



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado

**CUANTIFICACIÓN DE VINAGRE OBTENIDO DE CÁSCARA DE PIÑA POR  
MEDIO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, Y SU INCIDENCIA  
EN LA PRODUCTIVIDAD, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA**

**Karla Anabella Reyes**

Asesorado por el Msc. Mischael Hernández López

Guatemala, diciembre de 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CUANTIFICACIÓN DE VINAGRE OBTENIDO DE CÁSCARA DE PIÑA POR  
MEDIO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, Y SU INCIDENCIA  
EN LA PRODUCTIVIDAD, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KARLA ANABELLA REYES**

ASESORADO POR EL MSC. MISCHAEEL HERNÁNDEZ LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, DICIEMBRE DE 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. Elvia Miriam Ruballos
VOCAL IV	Br. Narda Lucia Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Veliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Murphy Olimpo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Luis Duque
EXAMINADOR	Ing. César Akú
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **CUANTIFICACIÓN DE VINAGRE OBTENIDO DE CÁSCARA DE PIÑA POR MEDIO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha septiembre de 2013.

**Karla Anabella Reyes**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser una guía a tomar el camino correcto.
<b>Mi madre</b>	Esperanza Reyes Reyes, por su amor, dedicación y apoyo incondicional por siempre.
<b>Mi hijo</b>	Diego Alejandro Quan Reyes, por ser el amor y el motor de mi vida por siempre.
<b>Mis tías</b>	Mayra Leticia Reyes Reyes, por su ejemplo y su influencia de tenacidad e Irma Yolanda Reyes Reyes (q.e.p.d.), por estar siempre en mi mente y en mi corazón.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Gloriosa Universidad que me permitió nutrirme de conocimiento en sus aulas.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por enseñarme el conocimiento para un desarrollo profesional
<b>Ing. Victor Suárez</b>	Por su apoyo incondicional al desarrollo de ésta investigación
<b>Ing. Mischael Hernández</b>	Por su apoyo, amistad y asesoría al desarrollo de esta investigación





FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
**EP**  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

Ref. APT-2015-052

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Gestión Industrial titulado: **"CUANTIFICACIÓN DE VINAGRE OBTENIDO DE CÁSCARA DE PIÑA POR MEDIO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA"** presentado por la Ingeniera Química **Karla Anabella Reyes**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
DECANO 

Guatemala, Diciembre de 2015.

Cc: archivo  
/la



FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
**ES** ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

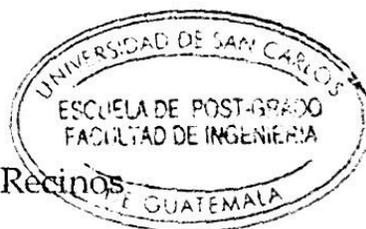
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2015-052

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del Trabajo de Graduación titulado **"CUANTIFICACIÓN DE VINAGRE OBTENIDO DE CÁSCARA DE PIÑA POR MEDIO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA"** presentado por la Ingeniera Química **Karla Anabella Reyes**, correspondiente al programa de Maestría en Gestión Industrial; apruebo y autorizo el mismo.

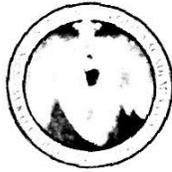
*"Id y Enseñad a Todos"*

MSc. Ing. **Murphy Olympo Paiz Recinos**  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Diciembre de 2015.

Cc: archivo  
/la



FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2015-052

Como Coordinador de la Maestría en Gestión Industrial y revisor del Trabajo de Graduación titulado "CUANTIFICACIÓN DE VINAGRE OBTENIDO DE CÁSCARA DE PIÑA POR MEDIO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA " presentado por la Ingeniera Química Karla Anabella Reyes, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo  
Coordinador de Maestría  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Diciembre de 2015.

Cc: archivo  
/a



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. PRODUCTIVIDAD.....	1
1.1. Productividad.....	1
1.2. Calidad y productividad en las pymes .....	2
1.3. El reto de la productividad .....	3
1.4. Medición de la productividad .....	3
1.5. Indicadores.....	4
1.5.1. Indicador de rendimiento .....	4
1.5.2. Indicador de productividad.....	5
1.5.3. Diseño de indicadores .....	5
2. PIÑA.....	7
2.1. Concepto .....	7
2.2. Clasificación taxonómica .....	8
2.3. Componentes de la piña.....	9
2.4. Aspectos económicos de la piña en Guatemala.....	10
2.5. Procedencia y destino del comercio de piña .....	11
2.6. Aspectos productivos de la piña .....	13
2.7. Épocas de siembra.....	13

	2.7.1.	Principales departamentos productores de piña en Guatemala .....	14
2.8.		Área cosechada .....	15
2.9.		Área, producción y rendimiento (2007-2013) .....	16
	2.9.1.	Aspectos del mercado interno .....	17
	2.9.2.	Ubicación de la aldea el Jocotillo, Villa Canales .....	17
	2.9.3.	Principales cultivares de piña .....	19
3.		FERMENTACIÓN .....	23
3.1.		Concepto .....	24
3.2.		Fermentación alcohólica .....	24
	3.2.1.	Levaduras.....	25
	3.2.2.	Obtención de etanol .....	26
3.3.		Fermentación acética.....	28
	3.3.1.	Bacteria .....	29
	3.3.2.	Vinagre.....	30
4.		CONTAMINACIÓN POR RESÍDUOS AGRÍCOLAS .....	33
4.1.		Subproducto.....	35
4.2.		Residuos .....	35
4.3.		Desecho .....	35
5.		PRESENTACION DE RESULTADOS.....	37
5.1.		Investigación inicial .....	37
5.2.		Muestra .....	37
	5.2.1.	Cálculo de la muestra.....	37
5.3.		Preparación de la levadura de cerveza ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	46

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	69
CONCLUSIONES .....	77
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS.....	86



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Piña Cayena lisa .....	8
2.	Departamentos productores de piña .....	14
3.	Área cosechada de piña en Guatemala .....	15
4.	Ubicación aldea El Jocotillo.....	18
5.	Cayena lisa .....	20
6.	Queen .....	21
7.	Spanish Red.....	21
8.	Abacaxi .....	22
9.	Esquema general de investigación .....	23
10.	Recepción de piña.....	40
11.	Pila de lavado.....	41
12.	Transporte a corte de cáscara .....	41
13.	Cáscara de piña .....	42
14.	bagazo de piña.....	42
15.	Cáscaras de piña .....	43
16.	Cilindro de piña .....	43
17.	Piña en almíbar .....	44
18.	Transporte de residuos por persona particular.....	44
19.	Proceso de envasado.....	44
20.	Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	46
21.	Fermentadores.....	47
22.	Filtrado de la fermentación alcohólica.....	48

23.	Contenido de azúcar .....	49
24.	Proceso de fermentación alcohólica .....	50
25.	Relación de pH final y los grados Brix obtenidos .....	51
26.	<i>Acetobacter aceti</i> , <i>Mycoderma aceti</i> .....	52
27.	Filtrado de fase fermentación alcohólica. Inoculado con <i>Mycoderma aceti</i> .....	53
28.	Proceso de fermentación acética.....	53
29.	Proceso de fermentación acética.....	54
30.	Representación gráfica del rendimiento del proceso de envasado de piña en almíbar .....	60
31.	Representación gráfica de los Kilos de piña ingresada vrs. Kilos de piña envasada.....	61
32.	Representación de los factores que más inciden en la generación de residuos .....	63
33.	Rendimiento de vinagre obtenido .....	49

## TABLAS

I.	Composición del fruto de la piña (contenido en 100 g de porción comestible) .....	10
II.	Importaciones / exportaciones de piña 2005-2013	
III.	Importaciones / exportaciones de piña 2011 .....	12
IV.	Meses óptimos de siembra de piña .....	13
V.	Área / producción / rendimiento de piña 2007- 2013 .....	16
VI.	Mercado interno de la piña .....	17
VII.	Principales bacterias y su uso .....	29
VIII.	Datos para cálculo de la muestra.....	37

IX.	Azúcar vrs alcohol etílico.....	49
X.	Relación entre el pH final y los grados Brix obtenidos .....	52
XI.	Porcentaje (%) de vinagre.....	56
XII.	Cuantificación de porcentaje (%) de cáscara de la piña .....	57
XIII.	Rendimientos de productividad .....	58
XIV.	Rendimiento de productividad.....	58
XV.	Rendimiento de productividad octubre .....	59
XVI.	Rendimiento de productividad noviembre .....	60
XVII.	Causas más incidentes de generación de residuos .....	63
XVIII.	Resultados de la medición de indicadores evaluados.....	65
XIX.	Litros de vinagre obtenidos .....	66
XX.	Litros de vinagre obtenidos .....	67
XXI.	Porcentaje (%) de vinagre obtenido .....	72
XXII.	Integración de costos .....	74



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>Z</b>	Coefficiente de confianza
<b>CO<sub>2</sub></b>	Fórmula de dióxido de carbono
<b>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH</b>	Fórmula de etanol
<b>C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub></b>	Fórmula de glucosa
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	Fórmula del ácido acético
<b>kcal</b>	Kilocaloría
<b>e</b>	Límite aceptable de error
<b>n</b>	Tamaño de la muestra
<b>N</b>	Tamaño de la población
<b>TM</b>	Tonelada métrica
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b><i>Acetobacter aceti</i></b>	Género de bacterias del ácido acético caracterizado por su habilidad de convertir el alcohol (etanol) en ácido acético en presencia de aire.
<b>Ácido acético</b>	El ácido acético, ácido metilencarboxílico o ácido etanoico, se puede encontrar en forma de ion acetato. Este es un ácido que se encuentra en el vinagre, siendo el principal responsable de su sabor y olor.
<b>Aerobio</b>	Organismos que pueden vivir o desarrollarse en presencia de oxígeno.
<b>Anaeróbico</b>	Término que significa <i>vida sin aire</i> (donde “aire” usualmente es oxígeno).
<b>Calidad</b>	Es una herramienta básica para una propiedad inherente de cualquier cosa que permite que la misma sea comparada con cualquier otra de su misma especie.

<b>COGUANOR</b>	Organismo Nacional de Normalización, adscrito al Ministerio de Economía, lo cual se ratifica en el Decreto No. 78-2005, Ley del Sistema Nacional de la Calidad.
<b>Desecho</b>	Material o conjunto de materiales resultantes de cualquier proceso u operación que esté destinado al desuso, que no vaya a ser utilizado, recuperado o reciclado.
<b>Fenolftaleína</b>	La fenolftaleína de fórmula ( $C_{20}H_{14}O_4$ ) es un indicador de <a href="#">pH</a> que en disoluciones ácidas permanece incoloro, pero en presencia de disoluciones básicas toma un color rosado
<b>Fermentación acética</b>	La fermentación acética es la fermentación bacteriana por Acetobacter, un género de bacterias aeróbicas, que transforma el alcohol etílico en ácido acético, la sustancia característica del vinagre.
<b>Fermentación</b>	Condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos por todos los procesos de producción de alimentos.
<b>Hidróxido de potasio</b>	El hidróxido de potasio (también conocido como potasa cáustica) es un compuesto químico inorgánico de fórmula <a href="#">KOH</a> , tanto él como el <a href="#">hidróxido de sodio</a> (NaOH), son bases fuertes de uso común.

<b>Lixiviación</b>	Proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido.
<b>MAG</b>	Ministerio de Agricultura de Costa Rica.
<b>MINAET</b>	Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica.
<b><i>Mycoderma aceti</i></b>	Sustancia compuesta por un forma de celulosa y las bacterias del ácido acético que se desarrollan en la fermentación de líquidos alcohólicos, lo que convierte el alcohol en ácido acético con la ayuda del oxígeno del aire.
<b>PROAGROIN</b>	Programa de Desarrollo Agroindustrial de Costa Rica.
<b>Refractómetro</b>	Medidor óptico con el que se puede determinar el porcentaje de azúcar en el mosto.
<b>Vinagre</b>	El vinagre (del <a href="#">latín</a> « <i>vinum acre</i> », «vino agrio») es un líquido <a href="#">miscible</a> en agua, con <a href="#">sabor agrio</a> , que proviene de la <a href="#">fermentación acética</a> del alcohol.



## RESUMEN

La utilización de residuos que provienen de los diferentes procesos industriales, está cobrando importancia a nivel mundial, debido al gran impacto ecológico que los mismos están provocando; así mismo han generado investigaciones dado que aún pueden ser aprovechables y obtener subproductos de uso comercial.

Al comprar el fruto (piña) completo (sin corona), y desechar del mismo este alto porcentaje, también se está desechando la cantidad monetaria que se pagó al proveedor. Lo que se traduce en bajos rendimientos de productividad para la empresa.

A lo largo de ésta investigación, se utilizó cáscara de piña; que queda como residuo del proceso de envasado de piña en almíbar, para los ensayos de fermentación alcohólica y acética, con el objeto de obtener vinagre. La cantidad de residuo obtenido asciende al 73%, con esta cifra se puede visualizar el impacto que se tiene en el ambiente, si estos residuos no son aprovechados.

Se realizó análisis experimental a la cáscara de piña, aplicando fermentación alcohólica y acética; obteniendo al final del mismo, una cantidad del 5.28% en concentración de vinagre, que era uno de los objetivos principales de esta investigación.

Con ello la empresa puede analizar el uso del residuo generado en crear un nuevo proceso donde utilice los mismos y así incrementar su productividad al producir vinagre y así crear nuevos productos naturales para un mercado consumidor.



## OBJETIVOS

### General

Cuantificar la cantidad de vinagre que se puede obtener de la de cáscara de piña, por medio de fermentación alcohólica y acética, y su incidencia en la productividad en una empresa guatemalteca.

### Específicos

1. Describir el proceso de fermentación alcohólica y acética para obtención de vinagre, utilizando cáscara de piña; adicionando Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y bacteria (*Acetobacter aceti*); respectivamente.
2. Determinar la cantidad de producto (piña) que no es aprovechable en el proceso de piña en almíbar.
3. Determinar la cantidad de vinagre que es posible producir de la cáscara de piña, que se desecha del proceso de envasado de piña en almíbar; aplicando fermentación alcohólica y acética.
4. Definir el incremento que la empresa puede obtener en su productividad al fabricar vinagre.



## INTRODUCCIÓN

La industrialización trae consigo fuentes de trabajo, nuevas formas de comercializar las materias primas, en la industria agrícola no es la excepción. Las empresas que procesan frutas y verduras, generan una fuerte cantidad de residuos y desechos; que al no ser procesados correctamente se convierten en una fuente de contaminación al suelo, al ambiente y representa una parte de materia prima no procesada que económicamente se desecha.

La empresa se encuentra con la problemática de que hacer con la cantidad de residuo que genera, que de acuerdo a los datos obtenidos; se cuantificó que el 73% de la piña entera es residuo, de lo que puede objetarse el gran impacto ambiental y financiero que ello representa, en este mismo porcentaje.

Cobra importancia encontrar de aplicación a la recuperación y uso de los residuos, y de esta manera obtener subproductos que sean de utilidad, mitiguen la contaminación y aporten ingresos a la empresa.

Los residuos que se generan en el proceso, se refieren a la cáscara de la piña, jugo de piña, bagazo, y corazón. Principalmente se utilizó la primera; aplicándole fermentación alcohólica y fermentación acética, obteniendo vinagre en una concentración de 5.28%, en las muestras investigadas.

De esta manera se puede concluir, que efectivamente el proceso de envasado de piña en almíbar genera gran cantidad de residuo que no es aprovechable, que es posible utilizar el mismo para obtener un nuevo producto

y de esta manera aumentar la productividad de la empresa y mitigación de la contaminación ambiental.

Dichos residuos pueden ser utilizados para la obtención de otros muchos subproductos, aptos para el consumo humano; se debe hacer más investigación para lograr mayores beneficios y obtención de otros subproductos, como bioetanol, alimento para animales, jugo, té, mermeladas, entre otros.

