afectada por dicho proceso como se demuestra en los resultados donde alcanzó 20 ° de alcohol con un pH. de 5.5 y 24 °Brix.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

Se estableció que los residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque como son papaya, chirimoya, plátano y granadilla sean utilizados para la obtención de Alcohol, puesto que en los análisis efectuados se ha podido cuantificar dicha producción.

Se estableció el pre-tratamiento de Hidrolisis ácida en dos niveles, para poder degradar los azúcares complejos presentes en la torta obtenida de la trituración, a azúcares simples, a fin de mejorar el rendimiento en la fermentación para la producción alcohólica.

Se evaluó en base a los resultados que con variables de pH, 5.5 y 24 °Brix estandarizados en la mezcla, influyen favorablemente para aumentar del rendimiento producto/biomasa (de residuos frutícolas), es decir que a un pH. bajo y con grados °Brix elevado se puede obtener los mejores rendimientos.

Se determinó la producción de alcohol en la fermentación de los residuos frutícolas con un valor máximo alcanzado de 20 grados con las variables antes descritas.

Se obtuvo un rendimiento alcohólico de 0.1575 Lt/Kg de la

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado  
Moshoqueque.

## 5.2. Recomendaciones

Los residuos de frutas por su carácter perecedero deben ser procesados en el menor tiempo posible luego de su recolección o en tal caso se deben mantener en refrigeración.

La disminución del tamaño de partículas lleva a un aumento de superficie específica y un menor grado de polimerización (DP).

Al tener incrementado una área superficial específica, reduce DP, este es un elemento que incrementa los rendimientos de la hidrólisis (teniendo en cuenta la clase de biomasa, clase y duración de la molienda), también se disminuyó el tiempo de digestión entre el 23–59% (así se incrementa la velocidad de la hidrólisis).

Para efectuar el pre tratamiento de hidrólisis se debe tener en cuenta que si utilizamos ácidos concentrados: se obtendrán rendimientos de hidrólisis superiores al 90%. Ácidos diluidos: consumo de ácidos bajo; hidrólisis del 80 al 100% de la hemicelulosa; la T° alta favorece la hidrólisis de la celulosa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEB-BIBLIOGRAFÍA

1. Alcalá García, Á. M. (2012). Producción de bioetanol: mejora del proceso a partir de grano de cereal y de biomasa lignocelulósica tratada con steam explosion. Madrid.
2. Alcalá, A. (2012). Tesis: Producción de bioetanol: mejora del proceso a partir de grano de cereal y de biomasa lignocelulósica tratada con steam explosion. Recuperado el 19 de 08 de 2013, de <http://eprints.ucm.es/15187/2/T33743.pdf>
3. Cadena Agroindustrial. (2004). Recuperado el 20 de 08 de 2013, de Etanol: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4648e/A4648e.pdf>
4. Cadena Agroindustrial. (2004). Etanol. Nicaragua.
5. Castro, P., Contreras, Y., Laca, D., & Nakamatsu, K. (2004). Café de Especialidad: Alternativa para el Sector Cafetalero peruano. Recuperado el 20 de 08 de 2013, de Esan: <http://www.esan.edu.pe/paginas/pdf/cafe.pdf>
6. Cecotti, L., Masera, O., Coralli, F., García, C., Riegelhaupt, E., Arias, T., . . . Guerrero, G. (2011). La bioenergía en México. Recuperado el 28 de 09 de 2013. <http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.rembio.org.mx%2F2011%2FDocumentos%2FCuadernos%2FCT4.pdf&ei=h99IUrODIoq89QTUq4HAAQ&usg=AFQjCNGIhFp0hFj9PQS UAYPlq1RQ1euxxQ&sig2=lizzIVvQOhzyvt3Z0AnlgA>
7. Córdova Pérez, M. D. (2011). Determinación del efecto de la concentración de la base NaOH de la celulosa y celobiasa en la hidrólisis para la producción de etanol a partir del rastrojo de piña. Costa Rica.

