



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE ENVASADO; UTILIZANDO VINAGRE DE CÁSCARA DE PIÑA OBTENIDO POR FERMENTACIÓN DOBLE ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA**

**Karla Anabella Reyes**

Asesorado por el Ing. Mischael Hernández López

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE ENVASADO; UTILIZANDO VINAGRE DE CÁSCARA DE PIÑA OBTENIDO POR FERMENTACIÓN DOBLE ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KARLA ANABELLA REYES**

ASESORADO POR EL ING. MISCHAEL HERNÁNDEZ LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Eduardo Calderón García
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herbert De León Morales
EXAMINADOR	Ing. Edwin Manuel Ortiz Castillo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## 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:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE ENVASADO; UTILIZANDO VINAGRE DE CÁSCARA DE PIÑA OBTENIDO POR FERMENTACIÓN DOBLE ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA

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



**Karla Anabella Reyes**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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



**MOD-MGIPP-022-2014**

0 0 0 6 4 6

Guatemala, 22 de julio de 2014.

Director:  
Víctor Manuel Monzón Valdez  
Escuela de Ingeniería Química  
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación de la estudiante **Karla Anabella Reyes** carné número **87-11359**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"

MSc. Inga. Mischael Hernández López  
Asesor (a)

Mischael Hernández  
INGENIERO QUIMICO  
COLEGIADO 100%

MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo  
Coordinador de Área  
Gestión y Servicios

César Akú Castillo MSc.  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 4,073

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora  
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
/db



Ref.EIQ.TG.183.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la estudiante, **KARLA ANABELLA REYES**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en GESTIÓN INDUSTRIAL** titulado **"DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE ENVASADO; UTILIZANDO VINAGRE DE CÁSCARA DE PIÑA OBTENIDO POR FERMENTACIÓN DOBLE ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA"**. Procede a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Victor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, julio de 2014

Cc: Archivo  
Copia: Colegio de Ingenieros Químicos de Guatemala  
MMMV/ale

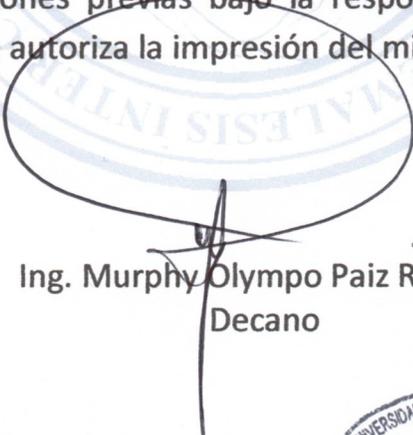




DTG. 499.2014

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 Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE ENVASADO; UTILIZANDO VINAGRE DE CÁSCARA DE PIÑA OBTENIDO POR FERMENTACIÓN DOBLE ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA**, presentado por la estudiante universitaria **Karla Anabella Reyes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 23 de septiembre de 2014



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	A mi Dios, 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:**

**La Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Gloriosa Universidad que me permitió nutrirme de conocimiento en sus aulas.

**Facultad de Ingeniería**

Por enseñarme el conocimiento para un desarrollo profesional.

**Ing. Víctor Suárez**

Por su apoyo incondicional al desarrollo de esta investigación.

**Ing. Mischael Hernández**

Por su apoyo, amistad y asesoría al desarrollo de esta investigación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. ANTECEDENTES .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	5
3. JUSTIFICACIÓN .....	11
4. MARCO TEÓRICO.....	13
4.1. Productividad.....	13
4.1.1. Concepto .....	13
4.1.2. Calidad y productividad en las pymes .....	14
4.1.3. El reto de la productividad .....	15
4.1.4. Medición de la productividad .....	15
4.1.5. Indicadores .....	16
4.1.5.1. Indicador de rendimiento .....	17
4.1.5.2. Indicador de productividad.....	17
4.1.5.3. Diseño de indicadores .....	18
4.2. La piña.....	18
4.2.1. Concepto .....	18