Dichos residuos pueden ser utilizados para la obtención de otros muchos subproductos, aptos para el consumo humano; se debe hacer más investigación para lograr mayores beneficios y obtención de otros subproductos, como bioetanol, alimento para animales, jugo, té, mermeladas, entre otros.

La presente investigación está dividida en capítulos, los cuales se presentan a continuación:

Capítulo 1. Encontrará información relevante de lo que se entiende por productividad en las empresas, la importancia de su incremento mejorando los procesos agregando valor y su medición.

Capítulo 2. Encontrará información de las generalidades de la fermentación; descripción y aplicación de la fermentación alcohólica y acética.

Capítulo 3. Encontrará una descripción de lo que es la piña (la cáscara de piña es la materia prima para esta investigación). Tipos, áreas de siembra en Guatemala, usos y mercados.

Capítulo 4. Encontrará información referente a la contaminación ambiental que provocan los residuos agroindustriales.

Capítulo 5. Se presentan los resultados obtenidos en la fase experimental (aplicando fermentación alcohólica y acética) a nivel laboratorio a la cáscara de piña.

Capítulo 6. Se discuten los resultados obtenidos, en lo referente a los contenidos de alcohol y vinagre, de esta experimentación.

Capítulo 7. Conclusiones, en referencia al uso de residuos de cáscara de piña.

Capítulo 8. Recomendaciones, en referencia a otras investigaciones que son viables para los residuos en mención.



# 1. PRODUCTIVIDAD

## 1.1. Productividad

### 1.1.1 Concepto

“El concepto de productividad debe ser entendido como el resultado de la relación existente entre el valor de la producción obtenida, medida en unidades físicas o de tiempo asignado a esa producción y la influencia que hayan tenido los costes de los factores empleados en su consecución, medida también esa influencia en las mismas unidades contempladas en el valor de la producción” (Alfaro & Alfaro, 1999, p. 23).

La productividad, entonces debe entenderse como un todo, estrechamente relacionada con cada área de las empresas, ya que si una de las mismas falla, todo el sistema se vería colapsado. De ello dependerá los ahorros o desembolsos al momento de producir un producto.

La productividad está definida en su forma general de la siguiente manera

$$\text{Productividad} = \text{Salidas} / \text{Insumos}$$

“El concepto de productividad está estrechamente relacionado con el de calidad. El primero describe las características cuantitativas de las salidas, en tanto que el otro describe la calidad” (Hansen & Ghare, 1990, p. 371).

Esto implica tener control del proceso, registros de los ingresos y salidas de producto; así como la implicación monetaria que esto conlleva, y de esta

manera analizar desde el punto de vista económico cual es el aporte de este proceso a la empresa.

Se dice también que la calidad va implícita en la productividad, y efectivamente no pueden separarse, porque para evitar los desperdicios, los reprocesos, los rechazos y devoluciones, se debe ofrecer al consumidor un producto que cumpla con los requerimientos del cliente.

## **1.2. Calidad y productividad en las pymes**

Fernández (2010) argumenta que la productividad no debe confundirse con intensidad de trabajo (...), la esencia debe ser trabajar con inteligencia; por lo tanto:

- “La productividad no se puede confundir con la eficiencia, esta significa producir bienes de alta calidad en el menor tiempo posible”.
- “No se mide el rendimiento solo por el producto, este puede aumentar sin incrementar la productividad”.
- “La rentabilidad no es consecuencia de incremento de la productividad, porque se pueden obtener rendimientos así se haya descendido”.
- “La reducción de costes no necesariamente mejora la productividad”. (p. 16)

Argumentando lo anterior, es por ello que la productividad no es un factor aislado debe concatenarse con la calidad, eficiencia, rentabilidad; de un modo que todos los factores aporten hacia la mejora de proceso, y uso razonable de los insumos. Las empresas pequeñas, medianas o grandes deben producir con calidad, enfocados hacia la rentabilidad de la misma.

### **1.3. El reto de la productividad**

Productividad y eficiencia van de la mano. La mejora en los procesos se pueden conseguir de dos formas: “una reducción en la entrada mientras la salida permanece constante, o bien, el incremento en la salida mientras la entrada permanece constante” (Barry, 2001, p. 13).

Para esta investigación se tuvo en consideración incrementar la salida, mientras la entrada permanece constante; de acuerdo al mejor aprovechamiento de los insumos en las cantidades actuales, obteniendo diversificación de los productos al final del proceso.

### **1.4. Medición de la productividad**

“La medición de la productividad es necesaria para el desarrollo de cualquier actividad económica. La determinación de indicadores de productividad juega un papel importante en el desarrollo de cualquier empresa” (Doerr & Sánchez, 2006, p. 11).

Cuantificar la productividad en la actualidad y hacer un análisis del aumento que se puede obtener con la aplicación de la experimentación propuesta de fermentación. Entendiendo que productividad tiene relación estrecha con la parte económica, es de vital importancia aprovechar al máximo los recursos materiales que se ingresan al proceso.

## **1.5. Indicadores**

“La planeación y el diseño adecuados de indicadores son de gran importancia y utilidad para la evaluación de una empresa. Los indicadores se pueden dividir en cuantitativos y cualitativos. Los indicadores cualitativos son los que dan razón de ser a la empresa, mientras que los indicadores cuantitativos son los que traducen en hechos el objeto de la empresa”. (Fleitman, 2007, p. 87)

Conceptualizando lo anterior, cuando se van a definir los parámetros que se necesita medir y controlar, se debe ser objetivo para no realizar un sinnúmero de indicadores que no aporten nada a la empresa. Se deben de enfocar en los pilares más importantes que darán una visión inmediata del estado de la empresa, los procesos y los recursos. Si están siendo aprovechados al máximo o si necesita mejora e intervención. Derivado de ello se definieron los indicadores que se encontrarán posteriormente.

### **1.5.1. Indicador de rendimiento**

“Son aquellos factores cualitativos y cuantitativos que proporcionan al evaluador un indicio sobre el grado de eficiencia, eficacia y economía en la administración y ejecución de las operaciones”. (Fleitman, 2007 p. 92)

En las visitas a la planta, el investigador documentó la manera en que se está ejecutando el proceso de envasado de piña, que tan eficaz, eficiente y rentable es actualmente. Es importante cuantificar cualitativamente estos parámetros para tener punto de comparación al implantar los cambios.

### **1.5.2. Indicador de productividad**

“La medición de la productividad es el primer paso para realizar un diagnóstico sobre la utilización eficiente de los recursos productivos. Es importante conocer los factores que determinan la productividad, ya que esto permite incidir en ellos y hacer que esta se eleve”. (Fleitman 2007, p. 92)

Lo principal para el investigador era obtener la información de cómo se están utilizando los recursos; en este caso la piña y cuánto de la misma está siendo aprovechada para el actual proceso de envasado de piña. Esto proporcionó datos del ingreso de materia prima (piña), producto terminado (enlatados) y las mermas o residuos (cáscara de piña) y la manera en que se están utilizando, para implementar los cambios que garanticen una mayor productividad.

### **1.5.3. Diseño de indicadores**

El investigador al inicio de este trabajo indicó cuál es su objetivo general y sus objetivos específicos, en base a ellos se generaron los indicadores de productividad que sirvieron para concluir con la investigación planteada. Los mismos se encuentran en la sección de Diseño Metodológico.

“Para diseñar indicadores de producción, resulta fundamental establecer previamente cuáles son los objetivos que se persiguen y quien establece dichos objetivos” (Doerr & Sánchez, 2006, p. 15).



## 2. PIÑA

### 2.1. Concepto

Esta investigación se desarrolló teniendo como materia prima (piña) de la clase Cayena Lisa, aunque existen otras variedades, en la empresa en estudio es esta variedad la que utilizan para su proceso, específicamente la proveniente de la aldea el Jocotillo del municipio de Villa Canales, Guatemala.

Para entrar en materia de conocer características de este fruto, se presentan los conceptos más relevantes para crear un panorama explícito de la piña. El investigador recopilando conceptos de varias fuentes, presenta lo siguientes. La bibliografía referenciada a Guatemala es escasa, he ahí la importancia de la investigación para ir documentando más el desarrollo de este fruto en el país.

“La piña, es una planta herbácea perenne, después de la primera recolección, las yemas auxiliares del tallo prosiguen su desarrollo y forman una nueva planta que da un segundo fruto, mientras que las yemas auxiliares del pie-hijo se desarrollan a su vez para dar un tercer fruto” (Montilla, 1997, p. 19)

El área de El Jocotillo, cumple con las características ambientales y de suelo, para poder cosechar la piña.

## 2.2. Clasificación taxonómica

Reino:	Vegetal
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Bromeliales
Familia:	Bromeliaceae
Género:	Ananas
Especie:	A. comosus (L) Merr. (Pac, 2005, p. 21)

Figura 1. **Piña Cayena lisa**



Fuente: <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VklpdLcvfIV>

Como se podrá apreciar en las siguientes gráficas, hay variedad de fruto de piña, cada una con características únicas que las diferencian de las demás. En la figura 1, se puede apreciar como es la piña que fue objeto de investigación en este trabajo.

### **2.3. Componentes de la piña**

“La piña está constituida principalmente por 80 a 85 % de agua y 12 a 15 % de azúcares de los cuales dos terceras partes se encuentran en forma de sacarosa y el resto como glucosa y fructosa. Prácticamente no contiene almidón y su contenido de proteínas y grasa es muy bajo. Contiene 0,6 a 0,9 % de ácidos de los cuales el 87 % es ácido cítrico y el resto ácido málico. Es rica en Vitamina C y buena fuente de Vitaminas B1, B2 y B6” (Arias & Toledo, 2000, p. 61).

Las piñas son cosechadas cuando están verdes, y conforme van pasando los días van perdiendo este color; no significa que estén madurando, esto se debe a que al ya no tener contacto con los nutrientes del suelo y el contacto con el sol, la clorofila se va degradando y va perdiendo el color verde. (Arias & Toledo, 2000).

La piña de acuerdo al cultivar, a la región y al país tendrá diferente composición, a continuación se presenta la tabla I, donde se muestra diferentes composiciones de diferentes países.

Tabla I. **Composición del fruto de la piña (contenido en 100 g de porción comestible)**

	Piña de Mex.	Piña de Mex.	Piña de Bol.	Piña de Col.
Humedad %	90	89.2	87.86	85.1
Proteínas %	0.62	0.4	0.62	0.4
Grass %	0.12	0.4	0.17	0.1
Cenizas %	0.5	0.4	0.25	0.4
Fibra diet. %	0.39	---	1.2	---
Carbohydrates %	8.37	9.6	11.1	14
Potassium K	---	113	---	---
Calico Ca	57	35	18	21
Foskor P	12	7	13	10
Herero Fe	0.52	0.5	0.5	0.4
Vitamin A uGu	---	12	11	---
β Carotene uGu	60	---	---	---
Thiamine mg	0.04	0.09	0.07	0.09
Riboflavin mg	0.04	0.04	0.05	0.03
Niacin mg	0.16	0.4	0.28	0.2
Vitamin C mg	---	15	10	12

Fuente: Arias & Toledo (2000, p. 62).

#### 2.4. Aspectos económicos de la piña en Guatemala

“Durante el año 2013, la cosecha de piña alcanzo 5 millones de quintales, según los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y alimentación (MAGA). Estimación del Aporte al PIB Agrícola 2004 (%) N/D Costo de Establecimiento: Q 42 933 / Hectáreas Costo de Cosecha: Q 21 868 / Hectáreas. Empleo Directo en Campo (jornales/año 2011): 1 266 900. Equivalente en Empleos Permanentes: 4 525” (Deguate.com, 2014). Comercio

Exterior de piña 2005-2013 La piña, (Partida arancelaria 0804.30.00 del SAC), tiene el 15 % de derechos arancelarios a la importación, sobre el valor CIF. En la siguiente tabla se muestra el comercio exterior de la piña para el período 2005 al 2013, en toneladas métricas (TM).

Tabla II. **Importaciones / exportaciones de piña 2005-2013**

Año	Importación		Exportación	
	TM	US\$	TM	US\$
2005	89.89	20,320.00	40,359.65	11,768.844.00
2006	145.9	161,790.00	50,783.54	14,329.014.00
2007	145.04	453,576.00	47,459.54	12,781.271.00
2008	346.73	848,373.00	39,221.13	13,784.271.00
2009	207.13	45,693.00	13,990.49	9,056.389.00
2010	58.1	103,400.00	10,661.28	6,280.377.00
2011	30	23,155.00	11,756.00	7,723.092.00
2012	94.1	63,441.00	22,982.35	7,599.021.00
2013	1.23	9,639.00	6,653.15	2,150.017.00
<b>Totales</b>	<b>1118.12</b>	<b>1,739,397.00</b>	<b>243867.13</b>	<b>85,558.645.000</b>

Fuente: <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VklpdLcvfIV>

La comercialización de la piña como fruto en materia de exportación e importación para los años 2005-2013, se puede apreciar en la tabla II; lo importante aquí es cuantos productos derivados de este fruto se puede innovar para hacer crecer dicho mercado, así como el análisis que se puede hacer de la cantidad de residuos que se generan.

## 2.5. Procedencia y destino del comercio de piña

La principal procedencia y destino del comercio exterior de la piña (por volumen) se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla III. **Importaciones / exportaciones de piña 2011**

Principales 8 países que comercializan (importaciones y exportaciones) a nivel mundial de piña (2011). Expresado en valor (miles de USD) y volúmen(t)										
Paises Importadores	Valores	Volúmen	TCA (%)	Part. (%)		Paises Importadores	Valores	Volúmen	TCA (%)	Part. (%)
Estados Unidos de América	550.42	817.131	-6	23.6		Costa Rica	718.725	1749.363	6	41.5
Bélgica	201.677	232.134	-4	8.7		Bélgica	208.402	217.287	0	12
Alemania	199.186	190.908	11	8.5		Países bajos	158.764	171.892	7	9.2
						Estados Unidos de América	107.659	103.3	5	6.2
Países bajos	192.221	225.117	11	8.2		Filipinas	67.491	263.092	59	3.9
Reino Unido	157.514	167.513	13	6.8		Ghana	60.705	50.07	20	3.5
Italia	134.906	151.3	11	5.8		Alemania	47.297	41.133	11	2.7
España	121.131	134.884	17	5.2		Portugal	43.944	40.33	38	2.5
Japón	117.885	152.872	16	5.1		Resto de países	318.875	511.138	0	0
Resto de países	655.321	740.61	0	0		<b>Total</b>	<b>1731.862</b>	<b>3147.605</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>2330.261</b>	<b>2812.469</b>	<b>6</b>	<b>0</b>						

TCA: Tasa de Crecimiento Anual en valor entre 2010-2011 (%)

Part.: Participación mundial 2011 (t)

Fuente: [http://ibce.org.bo/images/estudios\\_mercado/perfil\\_mercado\\_pina.pdf](http://ibce.org.bo/images/estudios_mercado/perfil_mercado_pina.pdf)

Como puede observarse en la Tabla III, la cantidad de piña que se exporta a otros países es significativa; lo que ya en la disposición final del cliente, genera desechos que van a los vertederos sin tratamiento previo. Por lo que a nivel de estos países se está dejando de aprovechar gran parte del fruto que al hacer un análisis económico, tiene impacto en el bolsillo de cada consumidor; sin que el mismo sea percibido.

## 2.6. Aspectos productivos de la piña

A continuación se presentan los aspectos productivos de la piña.

## 2.7. Épocas de siembra

“La piña como todo producto tiene temporadas en las cuales se da la siembra, en la temperatura de invierno tiene mayor importancia en el Altiplano Occidental, la piña de suelo es recomendable sembrarlo a partir del 26 de marzo al 15 de abril ya que si las siembras se realizan a una fecha muy temprana pueden sufrir las lluvias de invierno de igual manera si estas siembras se llegarán a tardar pueden estar expuestas a temperaturas muy altas o bajas durante la segunda quincena de noviembre provocando fallos en la siembra” (Deguate.com, 2014).