8. Córdova, M. (2011). Tesis: Determinación del efecto de la concentración de la base NaOH de la celulasa y celobiasa en la hidrólisis para la producción de etanol a partir del rastrojo de piña. Recuperado el 11 de 09 de 2013, de <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/605/Tesis%20Maureen%20C%3%b3rdoba.pdf?sequence=1>
9. Cuervo, L., Folch, J., & Quiroz, R. (2009). Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol. Recuperado el 17 de 08 de 2013, de Artículo:[https://www.google.com.pe/search?hl=es419&noj=1&q=Lignocelulosa+como+fuente+de+az%C3%BAcares+para+la+producci%C3%B3n+de+etanol+&oq=Lignocelulosa+como+fuente+de+az%C3%BAcares+para+la+producci%C3%B3n+de+etanol+&gs\\_l=serp.3...172501.172501.0.173315.1.1.0.0](https://www.google.com.pe/search?hl=es419&noj=1&q=Lignocelulosa+como+fuente+de+az%C3%BAcares+para+la+producci%C3%B3n+de+etanol+&oq=Lignocelulosa+como+fuente+de+az%C3%BAcares+para+la+producci%C3%B3n+de+etanol+&gs_l=serp.3...172501.172501.0.173315.1.1.0.0)
10. Dávila, G., & Vásquez, R. (2006). Enzimas Ligninolíticas fungicas para fines ambientales. Recuperado el 12 de 09 de 2013, de <http://www.udea.edu.co/portal/page/portal/bibliotecaSedesDependencias/unidadesAcademicas/CorporacionAcademicaAmbiental/BibliotecaDiseno/Archivos/Degradacionlignina.pdf>
11. Dávila, G., & Vásquez, R. (2006). Enzimas Ligninolíticas fungicas para fines ambientales. México.
12. Domínguez, M., Álvarez, A., Castrejón, T., Grannados, M., Hernández, F., Alcalá, V., & Tapia, J. (2011). Estudio de la cinética de la hidrólisis ácida del bagazo de caña de azúcar sin pretratamiento para la obtención de azúcares reductores. Recuperado el 17 de 08 de 2013, de Revista Iberoamericana de polímeros:  
<http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/MAY11/dominguez.pdf>

13. Garzón Castaño, S. C., & Fernández Londoño, C. (2009). Estudio comparativo para la producción de etanol entre *Saccharomyces cerevisiae* silvestre, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763 y *Candida utilis* ATTC 9950. Pereira.
14. Garzón, S., & Fernández, C. (2009). Tesis: Estudio comparativo para la producción de etanol entre *Saccharomyces cerevisiae* silvestre, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763 y *Candida utilis* ATTC 9950.
15. Guarnizo Franco, A., Martínez Yépes, P. N., & Valencia Sánchez, H. A. (2009). Pretratamiento de la celulosa y biomasa para la sacarificación. Scientia et Technica.
16. ICAFE. (s.f.). Propuesta de aprovechamiento energético de los sub productos del café.
17. López , A., & Castillo, B. (2012). Tesis: Validación del mucílago del café para la producción de etanol y abono orgánico. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de <http://slbn.files.wordpress.com/2008/08/original-informe-final-reparado-ver-final-reparado.pdf>
18. López Castillo, A. L., & Castillo Araúz, B. A. (2012). Validación del mmucílago del café para la producción de etanol y abono orgánico. Estelí.
19. Masera Cerutti, O., Coralli, F., García Bustamante, C., Riegelhaupt, E., Arias Chalico, T., Vega Gregg, J., . . . Cecotti, L. (2011). La bioenergía en México. México.
20. Medina Morales, M. A., Lara Fernández, L., Aguilar, C. N., & De la Garza Toledo, H. (2011). Aprovechamiento de materiales lignocelulósicos para la producción de etanol como carburante. AQM, 3.