Para obtener cosechas eficientes y rentables se deben seguir las reglas de siembra, de lo contrario se tendrán pérdidas económicas. (Tabla IV).

Tabla IV. **Meses óptimos de siembra de piña**

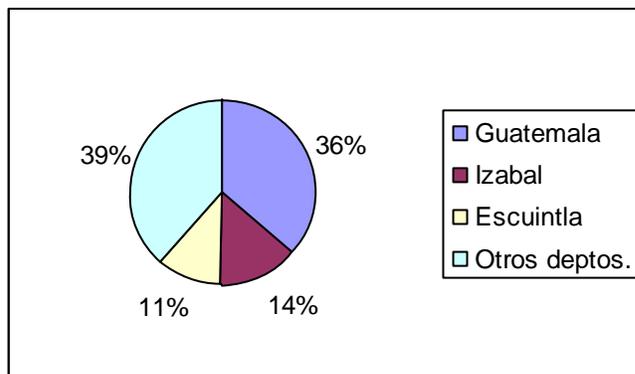
Variedades:	Cayena Lisa, Azucarona, Montúfar, Champaka										
Ciclo Vegetativo:	2 a 3 años										
Area Cosechada (Ha/año):	2,360										
Producción (Tm/año):	56,435										
<b>Epoca de Cosecha</b>											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Fuente: <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VklpdLcvfIV>

### 2.7.1. Principales departamentos productores de piña en Guatemala

“La producción nacional de la piña se encuentra distribuida de la siguiente forma: Guatemala (36 %), Izabal (14 %), Escuintla (11 %) y los demás departamentos de la República suman el (39 %) restante” (Deguate.com, 2014).

Figura 2. Departamentos productores de piña



Fuente: <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VklpdLcvfIV>

Como puede observarse (Figura 2), el departamento de Guatemala aporta un porcentaje importante al total de las toneladas cosechadas en todo el país. Esto da una panorámica de la cantidad de residuos y desechos generados en la cosecha.

## 2.8. Área cosechada

“El 74,4 % de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 5 departamentos (Figura 3) : Guatemala (29,9 %), Izabal (15,2 %), Alta Verapaz (11,7 %), Escuintla (9,3 %) y Petén (8,3 %)”.

(<http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VkIpdLcvfIV>)

Figura 3. Área cosechada de piña en Guatemala



Fuente: <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VkIpdLcvfIV>

## 2.9. Área, producción y rendimiento (2007-2013)

En la siguiente tabla se puede observar el área cosechada de piña (en manzana), la producción de la piña (en quintales) y el rendimiento (en quintales por manzana).

Tabla V. **Área / producción / rendimiento de piña 2007- 2013**

<b>Año</b>	<b>Área cosechada (manzanas)</b>	<b>Producción (quintales)</b>	<b>Rendimiento (qq / mz)</b>
2007	11,866.00	4,509.080.00	380.00
2008	12,000.00	4,500.000.00	375.00
2009	12,500.00	5,266.455.00	421.32
2010	12,300.00	5,166.000.00	420.00
2011	12,600.00	5,366.400.00	425.90
2012	12,500.00	5,369.000.00	429.44
2013	12,300.00	5,389.700.00	436.56

Fuente: <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VklpdLcvfIV>

De igual manera en la Tabla VI, se puede observar las cantidades de piña que se cosecharon entre 2007 y 2013; gran porcentaje fue exportado, una parte queda para consumo nacional como fruto fresco y otra parte se procesa industrialmente. Pero todos generan desechos.

### 2.9.1. Aspectos del mercado interno

A continuación se presentan aspectos del mercado interno.

Tabla VI. **Mercado interno de la piña**

Denominación en el Mercado	Características del Producto		Peso (gr.)	Vida de Anaquel (días)
	Sección Transversal (cm)	Sección Longitudinal (cm)		
Grande	16 - 13	26 - 20	2,100 - 1,350	4 - 5
Mediana	13 - 10	20 - 15	1,350 - 750	
Pequeña	< 10	< 15	< 750	
Unidades de Medida				
Presentación al Mayorista				Ciento
Presentación al Consumidor				Unidad

Fuente: <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VklpdLcvfIV>

La Tabla VI expone los diferentes tamaños que se puede encontrar piña disponible para el consumidor, lo que no cumple con dichas especificaciones no es comercializado, simplemente es desechado. Así mismo se observa que los días promedio en anaquel es de 5 días, pasado este tiempo; es producto que se desechará si no es adquirido. Lo que se convierte en un desecho, que va directamente a los vertederos.

### 2.9.2. Ubicación de la aldea el Jocotillo, Villa Canales

Se presenta el mapa (Figura 4) de la población de donde proviene la totalidad de las piñas que la empresa utiliza para su proceso.



- Elevación y coordenadas
- Latitud (lat) : 14°22'0"N
- Longitud (long): 90°30'0"W
- Elevación (aprox.): 1125m

El Jocotillo se encuentra cercana de la ciudad de Guatemala 24,1 km, de Cobán 12,4 km, de El Salvador 186,7 km sur – este. De los municipios de Santa Elena Barillas 5,7 oeste (nona.net, s.f).

Como se mencionó anteriormente, esta aldea posee las características microclimáticas aptas para la cosecha de la piña Cayena Lisa, que genera desarrollo para la comunidad.

### **2.9.3. Principales cultivares de piña**

Parafraseando a (Guido et al, 1983). Cuando el investigador se detiene a observar, verifica que no todas las piñas que hay en el mercado son iguales, ni en color, tamaño, sabor, olor y apariencia, esto se debe a que hay variedades de piña. Algunas son para poder industrializarse (Ejem.) Envasar en almíbar) y otras son para comer como fruto fresco.

“Se reconocen cuatro grupos principales de cultivares: Cayenne (de pulpa amarilla), Queen (de pulpa amarilla), Spanish (de pulpa blanca) y Abacaxi (de pulpa amarilla)” (Guido et al, 1983, p. 9).

Figura 5. **Cayena lisa**



Fuente: (Guido et al, 1983, p. 9).

Los frutos que ingresan al proceso deben ir limpios, sin golpes, sin abolladuras donde pudiera presentar contaminación, sin insectos u otro signo de contaminación; deben cumplir con los estándares de calidad establecidos por la empresa y por las normas de salud.

Puede encontrarse bajo el nombre de piña Hawaiana, variedad que puede industrializarse (ejemplo piña en almíbar) o deleitarse como fruto fresco. “Las plantas pueden crecer hasta 1,20 m de alto. Como reconocer esta variedad; sus hojas solo tienen espinas en las puntas, es de forma cilíndrica, puede pesar entre 3,5 – libras sus ojos son pequeños, muy jugosa, excelente sabor y si ya está madura se va tornando amarilla – rojiza” (Cerrato, 2013, p. 9).

Los frutos que ingresan al proceso deben ir limpios, sin golpes, sin abolladuras donde pudiera presentar contaminación, sin insectos u otro signo de contaminación; deben cumplir con los estándares de calidad establecidos por la empresa y por las normas de salud.

A continuación se presentan otras figuras de variedades de piña que se comercializan en el país, no todas son aptas para la industrialización y no todas presentan el mismo sabor, aspecto, color y olor.

Figura 6. **Queen**



Fuente: (Guido et al, 1983, p. 9).

Como bien define a diferencia de la Cayena lisa, “este fruto no es apto para la industrialización, pero es muy apetecido como fruto fresco, como reconocerla, sus hojas son cortas, espinosas y rojizas, el fruto es pequeño, con un peso promedio de 1,30 kilos (3,25 libras), y no es tan jugosa” (Baraona & Sancho, 1991, p. 22).

Figura 7. **Spanish Red**



Fuente: (Guido et al, 1983, p. 9).

Las variedades son diferentes en todos los aspectos internos y externos, como reconocer esta variedad. “Sus hojas son largas, estrechas y espinosas, sus hojas como puede apreciarse en la fotografía; son verdes con líneas rojizas. Fruto de mediano tamaño (1,0 – 2,5 kilos), la pulpa es de color amarillo pálido, más fibrosa que la Cayena Lisa y con un leve sabor a pimienta. No se puede industrializar, solo comercializar como fruto” (Baraona y Sancho, 1991, p. 22).

Figura 8. **Abacaxi**



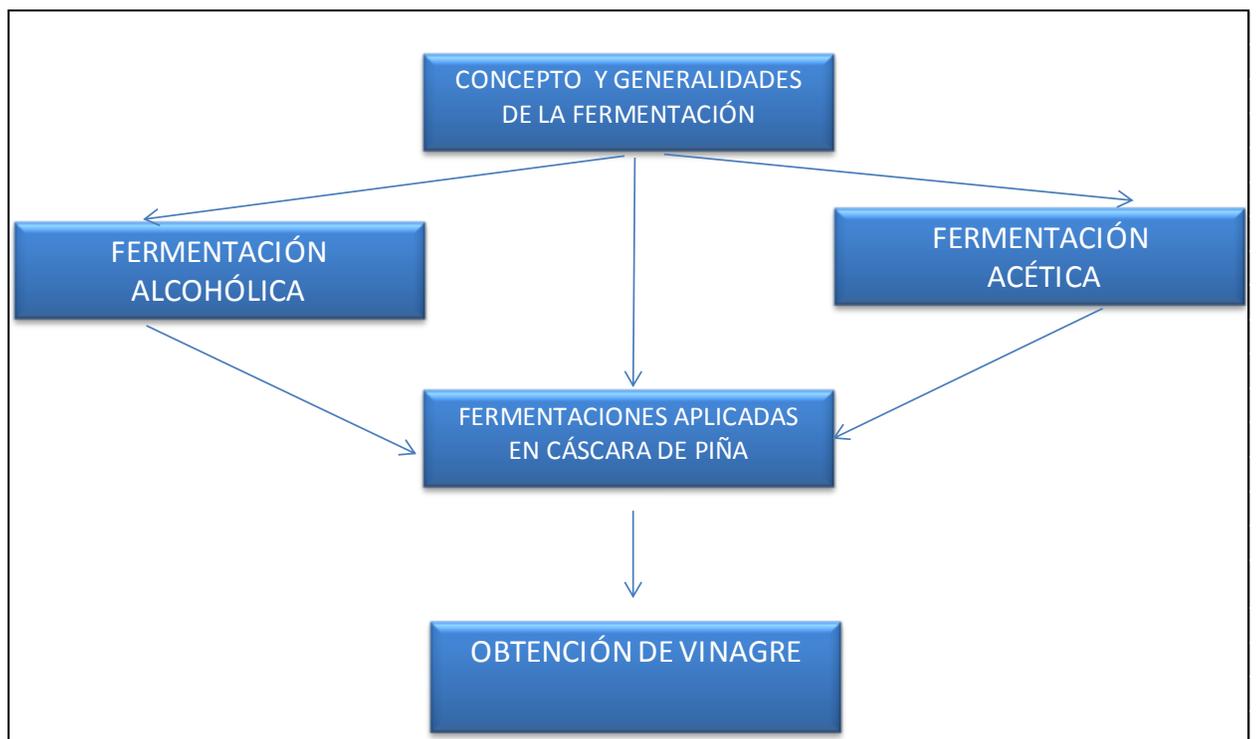
Fuente: (Guido et al, 1983, p. 9).

“Fruto alargado, hojas largas y con pequeñas espinas, en su base color rojo-púrpura, pulpa es blanquecina, por lo que no es apta para la industrialización, ni para exportar como fruto fresco” (Baraona & Sancho, 1991, p. 22).

### 3. FERMENTACIÓN

En el presente capítulo, la investigación teórica se describe en cuatro partes fundamentales que ayudaron a la conceptualización del mismo. Siendo estas, el concepto de fermentación, fermentación alcohólica, fermentación acética, para dar paso a la aplicación en cáscaras de piña para obtención de vinagre. El capítulo se puede esquematizar de la siguiente manera:

Figura 9. **Esquema general de investigación**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1. Concepto

“La palabra fermentación proviene de una adaptación del término en latín *fermentare*, que significa “ebullir”; se utilizó porque describía la ebullición aparente que se observa durante la fabricación de vinos, a causa de la producción de dióxido de carbono, gas que se libera en forma de burbujas y provoca movimiento en el líquido” (Hernández, 2003, p. 37).

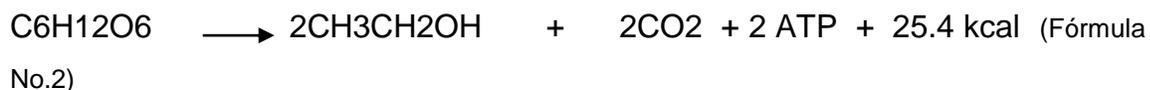
Todo proceso de descomposición genera CO<sub>2</sub>, en la fermentación cuando se lleva a cabo en un recipiente cerrado se puede observar este fenómeno.

### 3.2. Fermentación alcohólica

“La fermentación alcohólica es una de las etapas principales que transforman el mosto o zumo azucarado, en un líquido con un determinado contenido de alcohol etílico. Dura, aproximadamente una semana, a una temperatura de 20 °C, y se traduce por una disminución del mosto” (Vincent et, al, 2006, p. 70).

Esto implica que una vez que la materia prima tiene contacto con un sustrato rico en nutrientes, azúcares u otro componente que sea iniciador de proceso de fermentación; se producirá un líquido conteniendo alcohol.

Aplicando la ecuación de Gay – Lussac, se obtiene lo siguiente:



“La fermentación alcohólica va acompañada de la liberación de moléculas energéticas (ATP) – energía materialmente comprometida – puestas a disposición de las levaduras” (Vincent et al, 2006, p. 70).

Todos los desechos de frutas que contienen azúcares en sus diferentes formas, son susceptibles de fermentación, produciendo alcohol que pueden ser usados en otros procesos, inclusive como biocombustibles. Es un campo que apenas inicia pero que da pauta a que el aprovechamiento de los desechos genera rentabilidad y minimiza los impactos al ambiente.

“La fermentación alcohólica se efectúa en ausencia de oxígeno. Durante el proceso de fermentación uno de los productos, el CO<sub>2</sub>, escapa constantemente, mientras que el alcohol etílico se acumula. Si la proporción de alcohol etílico en el líquido llega a cierto nivel inhibe la actividad de la levadura, aunque no todo el azúcar haya sido fermentado. El nivel de alcohol tolerado es una de las características de la levadura empleada; por regla general no excede de 15 % a 18 %”. (Müller, 1964, p. 92).

Analizando lo anterior, los procesos deben ser controlados debido a que una pequeña variación en las condiciones de trabajo, darán resultados no satisfactorios y productos fuera de especificaciones que se traduce en pérdida económica.

### **3.2.1. Levaduras**

Las levaduras son los microorganismos más importantes desde el punto de vista industrial, porque muchas de las especies pueden convertir los azúcares en alcohol etílico y dióxido de carbono. Participan en la producción de cerveza, vino, alcohol industrial, glicerol y vinagre (Hernández, 2003, p. 7).

- *Saccharomyces cerevisiae*

Levadura alta cultivada. “Las células de cultivos jóvenes son redondas, ovales u oviformes, (3-7) \* (4 – 14) u. La relación entre longitud y anchura es por lo general menor de 2u. La formación de película varía de acuerdo a la temperatura a la que se realice”. (Hernández & Martínez, 2012, p. 21).

### 3.2.2. Obtención de etanol

“Las levaduras del género *Saccharomyces* (principalmente *S. cerevisiae*) son los microorganismos responsables de la producción de las bebidas alcohólicas, ya que fermentan y asimilan la glucosa y, normalmente, la sacarosa, la maltosa y la galactasa (pero no la lactosa)” (Hernández, 2003, p. 112).

En el presente estudio se ensayó con la levadura (*S. cerevisiae*), de acuerdo a la bibliografía consultada es la más recomendada para este tipo de desecho, se debe entender que hay otras variedades que pueden ser eficaces.

“Una de las opciones para producir etanol es por fermentación a partir de materias primas ricas en carbohidratos (azúcar, almidón, celulosa, etcétera). Entre estas materias primas se encuentran las frutas y vegetales como la caña de azúcar y la remolacha, los cereales (trigo, maíz, sorgo), los tubérculos (papas, yuca) y en general, materias provenientes de ligno–celulosas o de residuos orgánicos” (Vásquez & Dacosta, 2007, p. 3).

Por su contenido de azúcar la cáscara de piña, es motivo de estudio para la obtención de alcohol; posteriormente se pasa a la fermentación acética para obtención de vinagre.

Analizando la ecuación de Gay – Lussac se entiende que a pesar de parecer, “a nivel estequiométrico, una transformación simple, la secuencia de transformaciones para degradar la glucosa hasta dos moléculas de alcohol y dos moléculas de bióxido de carbono es un proceso muy complejo, pues al mismo tiempo la levadura utiliza la glucosa y nutrientes adicionales para reproducirse” (Vásquez & Dacosta, 2007, p. 3).

Es por ello que a los procesos se les debe ayudar complementando con la adición de nutrientes, control de niveles de azúcar y levadura para que enriquezcan la fermentación. Son parámetros que se medirán durante la fase experimental.

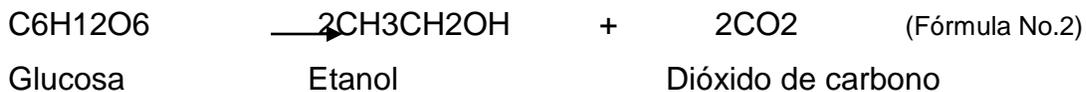
“El rendimiento teórico estequiométrico para la transformación de glucosa en etanol es de 0,511 g de etanol y 0,489 g de CO<sub>2</sub> por 1 g de glucosa. Este valor fue cuantificado por Gay Lussac. El rendimiento experimental varía entre 90 % y 95 % del teórico, es decir, de 0,469 a 0 485 g/g. Los rendimientos en la industria varían entre 87 y 93 % del rendimiento teórico. Otro parámetro importante es la productividad (g/h/l), la cual se define como la cantidad de etanol producido por unidad de tiempo y de volumen” (Vásquez & Dacosta, 2007, p. 4).

Cobra importancia la fase experimental, para poder analizar los aumentos en la productividad, teniendo de base datos teóricos y poder compararlos con los datos reales. Manejando variables como tiempo, volumen; es determinante que los procesos sean lo más eficientes posible.

### 3.3. Fermentación acética

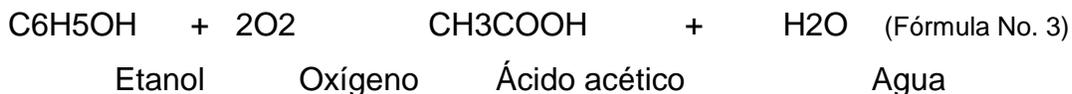
De (Hernández, 2003, p. 161) se puede decir que la fermentación acética se aplica cuando se ha obtenido previamente el etanol por la fermentación alcohólica. Lo que se obtiene de esta es ácido acético y agua, se lleva a cabo en presencia de oxígeno, lo que la convierte en un proceso aerobio.

Como se mencionó anteriormente, utilizando la ecuación de Gay Lussac se tiene:



Para que ésta reacción se dé, se necesita de agregar una cepa de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) que convierta el azúcar en alcohol.

Posteriormente la ecuación de la fermentación acética es la siguiente:



Para finalidad de la investigación se utilizó la bacteria acética *Acetobacter aceti*, hay otras variedades pero esta es la más utilizada y eficiente de acuerdo a lo que la bibliografía recomienda.

Es necesario que primero se genere la fermentación alcohólica, para luego proceder a realizar la fermentación acética, se inocula la bacteria que en presencia de oxígeno inicia la descomposición del etanol convirtiéndolo en ácido acético (vinagre).

### 3.3.1. Bacteria

“Las bacterias son microorganismos unicelulares procariotas, que pueden tener forma de varillas (bacilos), esferas (cocos) o espirales) vibrión, espirilo, espiroqueta (...) tienen un tamaño comprendido entre 0,5 y 3,0 micrómetros, con pared celular semirígida y producen esporas” (Manaham, 2007, p. 105).

Hernández (2003), presenta la siguiente clasificación de acuerdo a su uso, ya que para cada sustrato hay una bacteria que será eficiente en ese medio, en la presente investigación es la *Acetobacter aceti* quien será la bacteria implícita en el proceso de obtención del ácido acético (vinagre).

Tabla VII. Principales bacterias y su uso

Bacteria	Producto
<i>Acetobacter aceti</i>	Vinagre
<i>Acetobacter suboxydans</i>	Sorbitol
<i>Lactobacillus bulgaris</i>	Yogurt
<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Acetona y butonal

Fuente: (Hernández, 2003).

Como puede observarse, hay bacterias específicas para cada sustrato; porque no son capaces de digerir y sobrevivir en los mismos medios. Aquí se utilizó la *Acetobacter Aceti*.

- *Acetobacter Aceti*

“Se trata de bacterias gramnegativas, bacilares o pleomórficas y estrictamente aerobias. Oxidan muchos alcoholes y ácidos orgánicos como el pirúvico y el láctico” (Parés & Juárez, 2002, p. 55).

Es importante hacer notar que este paso se produce en presencia de oxígeno a diferencia de la obtención de alcohol que se realiza sin presencia de oxígeno.

“La temperatura que debe estar entre 27-28 C; pH entre los valores de 5,0 –6,0, tener presente que dichas bacterias aceptan grandes concentraciones de ácido acético. Previo se debe tener cuidado de la concentración de etanol, ya que altas concentraciones inhiben el crecimiento. Las del género *Acetobacter* no todas aceptan arriba del 10 % volumen”(Hidalgo, 2011, p. 654).

Conceptualizando lo anterior; todo el proceso debe ser controlado desde el inicio a fin, para evitar parámetros no deseados que interrumpan la finalidad de la investigación, que es la obtención de vinagre con características aceptables para consumo humano.

### **3.3.2. Vinagre**

“Es el producto líquido, apto para el consumo humano, producido a partir de una materia idónea de origen agrícola que contiene almidón, azúcares o almidón y azúcares, mediante proceso de doble fermentación, alcohólica y acética, que contiene una cantidad específica de ácido acético y pequeñas

cantidades de otros compuestos químicos tales como alcohol, glicerina y azúcar invertido” Norma COGUANOR<sup>1</sup> NGO 34185, 1987, p. 1).

Como bien consta en el párrafo anterior, es necesario contar con un medio conteniendo azúcar, de ello se sabe que “la piña está constituida principalmente por 80 a 85 % de agua y 12 a 15 % de azúcares de los cuales dos terceras partes se encuentran en forma de sacarosa y el resto como glucosa y fructosa.

Prácticamente no contiene almidón y su contenido de proteínas y grasa es muy baja. Contiene 0,6 a 0,9 % de ácidos de los cuales el 87 % es ácido cítrico y el resto ácido málico. Es rica en vitamina C y buena fuente de Vitaminas B1, B2 y B6” (Arias & Toledo, 2000, p. 3).

Por lo tanto, el investigador teniendo los datos del alcohol aplicó el método de fermentación alcohólica inicialmente y obtuvo el alcohol etílico que es posible extraer de la cáscara de la piña; posteriormente aplicó Fermentación acética, para obtener el ácido acético (vinagre); que cumple con las especificaciones de la Norma COGUANOR NGO 34185.

Las especificaciones que la Norma COGUANOR NGO 34185, describe son las siguientes:

- Características generales: el vinagre deberá ser elaborado con materias primas y materiales limpios, sanos, libres de contaminación y de insectos en cualesquiera de sus etapas evolutivas, así como de cualquier defecto que pueda afectar al buen aspecto del producto final o a su posibilidad de consumo o de adecuada conservación. El producto deberá ser elaborado y envasado bajo estrictas condiciones higiénico sanitarias.

- Características sensoriales: el producto deberá presentarse en forma de líquido límpido sin sedimento, incoloro o de color amarillento, olor acético y sabor ácido característico, y deberá estar libre de olor o sabor extraños o anormales.
- Requisitos físicos y químicos: el producto deberá cumplir con los requisitos físicos y químicos indicados a continuación:

<b>Características</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Ácido acético, en porcentaje en masa/volumen	4	6
pH	2.8	3.2

El investigador tomó en cuenta los requerimientos antes descritos, separó la cáscara de piña que consideró no apta para la investigación.

#### **4. CONTAMINACIÓN POR RESÍDUOS AGRÍCOLAS**

El investigador entiende que el desarrollo de las comunidades trae consigo también más desarrollo de fuentes de contaminación al suelo, al agua, al agua, es de hacer notar que en los últimos años, se han intensificado los cambios climáticos en todo el planeta, debido al manejo inadecuado de los productos, de los procesos y las superpoblaciones de algunas regiones. Es responsabilidad de todos, el minimizar el impacto ambiental que se produce y traducir el desarrollo en más desarrollo.

En la presente investigación como se ha descrito a lo largo del trabajo, se utilizó la cáscara de piña, es uno de los tantos residuos que este fruto deja desde su siembra, pasando por el proceso hasta su destino final, ya sea como fruto o industrializado, siempre hay generación de basura.

El impacto que se pretende minimizar es el que se puede provocar al suelo por filtración al manto acuífero, la cáscara de piña es fermentable, si se deposita en los suelos, inicia su descomposición produciendo lixiviación ácida que por no estar tratado adecuadamente eleva los niveles de acidez del suelo ya no permite que la vegetación se desarrolle.

Así también, se sabe que toda fruta, residuo (basura) atrae insectos propios de la fruta, la cáscara de piña en especial es lugar para la mosca "peletera" (*Stomoxys calcitrans*). Por lo que esta investigación abre las puertas para otros estudios que ayuden al medio ambiente y a las poblaciones.

Para el investigador, el tema de contaminación ambiental se centra específicamente en la contaminación que produce el fruto denominado piña.

“Los desechos de la industrialización de la piña constituyen entre un 50 % y un 65 % de la fruta, de los cuales el 12 % es la corona (parte superior del fruto), 9 % tallo de la piña (corazón) y 32 % de cáscara. Un desecho importante que se genera a partir del cultivo de piña es el rastrojo, el cual tiene impacto ecológico y ambiental” (MINAET, MAG, PROAGROIN, 2009, p. 6).

Lo que traducido en otras palabras es que un mínimo porcentaje de todo el entorno que envuelve a la piña es desecho, aún así es un fruto que aporta muchos beneficios tanto a la salud como a la economía de las poblaciones y del país en general. Por lo tanto, a todo ese residuo se le deben encontrar nuevas fuentes de aprovechamiento.

“El cultivo de piña es el que más residuos y desechos agroindustriales genera. Alrededor de 1,5 millones de toneladas métricas de rastrojo anualmente se transforma en residuo y representan más de la mitad de la biomasa implicada, llegando a duplicar el valor del producto mismo” (MINAET , MAG, PROAGROIN, 2009, p 7).

Tanto la piña como otros productos agrícolas, generan grandes cantidades de desecho; por lo que potencial para desarrollo de nuevas alternativas ecológicas irán surgiendo con el tiempo. Es al momento material que solo contamina y que genera una problemática ambiental.

Al buscar una oportunidad de aprovechamiento de los residuos, se hace necesaria su caracterización para conocer su composición, la calidad de sus

componentes y la cantidad que se genera, con esto se pueden definir las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento. (Saval, 2012).

#### **4.1. Subproducto**

“Producto secundario, bien conocido, generalmente útil, comercializable y por lo tanto con valor agregado, que resulta de un proceso industrial” (Saval, 2012, p. 16).

#### **4.2. Residuos**

“Se aplica a aquellos que pueden tener o no un valor comercial, porque son poco comunes o porque se generan en bajas cantidades, sin embargo, algunos de sus constituyentes aún en baja proporción, le pueden conferir algún interés para su utilización” (Saval, 2012, p. 16).

#### **4.3. Desecho**

“Referido a aquellos materiales que no tienen algún valor comercial, ni poseen atributos de interés para ser utilizados en algún proceso, por lo que se consideran como basura y se les debe dar una disposición final” (Saval, 2012, p. 16).

Con lo anterior, la investigación se puede definir que lo que utilizó fueron los residuos provenientes del proceso, para poder realizar una clara clasificación de lo que es subproducto, desecho y residuo.



## 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Investigación inicial

Esta investigación que lleva como título: “Cuantificación de vinagre obtenido de la cáscara de piña, por medio de fermentación alcohólica y acética, y su incidencia en la productividad, en una empresa Guatemalteca”. Permite analizar en la empresa en estudio como se está llevando a cabo su proceso en la línea de envasado de piña en almíbar, presentar las recomendaciones más adecuadas para la mejora y mejores resultados en la productividad.

### 5.2. Muestra

El tamaño de la muestra fue tomada en base a las cantidades de lotes que procesan cada día.

#### 5.2.1. Cálculo de la muestra

Tabla VIII. Datos para cálculo de la muestra

DONDE	VALOR
N	Incognita
N	10
$\Sigma$	0.5
Z	1.96
E	0.01

Fuente: elaboración propia.

### **5.2.2. Tamaño de la muestra**

De lo anterior se obtuvo que los lotes a analizar fueran 10.

### **5.3. Variables**

#### **Variable independiente**

- Cálculo del aumento de la productividad de una línea de envasado utilizando vinagre obtenido de la fermentación de cáscara de piña.

#### **Variable dependiente**

- Residuo generado del proceso
- Alcohol obtenido
- Vinagre obtenido
- Viabilidad del proyecto

### **5.4. La investigación fue dividida en cuatro fases:**

**Primera fase**, referente en buscar antecedentes de tema central, donde se pudo concretar que a nivel nacional existe escasa investigación e información; sin embargo, a nivel mundial el tema es de interés, y se puede encontrar amplia bibliografía.

**Segunda fase**, consistió en recolectar información in situ, visitas a fábrica para observar el proceso, recolección de materia prima (cáscaras de piña), análisis de la calidad del mismo. Cumpliendo con esto al primer objetivo y poder responder a la pregunta auxiliar número uno.

**Tercera fase**, se analizó la cantidad de residuos que se generan en la línea de producción y cuanto representa en productividad, de acuerdo a porcentaje (%) de piña que al momento no es aprovechable, que de acuerdo a los datos obtenidos se sitúa en un 73 %.

**Fase cuatro**, en base a los datos proporcionados por la empresa, en relación a sus rendimientos de proceso de envasado de piña en almíbar. Se presentaron los resultados, para los meses analizados.

#### **5.5. Condiciones de la muestra obtenida:**

- Cáscara de piña
- Limpia
- Con pulpa
- Del día de producción
- Maduración media

#### **5.6. Procedimiento de envasado de piña en almíbar**

La investigación se realizó utilizando como materia prima (la cáscara de la piña), la cual es un residuo que se genera del proceso de envasado de rodajas de piña en almíbar. Al residuo se le aplicaron los métodos de fermentación alcohólica y acética, para la obtención de vinagre.

A lo largo de la presentación y discusión de resultados, se irá ilustrando con figuras el proceso de envasado de piña en almíbar, en la empresa en estudio. Las piñas son adquiridas a proveedores mayormente de la aldea el Jocotillo en Villa Canales.

En la figura 10, se presentan las piñas cuando se reciben del proveedor, únicamente se recibe la cantidad de piñas que serán procesadas por día. Se reciben sin corona, en cajas plásticas, cada una conteniendo 36 unidades.

Figura 10. **Recepción de piña**



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 11, se observa el proceso de lavado y desinfección de las piñas, antes de ingresar a la planta, para su respectivo corte de cáscara. El mismo se realiza en pilas que contienen agua e hipoclorito de sodio, en concentraciones de 200 ppm.

Figura 11. **Pila de lavado**



Fuente: elaboración propia.

Seguidamente del lavado de las piñas, las mismas son transportadas hacia la máquina de corte (Figura 12), (donde se les quita la cáscara, las puntas y el corazón).

Figura 12. **Transporte a corte de cáscara**



Fuente: elaboración propia.