21. Medina, M., Lara, L., Aguilar, C., & De la Garza, H. (2011). Aprovechamiento de materiales lignocelulósicos para la producción de etanol como carburante. Recuperado el 05 de 09 de 2013.
22. Mejía Giraldo, L., Martínez Correa, H., Betancourt Gutiérrez, J., & Castrillón Castaño, C. (2007). Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería y Ciencia*, 41.
23. Mejía, L., Martínez, H., Betancourt, J., & Castrillón, C. (2007). Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. Recuperado el 18 de 08 de 2013, de *Revista Ingeniería y Ciencia*: [https://www.google.com.pe/#q=Aprovechamiento+del+residuo+agroindustrial+del+mango+com%C3%BA+\(Mangifera+indica+L.\)+en+la+obtenci%C3%B3n+de+az%C3%BAcares+fermentables](https://www.google.com.pe/#q=Aprovechamiento+del+residuo+agroindustrial+del+mango+com%C3%BA+(Mangifera+indica+L.)+en+la+obtenci%C3%B3n+de+az%C3%BAcares+fermentables).
24. MINCETUR. (s.f.). Perfil del mercado y competitividad exportadora de etanol. Recuperado el 04 de 11 de 2013, de <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Etanol.pdf>
25. Oliva Domínguez, J. (2003). Efecto de los productos de degradación originados en la explosión por vapor de biomasa de chopo sobre *Kluyveromyces marxianus*. Madrid.
26. Oliva, J. (2003). Tesis: Efecto de los productos de degradación originados en la explosión por vapor de biomasa de chopo sobre *Kluyveromyces marxianus*. Recuperado el 13 de 09 de 2013, de <http://biblioteca.ucm.es/tesis/bio/ucm-t26833.pdf>
27. Palacios Betancur, L. E. (2005). Caracterización de propiedades fluidodinámicas de lechos fluidizados en frío con mezclas de carbon-biomasa usadas en procesos de Co-Gasificación. Medellín.
28. Palacios, L. (2005). Tesis: Caracterización de propiedades fluidodinámicas de lechos fluidizados en frío con mezclas de

carbon-biomasa usadas en procesos de Co-Gasificación. Recuperado el 07 de 09 de 2013, de [http://eav.upb.edu.co/banco/sites/default/files/files/TESISPROCESOSDECOGASIFICACION\\_0.pdf](http://eav.upb.edu.co/banco/sites/default/files/files/TESISPROCESOSDECOGASIFICACION_0.pdf)

29. Pejó, T., & Elia, M. (2010). Tesis: Bioetanol de paja de trigo: Estrategias de integración de las etapas del proceso. Recuperado el 11 de 09 de 2013, de <http://eprints.ucm.es/10802/1/T31774.pdf>
30. Peña Poma, M. (2008). Optimización de las condiciones de cultivo de las cepas *Pichia stipitis* para la producción de bioetanol, a partir del hidrolizado de aserrín de Curuoua como residuo lignocelulósico. La Paz, Bolivia.
31. Rodríguez Valencia, N., & Zambrano Franco, D. A. (2010). Los productos del café: Fuente de energía renovable. CENICAFE.
32. Rodríguez, N., & Zambrano, D. (2010). Los productos del café: Fuente de energía renovable. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de Revista Cenicafe.
33. Sánchez Riaño, A. M., Gutiérrez Morales, A., Muñoz Hernández, J., & Rivera Barreno, C. (s.f.). Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. UMBAGA. Sánchez, A., Gutierrez, A., Muñoz, J., & Rivera, C. (2010). Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. Recuperado el 15 de 08 de 2013, de Revista Umbaga: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/194>
34. Tecnologías Ambientales Sanas. (s.f.). Obtenido de [http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311604/311604\\_rec\\_i.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311604/311604_rec_i.htm)
35. Tejeda, D., Quintana, J., Pérez, J., & Young, H. (2011). Etanol a partir de residuos de poda, mediante hidrólisis ácida e hidrólisis

enzimática. Recuperado el 02 de 10 de 2013, de <http://www.udca.edu.co/attachments/article/1468/obtencion-etanol-residuos-poda-mediante-hidrolisis-acida-enzimatica.pdf>