En las fotografías a continuación (Figura 13, Figura 14, Figura 15), se observa los diferentes puntos del proceso donde se genera residuo de piña.

Figura 13. **Cáscara de piña**



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **bagazo de piña**



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Cáscaras de piña**



Fuente: elaboración propia

En la Figura 16, se observa el cilindro de piña que queda después del corte de cáscara, el mismo aún debe pasar por corte de puntas; en el lado izquierdo de la foto, se observa residuos de rodajas de piña, que no cumplieron con la especificación; todo ello hace el acumulado del 73% de residuo.

Figura 16. **Cilindro de piña**



Fuente: elaboración propia

En la Figura 17, se observan las rodajas de piña envasada en almíbar, que representan el 27% de una piña entera.

Figura 17. **Piña en almíbar**



Fuente: elaboración propia

En la figura 18, se observa la cantidad de residuo obtenido del proceso, el cual es llevado por una persona particular.

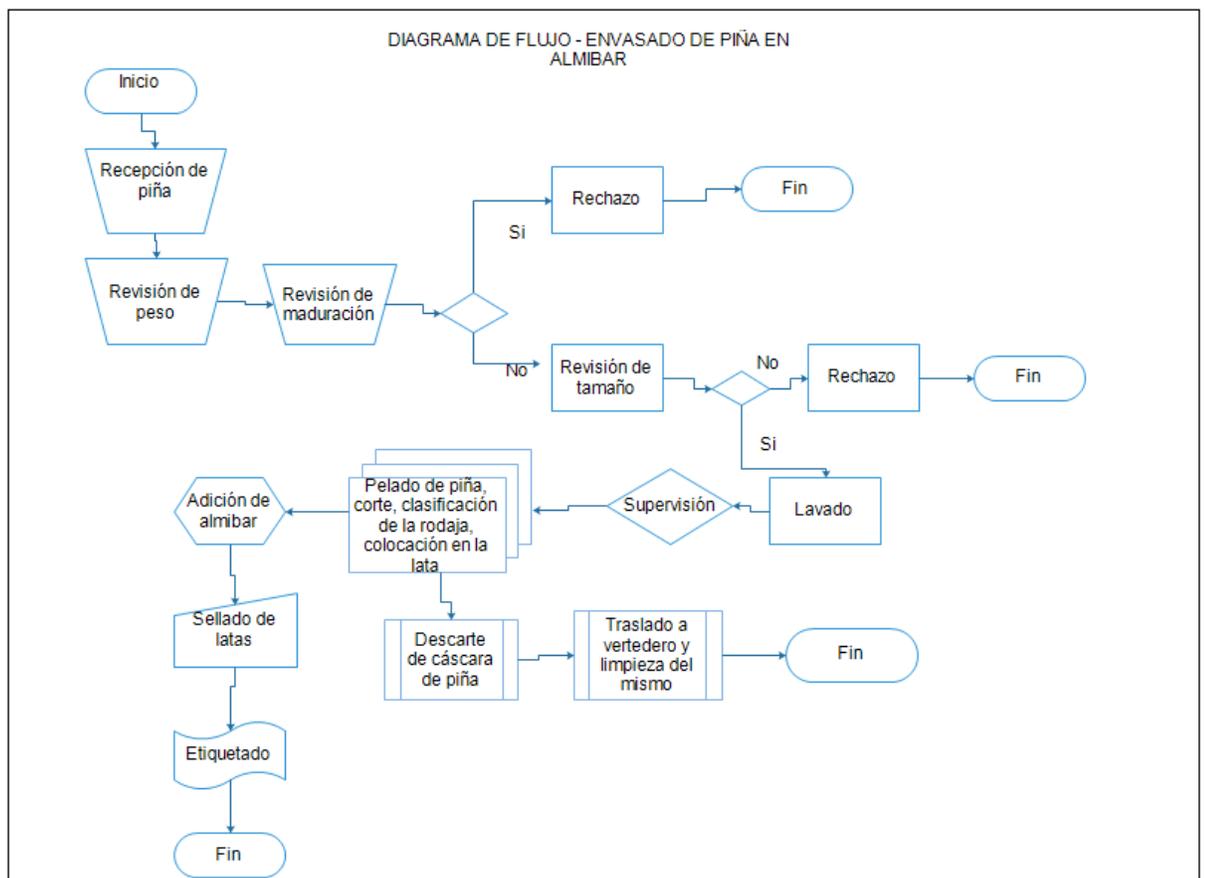
Figura 18. **Transporte de residuos por persona particular**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 19, se presenta el proceso de envasado en almíbar que se realiza en la empresa en estudio.

Figura 19. **Proceso de envasado**



Fuente: elaboración propia.

### 5.7. Fase experimental – fermentación alcohólica

Pruebas a nivel laboratorio de Fermentación Alcohólica, aplicando *Saccharomyces cerevisiae*.

Las muestras que se utilizaron (cáscaras de piña), fueron tomadas de 10 lotes de producción, y las condiciones fueron las siguientes:

- Cáscara de piña
- Tamaños de 1cm 2
- Agua suave
- Azúcar blanca
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Acetobacter aceti (*Mycoderma aceti*)
- Fermentadores (envases PET y de HDPE)
- Temperatura ambiente 21-22 C
- Rangos de pH 2.0 - 3.75

### 5.3. Preparación de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*)

Para llevar a cabo la fermentación alcohólica, se utilizó la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*), en una cantidad de 2.7g por cada litro de agua. Antes de ser adicionada a los fermentadores, la misma fue disuelta en agua.

Figura 20. **Levadura *Saccharomyces cerevisiae***



Fuente : elaboración propia.

Fermentador que se utilizó en el laboratorio, elaboración propia. Consistiendo en envases de PET, tapa, manguera para que se liberara el CO<sub>2</sub>, otro recipiente que sirvió de sello para que ingresara oxígeno al fermentador.

### **5.7.2. Preparación de las cáscaras de piña**

Las cáscaras de piña fueron cortadas en pequeños trozos de 1cm<sup>2</sup>, colocándolas en el recipiente de plástico, adicionando agua, azúcar, levadura. Los datos se presentan en la Tabla IX, en la misma se tienen los resultados del contenido de alcohol etílico obtenido, en esta experimentación.

### **5.7.3. Inicio de la fermentación alcohólica**

Se puede observar el proceso de fermentación, al constatar que se formaban las respectivas burbujas de CO<sub>2</sub>, indicativas que la reacción se está llevando a cabo.

Figura 21. **Fermentadores**



Fuente: elaboración propia.

Transcurrido el período de fermentación alcohólica que fue de 12 días, se procedió a filtrar el líquido contenido en el fermentador; para lo cual se utilizó una mantilla de tela. El cual contenía el alcohol etílico que fue utilizado para el siguiente paso de fermentación acética. (Figura 20)

Figura 22. **Filtrado de la fermentación alcohólica**



Fuente: elaboración propia.

A continuación (Tabla IX), se presentan los resultados obtenidos de alcohol en la fermentación alcohólica, el mismo tiene relación directa con la cantidad de azúcar disponible para fermentar. Se utilizó azúcar blanca.

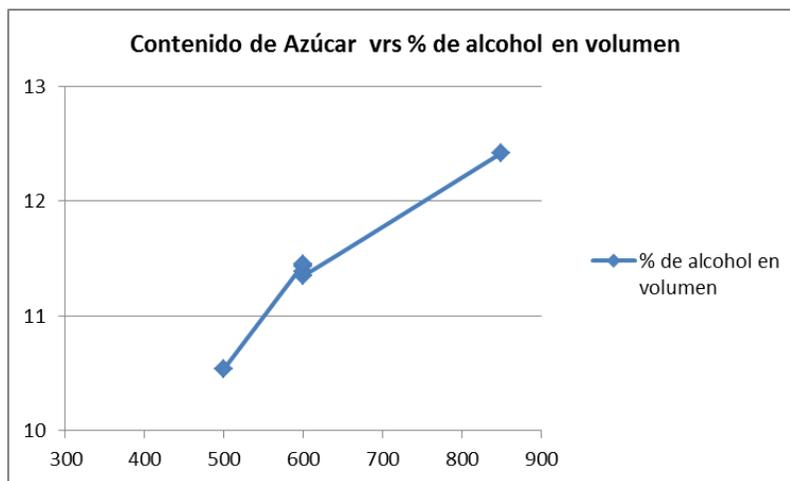
Tabla IX. **Azúcar vrs Alcohol etílico**

No.	Cont. de azúcar (g)	% de alcohol en volumen
1	850	12.42
2	600	11.35
3	500	10.54
4	600	11.43
5	600	11.39
6	600	11.45

Fuente: elaboración propia.

Los datos anteriores se grafican a continuación (Figura 23), se puede visualizar, como a más contenido de azúcar se obtuvo una mayor cantidad de alcohol. El rango se mantuvo entre 11 y 13% de alcohol en volumen.

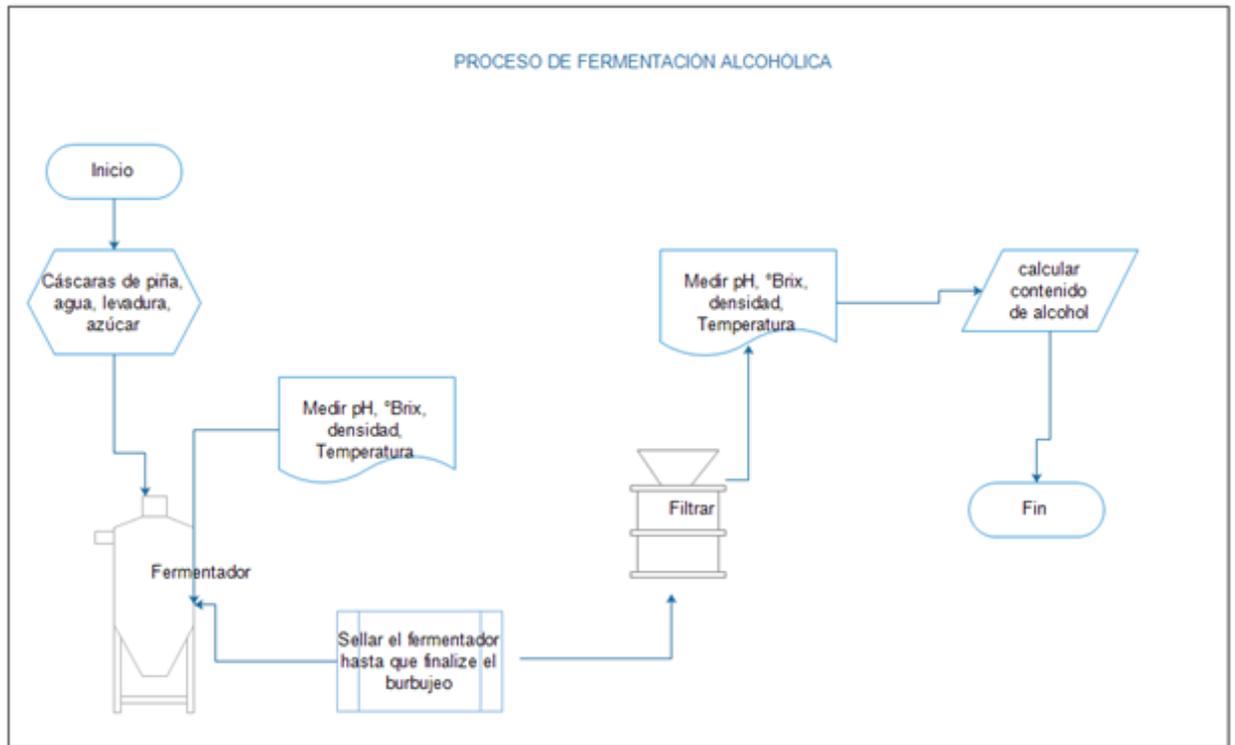
Figura 23. **Contenido de azúcar**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente gráfica, se presenta el proceso de Fermentación alcohólica, y como fue aplicado en esta investigación.

Figura 24. **Proceso de fermentación alcohólica**



Fuente: elaboración propia.

La relación entre el pH y los grados Brix, representan el comportamiento de la fase de fermentación en cuanto al contenido de azúcar disponible para fermentar y el pH de la solución. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla X y en la figura 25.

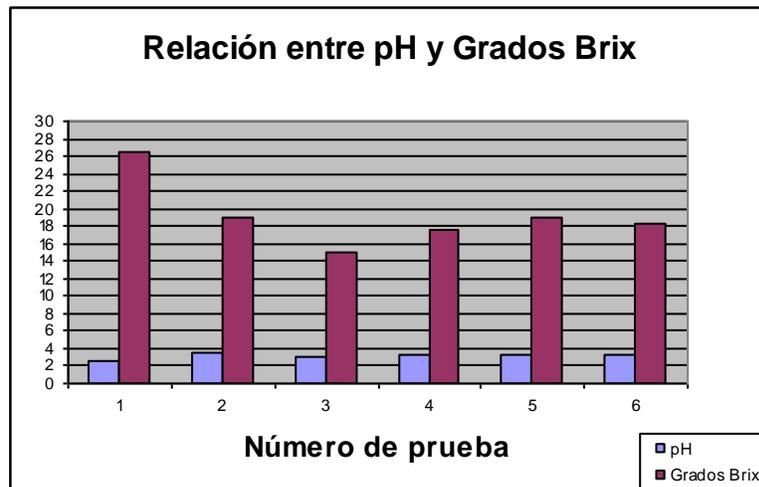
Como puede observarse a menor pH los grados °Brix son mayores.

Tabla X. **Relación entre el pH final y los grados Brix obtenidos**

pH final	°Brix
2.52	26.51
3.41	18.87
3.16	15
3.19	17.65
3.26	18.87
3.26	18.26

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Relación de pH final y los grados Brix obtenidos**



Fuente: elaboración propia.

## 5.8. Fase experimental – fermentación acética

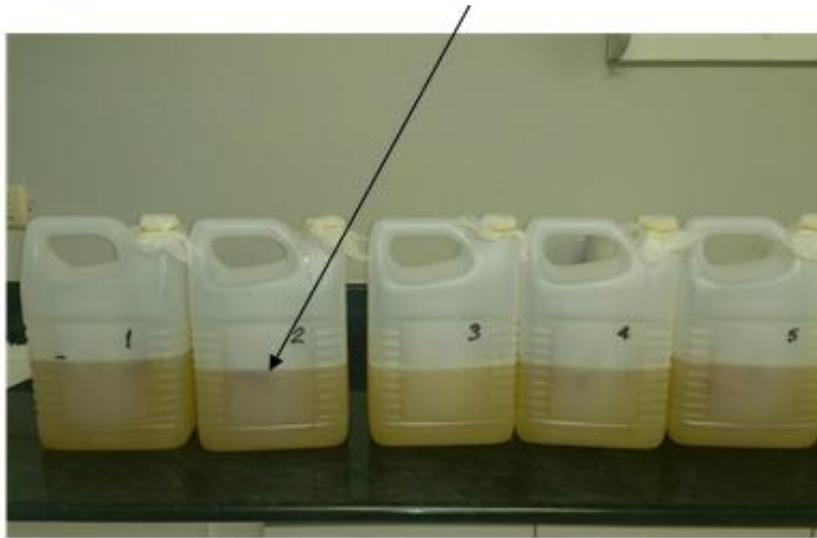
Figura 26. *Acetobacter aceti*, *Mycoderma aceti*



Fuente: elaboración propia.

*Mycoderma aceti*, que contiene la *acetobacter aceti*; que fue inoculado en la Fermentación acética.