36. Tejeda, D., Quintana, J., Pérez, J., & Young, H. (2011). Etanol a partir de residuos de poda, mediante hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 115.
37. Tejeda, L., Tejeda, C., Villabona, A., Alvear, M., Castillo, C., Henao, D., . . . Tarón, A. (2010). Producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y piña. Recuperado el 16 de 08 de 2013, de *Revista Educación en Ingeniería*: <https://www.google.com.pe/#psj=1&q=Producci%C3%B3n+de+bio+etanol+a+partir+de+la+fermentaci%C3%B3n+alcoh%C3%B3lica+de+jarabes+glucosados+derivados+de+c%C3%A1scaras+de+naranja+y+pi%C3%B1a>
38. Tejeda, L., Tejeda, C., Villabona, Á., Alvear, M., Castillo, C., Henao, D., . . . Tarón, A. (2010). Producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y piña. *Educación en Ingeniería*.
39. Tomás Pejó, M. E. (2010). *Bioetanol de paja de trigo: Estrategias de integración de las etapas del proceso*. Madrid.
40. Triana Caraton, C. F. (2010). *Producción de etanol a partir de residuos provenientes del cultivo de café*. Manizales, Colombia.
41. Triana, C. (2010). Tesis: *Producción de etanol a partir de residuos provenientes del cultivo de café*. Recuperado el 01 de 10 de 2013, <http://www.bdigital.unal.edu.co/1974/1/cristianfernandotrianacaranton.2010.pdf>

42. Valenzuela Martinez, M. L. (2012). Hidrólisis emzimática del excedente orgánico del banano usando Hongos versicolor para la obtención de etanol. Quito.
43. Valenzuela, M. (2012). Tesis: Hidrólisis emzimática del excedente orgánico del banano usando Hongos versicolor para la obtención de etanol. Recuperado el 02 de 09 de 2013, de [http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.dspace.uce.edu.ec%2Fbitstream%2F25000%2F475%2F1%2FTUCE-001713.pdf&ei=YdhIUu7TGY689QT57oA4&usg=AFQjCNHbOV4yVKehglZktGvIYt0DrSV\\_4w&sig2=ZjJ-uTD5U\\_d3](http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.dspace.uce.edu.ec%2Fbitstream%2F25000%2F475%2F1%2FTUCE-001713.pdf&ei=YdhIUu7TGY689QT57oA4&usg=AFQjCNHbOV4yVKehglZktGvIYt0DrSV_4w&sig2=ZjJ-uTD5U_d3)
44. Vásquez, H., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de <http://www.ejournal.unam.mx/ict/vol0804/ICT000800404.pdf>
45. Vásquez, H., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. México.
46. Vergara Cobián, S. A. (2012). Cafe peruano: Aroma y Sabor para nosotros y el mundo. Perú.
47. Vergara, C., & Segundo, A. (2012). Cafe peruano: Aroma y Sabor para nosotros y el mundo. Recuperado el 07 de 08 de 2013, de Reporte de inteligencia de mercados: [http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Informe%20de%20inteligencia%20de%20mercado%20del%20caf%C3%A9\\_2012.pd](http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Informe%20de%20inteligencia%20de%20mercado%20del%20caf%C3%A9_2012.pd)

## ANEXOS

### Anexo 1

#### *Prueba blanca*

N° Muestra	Lt	°Brix	pH	°Brix Final	pH	Levadura Fresca (Gr)	Tiempo (Hrs)	Muestra ml	H <sub>2</sub> O ml	Grado Alcohólico	Rendimiento
1	1	7	3.5	7.5	3.7	2.5	8	120	200	0.8	0.003318
2	1	7	3.5	7.5	3.7	2.5	8	120	200	0.8	0.003792
3	1	7	3.5	7.5	3.7	2.5	8	120	200	0.9	0.002844
4	1	7	4.5	3.5	3.8	2.5	8	120	200	5.6	0.010428
5	1	7	4.5	3.5	3.8	2.5	8	120	200	5.5	0.010428
6	1	7	4.5	3.5	3.8	2.5	8	120	200	5.7	0.010428
7	1	7	5.5	2.5	4.2	2.5	8	120	200	6.4	0.01659
8	1	7	5.5	2.5	4.2	2.5	8	120	200	6.4	0.016116
9	1	7	5.5	2.5	4.2	2.5	8	120	200	6.4	0.01659

*Fuente:* Elaboración propia

En el cuadro se compara los resultados de las pruebas de tres comparaciones con pH (3.5–4.5–5.5) en donde se utilizó levadura fresca (en pasta) para disminuir el consumo de azúcar por propagación de levadura. La adaptación del medio (acidificación) por la levadura genera un mejor desarrollo de la producción de alcohol a pH (5-5.5)

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

## Anexo 2

Determinación del contenido de azúcares reductores según Norma Técnica Peruana 207.022 – Procedimiento Lane y Eynon