Figura 27. **Filtrado de fase fermentación alcohólica. Inoculado con *Mycoderma aceti***



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Producto de la fermentación acética**



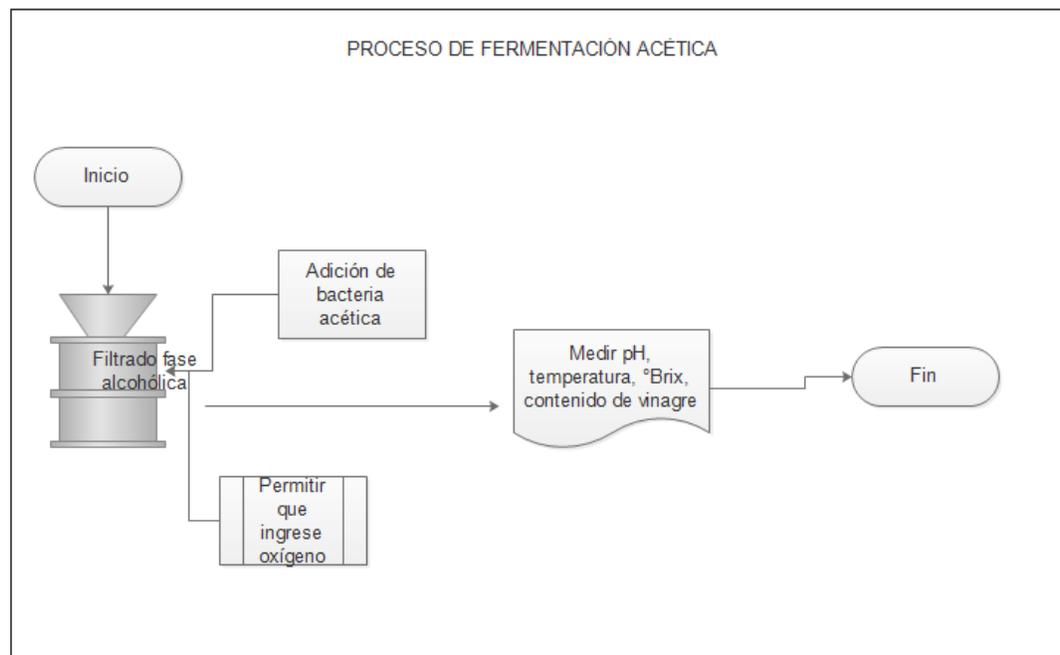
Fuente: elaboración propia.



Fuente: <http://www.deliteca.es/>

En la siguiente gráfica, se presenta el proceso de fermentación acética y cómo fue aplicado en ésta investigación

Figura 29. **Proceso de fermentación acética**



Fuente: elaboración propia.

### 5.8.1. Pruebas a nivel laboratorio de fermentación acética, aplicando *Mycoderma aceti*.

A continuación se presentan los resultados de los porcentajes de vinagre obtenidos. Muy importante que el pH se mantenga en niveles bajos para que la levadura pueda realizar una eficiente fermentación. Como puede observarse en la Tabla No. 12. El rango de pH fue de 2.30- 2.50; lo que permitió que se

alcanzaran resultados de % en concentración de vinagre de entre 5.26 – 5.34, que se encuentra dentro de los rangos permitidos para un vinagre comestible.

Tabla XI. **Porcentaje (%) de vinagre**

No.	pH final	% de vinagre
1	2.49	5.32
2	2.37	5.28
3	2.42	5.32
4	2.45	5.34
5	2.35	5.26
6	2.39	5.30

Fuente: elaboración propia.

### **5.8.2. Porcentaje de cáscara de piña:**

Como parte de la investigación, se cuantificó la cantidad que representa monetariamente a la empresa, ésta generación de residuos. A continuación en la Tabla XII, se presentan los resultados de una muestra de 5 lotes de 36 unidades de piña, el peso de cáscara de cada uno de ellos y el porcentaje (%) que representa.

Tabla XII. **Cuantificación de porcentaje (%) de cáscara de la piña**

<b>Cantidad de piñas (U)</b>	<b>Peso de piñas (Kg)</b>	<b>Peso de cáscara (kg)</b>	<b>% de cáscara</b>
36	40.9	15	36.67
36	41.14	15.27	37.12
36	41.04	14.77	35.99
36	40.9	15.09	36.89
36	41.09	15.45	37.60

Fuente: elaboración propia.

La variabilidad que se obtiene en los (%), es debido a que cada uno de los frutos es diferente, unos poseen una cáscara un poco más delgada que otras.

### **5.8.3. Resultados de producción:**

A continuación se presentan resultados de rendimientos de producción en el envasado de piña en almíbar, para los meses de agosto a noviembre 2014. En las Tabla XIII a la Tabla XVI, se presenta la cantidad de piñas ingresadas, a cuántos kilos corresponde, los kilos de piña que no cumplen con las especificaciones de calidad, los kilos de cáscara, los kilos de piña que fueron envasados y el porcentaje que esto representa de una piña.

Estos kilos de piña envasados, son únicamente rodajas de piña; los cuales no llevan corazón, ni cáscara.

## Rendimientos de producción de envasado de piña en almíbar

Tabla XIII. Rendimientos de productividad

<b>AGOSTO 2014</b>					
Número de piñas ingresadas	7,584	4,741	3,556	5,285	2,900
Kilosde piña ingresadas	5,685.45	2,415.00	2,347.82	4,039.29	2,851.06
Kilos de piña rechazada	907.65	322.97	323.42	504.40	330.22
Kilos de piña aprobados ingresados	4,777.80	2,092.03	2,024.40	3,534.89	2,520.84
Kilos de piña envasada TOTALES	1,552.37	725.00	728.51	1,165.60	775.00
% DE PIÑA	27.30	30.02	31.03	28.86	27.18
<b>Promedio</b>	<b>28.88</b>				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Rendimiento de productividad

<b>SEPTIEMBRE 2014</b>					
Número de piñas ingresadas	11,908	6,560	1,260	9,786	4,617
Kilosde piña ingresadas	7,939.77	7,679.41	1,286.86	8,445.98	4,944.67
Kilos de piña rechazada	345.00	344.74	275.00	589.68	181.44
Kilos de piña aprobados ingresados	7,594.77	7,334.67	1,011.86	7,856.30	4,763.23
Kilos de piña envasada TOTALES	2,029.33	2,236.12	351.54	2,214.69	1,352.60
% DE PIÑA	25.56	29.12	27.32	26.22	27.35
<b>Promedio</b>	<b>27.11</b>				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Rendimiento de productividad octubre

OCTUBRE 2014					
Número de piñas ingresadas	13,000	6,500	6,200	10,100	5,020
Kilosde piña ingresadas	11,369.20	6,325.00	6,890.00	9,873.62	4,820.00
Kilos de piña rechazada	400.00	360.00	452.00	521.00	293.00
Kilos de piña aprobados ingresados	10,969.20	5,965.00	6,438.00	9,352.62	4,527.00
Kilos de piña envasada TOTALES	3,400.45	1,908.80	2,060.16	2,712.26	1,312.83
% DE PIÑA	29.91	30.18	29.90	27.47	27.24
<b>Promedio</b>	<b>28.94</b>				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Rendimiento de productividad noviembre

NOVIEMBRE 2014					
Número de piñas ingresadas	8,221	8,423	10,025	9,561	8,542
Kilosde piña ingresadas	7,939.77	7,679.41	9,263.36	8,445.98	7,452.23
Kilos de piña rechazada	345.00	344.74	275.00	589.68	325.00
Kilos de piña aprobados ingresados	7,594.77	7,334.67	8,988.36	7,856.30	7,127.23
Kilos de piña envasada TOTALES	2,278.43	2,347.09	2,696.51	2,356.89	2,138.17
% DE PIÑA	28.70	30.56	29.11	27.91	28.69
<b>Promedio</b>	<b>28.99</b>				

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla XVII, se presentan los resultados de 4 meses de producción, en los cuales se puede observar que se tienen valores que oscilan entre el 25% y el 31%. Con un promedio de 27% de piña envasada; lo que automáticamente

se traduce en que el 73% de la piña que se adquiere se convierte en residuo, el cual al momento no es aprovechado por la empresa en estudio.

De acuerdo a la Tabla XII, donde el promedio de cáscara de piña es 37%, tomando en cuenta que el 73% es residuo; el corazón, los jugos que se pierden, bagazo que sale del corte y rodajas que no cumplen con la especificación, representan el otro 36% del total de la piña.

**Tabla XVII. Rendimiento de proceso productivo**

	<b>ago-14</b>	<b>sep-14</b>	<b>oct-14</b>	<b>nov-14</b>
Kilos de piña ingresados	17339	30297	39278	40781
Kilos de piña envasados	4946	8184	11175	12448
Kilos de piña convertidos en residuo	12392	22113	28103	28333
Kilos de cáscara de piña	4461.12	7960.68	10117.08	10199.88
<b>% de Rendimiento</b>	<b>28.53</b>	<b>27.01</b>	<b>28.45</b>	<b>30.52</b>
<b>% de desperdicio</b>	<b>71.47</b>	<b>72.99</b>	<b>71.55</b>	<b>69.48</b>
Horas hombre trabajadas	60	60	60	60

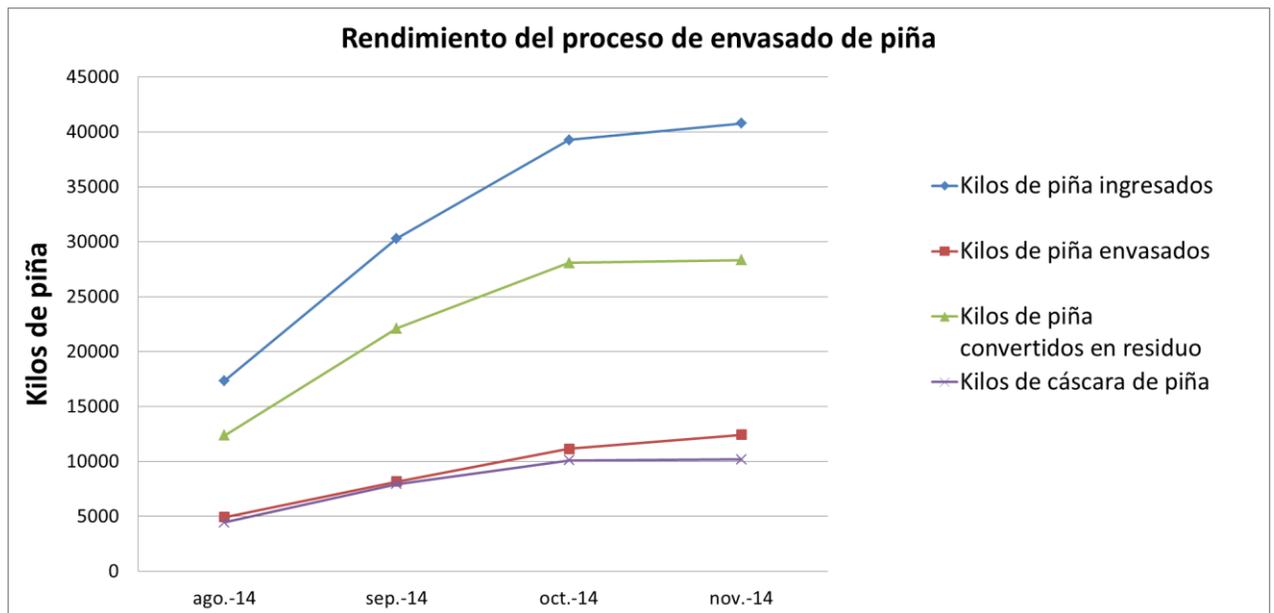
Fuente: elaboración propia.

En la figura. 6, se representa el comportamiento que tiene el rendimiento productivo del envasado de la piña en almíbar. Los datos graficados se encuentran en la Tabla XVII.

Puede observarse las diferencias que existen entre la cantidad de materia prima ingresada (kilos de piña) y la cantidad de producto terminado (kilos de piña envasada) que se obtiene.

Esto se traduce en bajos aprovechamientos y productividad para la empresa, dado que el porcentaje de residuo generado es alto (73%) y es pagado con antelación al proveedor del fruto, pero al final de la cadena productiva en planta, el mismo debe ser desechado sin contribuir económicamente.

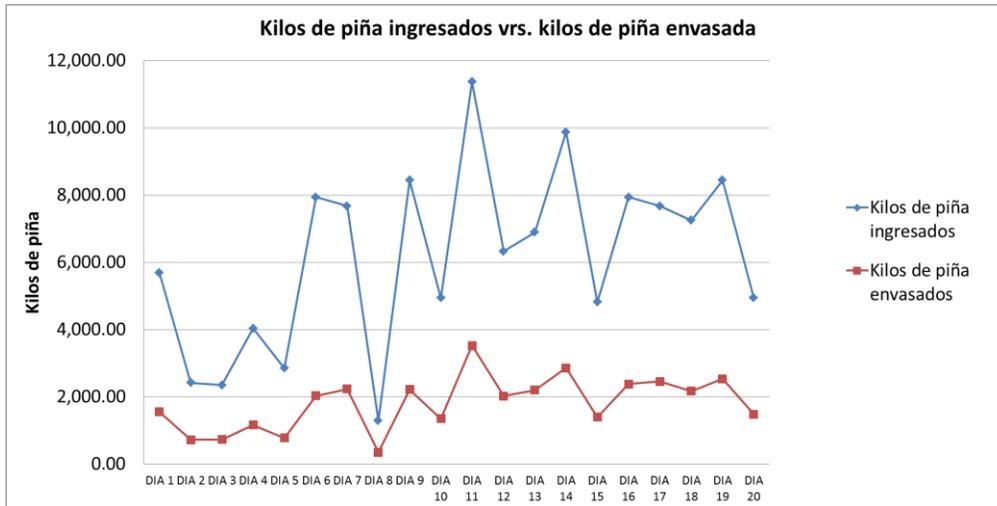
Figura 30. Representación gráfica del rendimiento del proceso de envasado de piña en almíbar



Fuente: elaboración propia.

En la figura 30, se representa únicamente la cantidad de kilos de piña ingresada contra los kilos de piña envasada, notándose la diferencia existente.

Figura 31. Representación gráfica de los kilos de piña ingresada vrs. kilos de piña envasada



Fuente: elaboración propia.

### 5.9. Análisis situacional utilizando Pareto

Aplicando un análisis de la situación del proceso, utilizando un diagrama de Pareto, se muestran los procesos que generan mayor cantidad de residuos, y los cuales pueden ser punto de mejora en el futuro (Tabla XVIII).

Tabla XVII. **Causas más incidentes de generación de residuos**

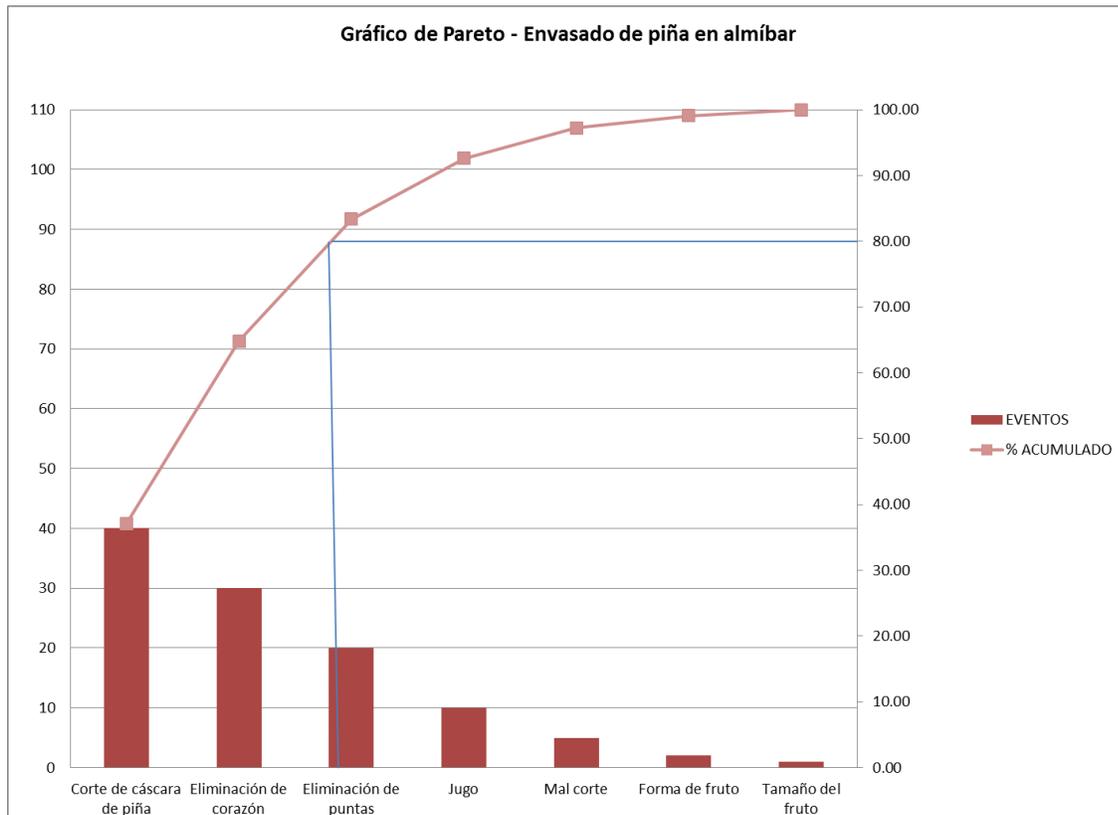
CAUSAS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS	EVENTOS	% ACUMULADO	%
Corte de cáscara de piña	40	37.04	37.04
Eliminación de corazón	30	64.81	27.78
Eliminación de puntas	20	83.33	18.52
Jugo	10	92.59	9.26
Mal corte	5	97.22	4.63
Forma de fruto	2	99.07	1.85
Tamaño del fruto	1	100.00	0.93
Total	108		

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el diagrama de Pareto, en la Figura 31, las causas que más inciden en la generación de residuos son: Corte de cáscara de piña, la eliminación de corazón y muy leve la eliminación de puntas.