---

NORMA TÉCNICA	NTP 207.022
PERUANA	2005

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

R.0084-2005/INDECOPI-CRT.Publicada el 2005-10-22

Precio basado en 23 páginas

I.C.S.: 67.180.10

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Azúcar rubia, proceso de caña, azúcares especiales, determinación del contenido de azúcares reductores, procedimiento de Lane y Eynon, volumen constante

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

Determinación del contenido de azúcares reductores según Norma Técnica Peruana 207.022 – Procedimiento Lane y Eynon

### Fotos elaboradas en la investigación



*Fotografía de la muestra Blanca e Hidrolizada*



*Muestra Blanca e Hidrolizada listas para su determinación (8 ml)*



*Proceso de encerado Adición de Acetato de plomo – solución deplomadora*

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013



*Fehling A – Fehling B lista para su aplicación*



*Titulación para la determinar la presencia de azúcares reductores*



*Fotografía donde identificamos la presencia de azúcares reductores*

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

### Datos

- °Brix

<b>Muestra</b>	<b>Pureza de la Muestra (F)</b>	<b>Interpolación (F)</b>
Muestra Blanca	35 %	0.9855
Muestra Hidrolizada		

*Fuente:* Elaboración propia

- Titulación realizada de las tres muestras

<b>Muestra</b>	<b>Gasto</b>
Muestra Blanca	15 ml
Muestra Hidrolizada	47.5 ml

*Fuente:* Elaboración propia

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

## **Cálculo**

Determinación de sacarosa

$$2 \text{ g.} * \frac{0.9855}{100} = 0.01971$$

- **Muestra Blanca**

Cantidad de sustancias reductoras

$$A.R (\%) = \frac{0.1971 * 10}{15 * 12} = 0.001095 \%$$

- **Muestra Hidrolizada**

Cantidad de sustancias reductoras

$$A.R (\%) = \frac{0.1971 * 10}{47.5 * 12} = 0.000345 \%$$

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

### **Anexo 3**

#### **Acondicionamiento de la materia prima**



*Pesado de la materia prima (chirimoya, granadilla, papaya y plátano)*



*Trituración de la materia prima a utilizar*



*Jugo (chirimoya, granadilla, papaya y plátano)*

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

#### **Anexo 4**

Hidrolisis acida de la torta (residuos frutícolas)



*Determinación del tratamiento: Hidrolisis Acida (75-80 °C) por 2h*

#### **Anexo 5**

Estandarización de la muestra



*Modificación de pH (3.5-4.5-5.5) °Brix (18-21-24, según modelo experimental)*

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

## Anexo 6



*Inoculación de microorganismo (*Saccharomyces Cerevisiae*)*



*Control de tiempo (8 días) y temperatura durante la fermentación ( $T^{\circ}$  ambiente)*

Evaluación del rendimiento alcohólico en la fermentación de residuos frutícolas generados en el mercado Moshoqueque del distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2013

## Anexo 7



*Destilación de la muestra, medición indirecta*



*Medición de grado alcohólico utilizando un alcoholímetro*

## Anexo 8

### *Artículos Científicos*

*Revista Iberoamericana de Polímeros*  
*Domínguez et al.*

*Volumen 12(3), Mayo de 2011*  
*Cinética de hidrólisis ácida*

### **ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE LA HIDRÓLISIS ÁCIDA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR SIN PRETRATAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES**

María Magdalena Domínguez Domínguez<sup>1</sup>, Alberto Álvarez Castillo<sup>1\*</sup>, Teodoro Castrejón Rosales<sup>1†</sup>, Manuel Jesús Granados Baeza<sup>1</sup>, Francisco Javier Hernández Campos<sup>1</sup>, Víctor H. Alcalá Octaviano<sup>1</sup>, Juan Carlos Tapia Picazo<sup>2</sup>

1) División de Estudios de Postgrado e Investigación, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica y Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Zacatepec. Calzada Tecnológico 27, Zacatepec, Morelos (México), C.P. 62780. Correo electrónico: nuabli@yahoo.com.mx

2) Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Av. Adolfo López Mateos 1801, Aguascalientes, Aguascalientes, México, C.P. 20256.