Debe entenderse que son procesos que no pueden ser excluyentes debido al envasado de la piña, pero que si dan lugar a nuevas propuestas de experimentación para el uso de los mismos, con ello aumentar la productividad de la empresa y minimizar el impacto ambiental que producen estos residuos.

Figura 32. Representación de los factores que más inciden en la generación de residuos



Fuente: elaboración propia.

### 5.10. Análisis de indicadores

Los indicadores se calcularon para los meses de agosto y septiembre 2014, los cuales fueron los meses analizados. La empresa adquiere a Q.2.50 el kilo de piña entera (sin corona), de acuerdo a los datos en la Tabla XVI el promedio de piña disponible para el envasado es del 27%; lo que significa que del precio pagado por piña Q1.83 se convierte en residuo.

Lo que se traduce en que la empresa está tirando el 73 % del dinero pagado, sin al momento tener una alternativa de uso. A continuación se presentan los resultados de las mediciones de los indicadores evaluados.

Tabla XVIII. **Resultados de la medición de indicadores evaluados**

	<b>ago-14</b>	<b>sep-14</b>	<b>oct-14</b>	<b>nov-14</b>
Kilos de piña ingresados	17339	30297	39278	40781
Kilos de piña envasados	4946	8184	11175	12448
Kilos de piña convertidos en residuo	12392	22113	28103	28333
Kilos de cáscara de piña	4461.12	7960.68	10117.08	10199.88
<b>% de Rendimiento</b>	<b>28.53</b>	<b>27.01</b>	<b>28.45</b>	<b>30.52</b>
<b>% de desperdicio</b>	<b>71.47</b>	<b>72.99</b>	<b>71.55</b>	<b>69.48</b>
Horas hombre trabajadas	60	60	60	60

Fuente: elaboración propia.

Del análisis de los indicadores anteriores, se puede observar que en promedio el 73% del fruto y por ende del dinero que se ha pagado para adquirirlo, es una pérdida significativa para la empresa, por lo que se puede objetar que dentro del proceso hay mejoras que se pueden realizar, para minimizar estos valores.

Los turnos que se han analizado son de 12 horas, se produce los días que hay suministro de piñas por parte del proveedor, se procesan en el mismo día.

A continuación (Tabla XX) se presenta el análisis de la inversión monetaria en relación a las piñas que se adquirieron en los meses de agosto a

noviembre 2014, y la pérdida que se tiene en la generación de residuos que se generan del proceso.

Los datos se encuentran expresados en kilos de piña ingresada, kilos de piña envasada, el precio de compra, el monto por la cantidad de piñas compradas y el monto por los residuos generados.

Tabla XIX. **Análisis del monto**

<b>ANALISIS DEL MONTO (Q.) NO APROVECHABLE POR MES DE PRODUCCIÓN DE PIÑA ENVASADA</b>						
<b>MES ANALIZADO</b>	<b>KILOS DE PIÑA INGRESADOS</b>	<b>KILOS DE PIÑA ENVASADOS</b>	<b>PRECIO / KILO DE PIÑA ENTERA (Q.)</b>	<b>INVERSION INICIAL (Q.)</b>	<b>INVERSION APROVECHABLE (Q.)</b>	<b>INVERSIÓN CONVERTIDA EN RESIDUO (Q.)</b>
ago-14	17339	4946	2.5	43347.50	9969.93	31643.68
sep-14	30297	8184	2.5	75742.50	17420.78	55292.03
oct-14	39278	11175	2.5	98195.00	22584.85	71682.35
nov-14	40781	12448	2.5	101952.50	23449.08	74425.33
<b>TOTAL</b>	<b>127695</b>	<b>36753</b>	<b>10</b>	<b>319237.5</b>	<b>73424.63</b>	<b>233043.38</b>

Fuente. elaboración propia

De lo anterior, puede observarse que en los meses analizados el monto en inversión fue de Q. 319 237.50 y el residuo generado fue de Q. 233 043.38; dicha cantidad es la que debe ser recuperada en el proceso de producción de vinagre u otros subproductos que puedan ser producidos y comercializados, para aumento de la productividad.

Se presenta en la Tabla XXI, el rendimiento de vinagre obtenido, con una concentración promedio de 5.28%. Puede observarse que se realizaron cuatro pruebas, en las cuales los rendimientos variaron entre el 50% al 80%, lo que indica que el proceso de fermentación al ser bien controlado puede brindar altas

cantidades de vinagre. Los litros de vinagre variaron entre 25 y 40 litros respectivamente.

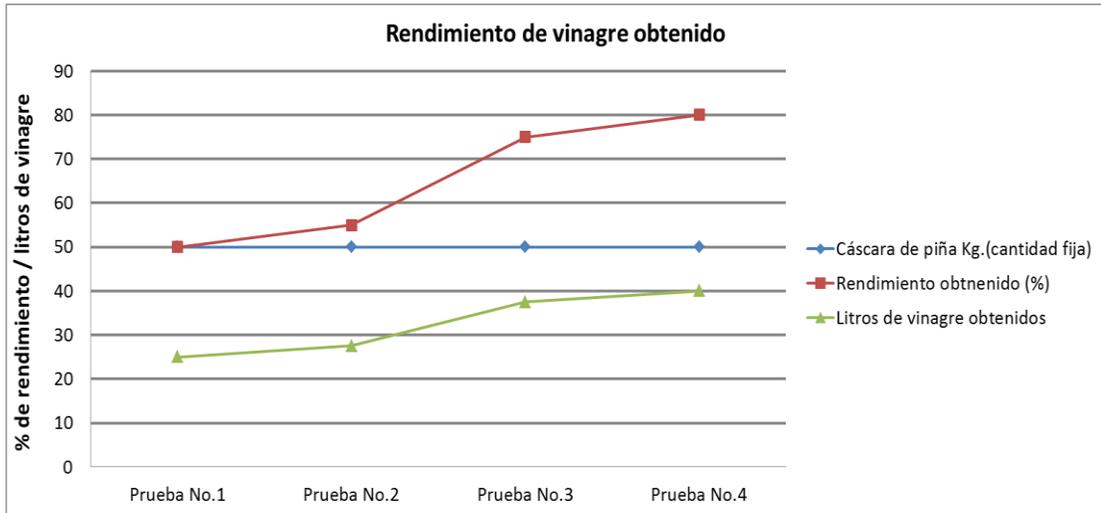
**Tabla XX. Litros de vinagre obtenidos**

<b>LITROS DE VINAGRE OBTENIDOS</b>				
	<b>Prueba No.1</b>	<b>Prueba No.2</b>	<b>Prueba No.3</b>	<b>Prueba No.4</b>
Cáscara de piña Kg.(cantidad fija)	50	50	50	50
Rendimiento obtenido (%)	50	55	75	80
Litros de vinagre obtenidos	25	27.5	37.5	40

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente gráfica, se puede observar el comportamiento en ascendencia de los litros de vinagre obtenidos.

Figura 33. Rendimiento de vinagre obtenido



Fuente: elaboración propia.

## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El vinagre proviene de la actividad de las [bacterias \*Mycoderma aceti\*](#) que realizan la reacción química de [fermentación](#) del [alcohol etílico](#) a [ácido acético](#) (vinagre), para que ocurra esta transformación deben existir las condiciones apropiadas de acidez [pH](#), concentración del alcohol. El alcohol etílico se obtiene en una primera fase de fermentación alcohólica.

Una baja productividad en la optimización del uso efectivo de los recursos, afecta económicamente a una empresa. Cuando el proceso primario está diseñado de tal manera que el rendimiento se encuentra menos del 40%; y el mismo genera el diferencial como un residuo o desecho, se deben buscar alternativas para reutilización de los mismos.

De esta manera es como se llegó a realizar el análisis de uso de la cáscara de piña, que de acuerdo a los análisis de rendimiento en línea, la misma se encuentra alrededor de un 37%, el cual no es aprovechable.

Se realizó un análisis de Pareto, donde se puede apreciar que los puntos a los cuales se les debe prestar atención para mejora de proceso son: la generación de residuos, producto fuera de especificaciones y mal corte.

Al momento de realizar las visitas de campo, se observó que la máquina que pela las piñas, la misma es automática y está diseñada para dejar un cilindro de piña de aproximadamente 8cm. De diámetro y quitar el corazón; se genera el residuo de cáscara de piña. Posteriormente, como las piñas no todas son homogéneamente iguales, en tamaño; cuando pasan por el corte de

sus bordes; también se genera desperdicio dejando rodajas que no cumplen con las especificaciones, todo esto va sumando al residuo.

Los meses analizados fueron de agosto a noviembre de 2014, de acuerdo a los indicadores propuestos: Costo unitario de producción, productividad de la mano de obra, porcentaje (%) de residuo obtenido, % de rendimiento de vinagre obtenido. De ello puede discutirse que el proceso al momento tiene un costo elevado por kilo de producto (en promedio de los 4 meses Q.4.31/Kg), derivado de la cantidad de residuo que se genera, al no utilizar este residuo y tirarlo, la empresa pierde rentabilidad. Así también se deben hacer mejoras en el proceso para que el desperdicio que se genera del proceso de corte se minimice, ya que la productividad en promedio de los 4 meses analizados fue de 31.12 Kg / hora (por operario) de piña enlatada.

Por lo anterior expuesto, se tiene como punto de partida y teniendo como objetivo la cuantificación y viabilidad de obtención de vinagre, a partir de aplicar Fermentación alcohólica y Fermentación acética, a la cáscara de piña se realizó la presente investigación.

Se sabe que el vinagre resulta de la fermentación de los azúcares contenidos en las frutas, la misma se puede dar de forma natural; aunque los tiempos son muy elevados, por lo tanto aquí se utilizó levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*), para la fase alcohólica. La misma se realizó de la siguiente manera:

Se tomaron muestras de cáscaras de piña, en el momento en el cual la misma es quitada del fruto, se hizo de ésta manera para asegurar que no habrá contaminación ambiental a la misma; ya que la misma ha sido lavada previamente en la pila de lavado con Hipoclorito de sodio (200 ppm), y toda el

área y proceso son asépticos. Ya en la planta aplican las BPM de higiene para plantas de alimentos.

Posteriormente, fueron llevadas al laboratorio, donde fueron cortadas sobre una tabla con un cuchillo en cuadros de aproximadamente 1cm<sup>2</sup> (con la finalidad de lograr mejor área de contacto al momento de la fermentación).

Se preparó una batería de seis fermentadores, se les adicionó la misma cantidad de trozos de cáscara de piña, misma cantidad de agua suave (la misma posee una dureza de 0 ppm), se utilizó azúcar blanca (las cantidades tuvieron variante), misma cantidad de levadura. Los mismos fueron completamente sellados para evitar el ingreso de aire, ya que ésta fermentación es anaerobia y colocados en completa obscuridad, para evitar interferencia de la luz solar. Se muestra en la Figura No. 20

Les fueron tomados datos iniciales de pH, temperatura y grados Brix,; para comprobar que se encontraban dentro de parámetros que sugiere la bibliografía e iniciar la experimentación.

Al final de esta fermentación, se pudo comprobar que la muestra que contenía un valor más alto de contenido de azúcar, reportó la cantidad mayor de % de alcohol en comparación con las otras, y el que contenía el menor valor de contenido de azúcar, reportó un menor % de alcohol . Como puede observarse en la Tabla IX; el mayor grado alcohólico fue de 12.42% v/v, el más bajo 10.54% v/v.

Luego de finalizada la fase alcohólica, se procedió a filtrar para la eliminación de residuos de esta fase que pudieran interferir en la misma; éste filtrado se colocó en unos nuevos fermentadores (nivel laboratorio), donde

fueron inoculados con una cantidad variable de *Acetobacter aceti*, y se dejaron reposar.

Esta fermentación se realiza aeróbicamente (en presencia de aire, CO<sub>2</sub>); por lo que los mismos fueron tapados únicamente por una gasa, para permitir el ingreso de aire, lo cual ayuda a que la bacteria se reproduzca y convierta el alcohol de la fase anterior en vinagre. Se puede ver en la Figura 23.

Al final de la experimentación se obtuvo un 5.28% de contenido de ácido acético en el vinagre, los resultados son satisfactorios, en lo referente a pH, sabor, olor, color.

En la siguiente tabla se muestra el resultado de la cantidad de vinagre obtenido, luego de aplicar Fermentación alcohólica y acética a la cáscara de piña.

**Tabla XXI. Porcentaje (%) de vinagre obtenido**

No.	% de vinagre
1	5.32
2	5.28
3	5.32
4	5.34
5	5.26
6	5.3

Fuente: elaboración propia

Para la cuantificación del porcentaje que definirá la calidad del vinagre obtenido, se procedió a realizar una titulación utilizando una solución de KOH (hidróxido de potasio) 0.1M y fenolftaleína como indicador (da un color rosa a la muestra antes de la neutralización).

Procedimiento:

- Muestra de 5ml de vinagre
- Adicionar 30ml de agua destilada
- Adicionar gotas de fenolftaleína
- Titular gota a gota con KOH
- Anotar la cantidad de KOH gastados al cambio de rosa a incoloro
- Realizar cálculos

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que el tratamiento que se le dio a la cáscara de piña fue positivo, de acuerdo a las especificaciones que enmarca la Norma Guatemalteca COGUANOR NGO 34185, donde se especifica que no debe ser menor de 4% ni mayor a 6%, el vinagre puede ser utilizado para consumo humano.

De acuerdo al análisis de costos que se presenta en la Tabla XXIII. La empresa puede aumentar su rentabilidad y productividad, utilizando y dándole nuevos usos a los residuos generados de sus actuales procesos, luego de realizar un análisis de factibilidad del mismo.

Tabla XXII. Integración de costos

INTEGRACIÓN DE COSTOS					
		ago-14	sep-14	oct-14	nov-14
INVERSIÓN INICIAL DE EQUIPAMIENTO	300,000.00				
LOTE (Kilos)	1200	24784	44226	56206	56666
KILOS DE CÁSCARA	216	4461.12	7960.68	10117.08	10199.88
CONTENIDO	Botella de 1 litro				
TOTAL BOTELLAS	600	12392	24324	42155	45333
MATERIAS PRIMAS	3,615.55	74,673.16	146,576.20	254,019.50	273,171.68
MATERIAL DE EMPAQUE	4,239.52	87,560.12	171,872.06	297,857.73	320,315.14
ENERGÍA ELECTRICA	246.85	5,098.28	8,000.00	8,500.00	8,500.00
MANO DE OBRA	1,764.71	1,764.71	3,529.43	3,529.43	4,411.79
COSTO DEL BATCH	9,866.63	169,096.27	329,977.69	563,906.66	606,398.60
COSTO POR UNIDAD	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
<b>PRECIO DE VENTA</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>
TOTAL DE VENTAS	9,000.00	185,880.00	364,864.50	632,317.50	679,992.00
<b>RETORNO DE INVERSIÓN POR LOTE</b>	<b>- 866.63</b>	<b>16,783.73</b>	<b>34,886.81</b>	<b>68,410.84</b>	<b>73,593.40</b>
<b>TODOS LOS VALORES EN QUETZALES</b>					
El retorno de inversión en equipamiento:		1.55 AÑOS			

Fuente: elaboración propia.

Esto a su vez, abre puertas a nuevas investigaciones, en lo referente al uso de la corona para generación de alimento para ganado, cáscara para otros subproductos, biocombustible, jugo, mermeladas, te, entre otros.

En la sección ANEXO, se muestra un análisis de precios de vinagre en los Estados Unidos(extraído del documento “Estudio de mercado vinagre en Estados Unidos, septiembre 2012”), lo que demuestra que existe un mercado que apuesta a la adquisición de vinagres de alta calidad y de preferencia naturales. Lo que también abre la puerta para una investigación y desarrollo de este cliente y así incrementar las exportaciones en Guatemala, profesionalizar los procesos y dar un valor agregado a los productos nacionales.



## CONCLUSIONES

1. La cáscara de piña en pequeños trozos fue colocada en el fermentador, con adición de agua, azúcar y levadura; manteniéndolos en obscuridad y libre de oxígeno, transcurridos los días se obtuvo un líquido conteniendo alcohol. Posteriormente éste líquido fue inoculado con bacteria acética, colocado en otro fermentador, permitiendo en este ingreso de oxígeno, fueron tapados únicamente con una gasa, para obtención de vinagre.
2. Se cuantificó que la cantidad de residuo que se genera del proceso de envasado de piña en almíbar, corresponde al 73%, compuesto por: cáscara de piña (37%), jugo, bagazo, corazón.
3. La experimentación que se realizó a nivel laboratorio, varió entre 50% y 80% de eficiencia. Analizando los valores de cáscara de piña en los 4 meses analizados y basándose en las eficiencias anteriores pueden obtenerse 124 400 litros de vinagre con un contenido acético (vinagre) de 5.28%.
4. La empresa puede obtener un incremento en su productividad al comercializar el vinagre obtenido, con un valor de Q15.00 por litro, por las unidades producidas (124 400), representando Q. 1 866.000.00 con una ganancia inicial del 30 %. Q560 000.00. Con ello puede amortizar su inversión en un mínimo de 1.5 años aproximadamente.



## RECOMENDACIONES

1. Elaborar más investigación con éste tipo de residuos, variando los parámetros de: pH, grados Brix, gramos de *Saccharomyces cerevisiae*, gramos de bacteria acética, temperatura de experimentación; en ambas fermentaciones para obtención de mayores y mejores cantidades y calidades de vinagre.
2. Los residuos que al momento totalizan 73 %, deben ser utilizados en otras líneas de investigación, de acuerdo a la literatura existente; los mismos pueden ser utilizados para: alimento de ganado, jugo de piña, mermeladas, té, entre otros. Obteniendo el aval siempre que sea posible de un Laboratorio externo, para verificación de resultados.
3. Realizar el estudio de construcción de la planta de fermentación, logrando eficientar el proceso a un 80% o más, para obtener el mayor rendimiento de litros de vinagre.
4. Elaborar estudio de mercado a nivel nacional y extranjero, en lo referente al consumo de vinagres naturales e introducir y posicionar el vinagre de piña.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aldana, A. (2010). Implementación del Manual de Buenas Prácticas de Manufactura en el departamento de Producción del Café Dresden (Tesis de licenciatura).Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
2. Alfaro, F. & Alfaro, M. (1999). Diagnósticos de productividad por multimomentos. (pág. 23). Barcelona, España.
3. Arias, C. & Toledo, J. (2000). Manual para el manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano). Recuperado de [http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS\\_PDF/HORTOFRUTICOLA/FAO.%20Manual%20para%20cosechas.pdf](http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/HORTOFRUTICOLA/FAO.%20Manual%20para%20cosechas.pdf)
4. Balconi, G. (2011). Mejoramiento de los procesos de fermentación alcohólica y acética para la elaboración de vinagre a partir de azúcar, en industria alimenticia guatemalteca. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
5. Baraona, M. & Sancho, E. (1991). Piña y papaya Fruticultura especial. Volumen 3. Editorial Universidad Estatal (EUNED)
6. Castells, X. (2009). Reciclaje de residuos industriales (2da.ed. pag.578). Editorial Díaz de Santos, S.A., Madrid, España

7. Barry, R. (2004). Principios de la administración de operaciones. Editorial Pearson. México
8. Cerrato, I. (2013). Estudio de mercado para la comercialización de piña MD2. PONAGRO. Recuperado de [www.sag.gob.hn](http://www.sag.gob.hn)
9. DeGuate.com (2014). Producción de piña en Guatemala. Recuperado de <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-pina-en-guatemala.shtml#.VklpdLcvfIV>
10. Doerr, O. & Sánchez, R. (2006). Indicadores de productividad para la industria portuaria (p.11). Cepal.
11. Fernández, R. (2010). La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa. Editorial Club Universitario. Alicante, España. Recuperado de [www.editorial-club-universitario.es/pdf/3881/pdf](http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/3881/pdf)
12. Fleitman, J. (2007). Evaluación integral para implantar modelos de calidad. Editorial Pax. México.
13. Guido, M. et al. (1983). Guía técnica para el cultivo de la piña. IICA, Nicaragua.
14. Hansen, B. & Ghare, P. (1990). Control de la calidad (teoría y aplicaciones) (pags. 371, 392). Editorial Díaz de Santos, S.A. Madrid, España.
15. Hernández, A. (2003). Microbiología industrial. Editorial Universidad Estatal (EUNED)

16. Hernández, S. & Martínez, C. (2012). Obtención de etanol por vía fermentativa a partir de cáscaras de Ananas comosus (piña) evaluando dos de sus principales variables (pH y grados Brix) usando como microorganismo productor *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis de licenciatura. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. El Salvador.
17. López, Ingrid. (2007). Proceso de elaboración a nivel laboratorio para la obtención de ácido acético (vinagre) a partir de la fermentación microbiológica de agua de coco. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
18. Manahan, S. (2007). Introducción a la química industrial. Editorial Reverté.
19. Mendía, S. (2005). Diseño de una planta productora de vinagre obtenido a partir de la cáscara de la piña (*Ananas comosus*). Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
20. MINAET et al, 2009. Evaluación del impacto ambiental generado por la eliminación del rastrojo de piña a través de su incorporación al suelo. Repcar. Recuperado de <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-proagroin/protocolo-rastrojo>.
21. Montilla, I. (1997). El cultivo de la piña en Venezuela. Maracay, Venezuela. IICA.

22. Mapa de Jocotillo. Recuperado de <http://nona.net/features/map/placedetail.1813098/EI%20Jocotillo/>
23. Muller, L. (1964). Manual de laboratorio de fisiología vegetal. IICA. Turrialba, Costa Rica: Editorial SIC.
24. Pac, P. (2005). Experiencias en el cultivo de piña (Ananas comosus). Tesis de licenciatura, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
25. Papp, D. (1996). Historia de las ciencias desde la antigüedad hasta nuestros días. Editorial Andrés Bello, Chile.
26. Parés, R. & Juárez, A. (2002). Química de los microorganismos. España: Editorial REVERTE; S.A.
27. Rodríguez, C. & Sarabia, C. (2012). Efecto del método de fermentación acética en las características físico – químicas y sensoriales en vinagre de naranja agria (Citrus x aurantium) y piña (Ananas comosus). Universidad Zamorano, Honduras.
28. Sans, R. & Ribas, J. (1989). Ingeniería ambiental y tratamientos. Editorial Productica. Barcelona, España.
29. Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales pasado, presente y futuro. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de [www.smbb.com.mx/revista/revista\\_2012\\_/saval](http://www.smbb.com.mx/revista/revista_2012_/saval)

30. Troncoso, A. (s.f). El vinagre de vino. En Revista Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM). Recuperado de <http://www.sebbm.com/revista/articulo.asp?id=4856&catgrupo=262&tipocom=24>
31. Vásquez, H., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. Disponible en <http://www.redalyc.org>
32. Vincent, M. (2006). Química industrial orgánica. España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
33. [http://www.comercioexterior.ub.edu/correccion/11-12/Costa\\_Rica/sectorexterior.htm](http://www.comercioexterior.ub.edu/correccion/11-12/Costa_Rica/sectorexterior.htm)
34. [http://ibce.org.bo/images/estudios\\_mercado/perfil\\_mercado\\_pina.pdf](http://ibce.org.bo/images/estudios_mercado/perfil_mercado_pina.pdf)
35. Estudio de mercado vinagre Estados Unidos (2012). Oficina comercial de proChile en Chicago. Pág. 23-25. Recuperado de [http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files\\_mf/documento\\_09\\_26\\_12152811.pdf](http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files_mf/documento_09_26_12152811.pdf)



## **ANEXOS**

Para realizar los ensayos a nivel laboratorio se utilizó el siguiente instrumental y reactivos

- Refractómetro ATAGO R 5000
- Balanza
- Potenciómetro
- Pipeta
- Espátula
- Tabla
- Cuchillo
- Beacker
- Balón aforado
- Bureta
- Earlenmeyer
- Tela filtrante
- Termómetro
- Refractometro
- Recipientes de PET y HDPE
- Levadura
- Acetobacter aceti
- Fenoftaleína
- KOH (hidróxido de potasio)

**Anexo 1.**  
**Registro de Producción**

**Registro de Producción**

No.

Turno D  N

- 1 Código de Materia Prima (piña)
- 2 Procedencia (Nombre de la finca)
- 3 Peso Kg. Ingresados de piña a proceso
- 4 No. De Lote a fabricar
- 5 Cantidad a fabricar
- 6 Hora de inicio
- 7 Hora de finalización
- 8 Nombre de Operarios en línea
- 9 Tiempo Paros programados
- 10 Tiempo Paros no programados
- 11 Peso Kg. De residuos generados
- 12 Rendimiento de lote

## VII. PRECIOS DE REFERENCIA – RETAIL Y MAYORISTA

Los precios a los cuales se importa el vinagre, presentarán una diferencia respecto de los precios en que finalmente sean expuestos en las góndolas para venta al público en general, esto debido a que se le deben incorporar los márgenes de los importadores, mayoristas y/o minoristas, además de considerar otros costos como por ejemplo: transporte, inspecciones, impuestos, seguros, publicidad, desarrollo de productos, etc.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se presenta a continuación los precios promedio de cada litro de vinagre importado para los años 2009, 2010 y 2011, para los principales países respecto a la cantidad de vinagre exportado hacia Estados Unidos.

Tabla. Valor Promedio en US\$ por Litro de Vinagre Importado

País de Origen	Valor en US\$/ lt.			% de cambio 2011/2010
	2009	2010	2011	
Italia	1,7	1,63	1,67	2%
España	1,33	1,25	1,25	0%
Japón	1,08	0,86	1,25	45%
Francia	1,36	1,29	1,5	16%
Filipinas	0,56	0,68	0,77	13%
China	0,99	1,16	1,5	29%
Canadá	0,1	0,1	0,6	500%
Corea Del Sur	1,4	1,25	1,16	-7%
Taiwán	1,54	1,88	0,88	-53%
Perú	0,58	1,06	0,71	-33%
Turquía	1,17	0,94	0,77	-18%
Hong Kong	1,86	1,85	2,01	9%
Alemania	1,03	1,18	1,69	43%
<b>Total</b>	<b>1,19</b>	<b>1,26</b>	<b>1,51</b>	<b>20%</b>

Fuente: Global Trade Atlas

Adicionalmente, se han tomado precios de referencia en cadenas de retail, una de ellas correspondiente a la cadena Whole Foods, la cual vende productos orgánicos y naturales, orientada a un segmento medio-alto. Es una cadena que cuenta con más de 300 locales en Estados Unidos. Y por otro lado se analizó a Walmart, cadena de retail masiva, con estrategia de mantener precios bajos. Esta cadena, cuenta con más de 3.500 locales en Estados Unidos.

**Whole Foods Market**

Descripción	Marca	País de Origen	Volumen (ml)	Precio US\$	Precio US\$ /Litro
Apple Cider Vinegar	365 Everyday Value*	EE.UU.	946	3,69	3,90
	Bragg Organic	EE.UU.	946	5,99	6,33
			473	3,99	8,44
	Eden Organic	EE.UU.	946	4,99	5,27
			473	3,39	7,17
Spectrum	EE.UU.	473	3,69	7,80	
Balsamic Vinegar	Colavita	Italia	503	5,99	11,91
	Elsa	Italia	250	16,99	67,96
	Spectrum	EE.UU.	503	6,99	13,90
Red Wine Vinegar	Bella Terra	Italia	250	3,99	15,96
	Colavita	Italia	503	3,69	7,34
	Eden Organic	EE.UU.	946	3,99	4,22
			473	2,69	5,69
	Napa Valley	EE.UU.	375	4,69	12,51
Spectrum	EE.UU.	503	6,99	13,90	
White Vinegar Distilled	365 Everyday Value*	EE.UU.	946	2,19	2,32
	Spectrum	EE.UU.	946	6,99	7,39
White Wine Vinegar	Colavita	Italia	503	3,69	7,34
	Spectrum	EE.UU.	503	6,99	13,90
Malt Vinegar	Gilway	Inglaterra	568	4,99	8,79
Sherry Vinegar	Napa Valley	EE.UU.	375	6,99	18,64
Brown Rice Vinegar	Spectrum	EE.UU.	375	4,99	13,31

\* Marca propia de Whole Foods

**Walmart**

Descripción	Marca	País de Origen	Volumen (ml)	Precio US\$	Precio US\$ /Litro
Apple Cider Vinegar	Great Value	EE.UU.	3.780	3,83	1,01
			946	1,44	1,52
			473	0,96	2,03
	Heinz	EE.UU.	946	1,96	2,07
			473	1,23	2,60
Apple Cider Vinegar (Unfiltered)	Heinz	EE.UU.	946	3,98	4,21
Balsamic Vinegar	Great Value	EE.UU.	250	1,74	6,96
	Pompeian	Italia	473	2,48	5,24
	Star	EE.UU.	250	1,98	7,92
Red Wine Vinegar	Heinz	EE.UU.	355	1,98	5,58
	Pompeian	Italia	473	1,48	3,13
White Balsamic	Alessi	Italia	250	2,78	11,12

Vinegar					
White Vinegar Distilled	Great Value	EE.UU.	3.780	2,38	0,63
			1.890	1,82	0,96
			946	1,12	1,18
			473	0,78	1,65
	Heinz	EE.UU.	3.780	2,82	0,75
			473	1,53	3,23
White Wine Vinegar	Pompeian	Italia	473	1,48	3,13
	Holland House	Italia	473	2,62	5,54

Al analizar la variable de precio por litro de ambas tablas, se confirma lo que se comentaba anteriormente, que los precios de Whole Foods son más elevados, apuntando a un segmento medio-alto, con productos orgánicos, lo que también lo hace un producto de mayor valor. Por lo tanto, si su producto apunta a un mercado gourmet y/o orgánico, debiera venderse en una cadena como Whole Foods, Trader Joes, entre otros.

A continuación se muestra una lista con algunos de los principales retailers de Estados Unidos y el número de locales aproximado que cada uno tienen:

Retailer	Número de Locales
Whole Foods	300
Trader Joe's	350
Walmart	3.700
Kmart	1.300
Costco	400
Sam's Club	600
Ralphs	320
Albertsons	560
Vons	1.700
Smart & Final	300
Target	1.700