4.2.2.	Clasificación taxonómica .....	19
4.2.2.1.	Componentes de la piña.....	20
4.2.3.	Aspectos económicos de la piña en Guatemala.....	23
4.2.4.	Procedencia y destino del comercio de piña .....	24
4.2.5.	Aspectos productivos de la piña .....	25
4.2.5.1.	Épocas de siembra.....	25
4.2.5.2.	Principales departamentos productores de piña en Guatemala .....	26
4.2.6.	Área cosechada .....	27
4.2.6.1.	Área, producción y rendimiento (2007-2013).....	27
4.2.6.2.	Aspectos del mercado interno .....	28
4.2.6.3.	Ubicación de la aldea el Jocotillo, Villa Canales .....	29
4.2.6.4.	Principales cultivares de piña .....	31
4.3.	Fermentación .....	34
4.3.1.	Concepto.....	34
4.3.2.	Fermentación alcohólica.....	35
4.3.2.1.	Levaduras.....	36
4.3.2.2.	Obtención de etanol .....	37
4.3.3.	Fermentación acética .....	38
4.3.3.1.	Bacteria .....	39
4.3.3.2.	Vinagre .....	41
4.4.	Contaminación ambiental por desechos agrícolas.....	43
4.4.1.	Subproducto .....	45
4.4.2.	Residuos .....	45
4.4.3.	Desecho .....	45
5.	ÍNDICE DE CONTENIDO DE INFORME FINAL.....	47

6.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	51
7.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	57
8.	RECURSOS .....	59
9.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	61
10.	RECURSOS .....	63
11.	BIBLIOGRAFÍA .....	65
	ANEXOS.....	71



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Aspecto de la piña Cayena Lisa.....	20
2.	Departamentos productores de piña .....	26
3.	Área cosechada de piña en Guatemala .....	27
4.	Ubicación aldea El Jocotillo.....	30
5.	Cayena Lisa .....	31
6.	Queen .....	32
7.	Spanish Red.....	33
8.	Abacaxi .....	33
9.	Esquema general de investigación .....	34

### TABLAS

I.	Composición del fruto de la piña (contenido en 100 g de porción comestible).....	22
II.	Importaciones / exportaciones de piña 2005-2013.....	23
III.	Promedio de importaciones / exportaciones de piña 2008-2012.....	24
IV.	Meses óptimos de siembra de piña.....	26
V.	Área / producción / rendimiento de piña 2007- 2013.....	28
VI.	Mercado interno de la piña.....	29
VII.	Principales bacterias y su uso.....	40
VIII.	Cálculo del tamaño de muestra.....	55
IX.	Recurso humano .....	59
X.	Recurso material .....	60

XI.	Recurso financiero .....	60
XII.	Cronograma de actividades .....	61
XIII.	Recursos necesarios .....	63

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Z	Coeficiente de confianza
CO <sub>2</sub>	Fórmula de dióxido de carbono
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	Fórmula de etanol
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Fórmula de glucosa
CH <sub>3</sub> COOH	Fórmula del ácido acético
kcal	Kilocaloría
e	Límite aceptable de error
n	Tamaño de la muestra
N	Tamaño de la población
TM	Tonelada métrica
%	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>Fermentación acética</b>	La fermentación acética es la fermentación bacteriana por <i>Acetobacteri</i> , un género de bacterias aeróbicas, que transforma el alcohol etílico en ácido acético, la sustancia característica del vinagre.
<b>Fermentación alcohólica</b>	Condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos por todos los procesos de producción y control de alimentos.
<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>PROAGROIN</b>	Programa de Desarrollo Agroindustrial de Costa Rica.

**Vinagre**

Condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos por todos los procesos de producción y control de alimentos.



## RESUMEN

Para los tiempos actuales, es muy importante lograr un reuso de los materiales que regularmente han sido tratados como desecho. El lograr minimizar los impactos ambientales, mayor generación de ingresos, mejor utilización de los recursos; van haciendo prioritarios para lograr una mayor productividad y rentabilidad en las empresas.

Los residuos agrícolas entre otros, en muchas empresas aun siguen siendo vistos como un desecho, y ya deben ser vistos como un residuo; como una nueva materia prima que aportará beneficios a la empresa, al medio ambiente, a la comunidad. Muchas veces son recursos monetarios que son mal aprovechados por los cuales ya se ha pagado.

Para esta investigación en particular se tienen los residuos generados en una línea de envasado de piña en almíbar; como lo son las cáscaras, las cuales serán sometidas a fermentación tanto alcohólica como acética, para obtener como producto final vinagre.

Las pruebas serán realizadas a nivel laboratorio y así obtener los resultados de la calidad de vinagre que se puede obtener, cuantificando el aumento en la productividad que se puede obtener al utilizar las cáscaras y de ellas poder obtener otro producto; el cual puede ser utilizado en estas líneas de encurtido, así como crear una nueva línea de envasado de vinagre para consumo humano.



## OBJETIVOS

### General

Determinar el incremento en la productividad del proceso de envasado; utilizando vinagre de cáscara de piña obtenido por fermentación alcohólica y acética, 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. Variando las condiciones de temperatura, pH, cantidad de levadura y bacteria utilizadas.
4. Definir el incremento de la productividad del proceso de envasado de encurtidos, utilizando el vinagre obtenido.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, lleva por nombre Incremento de la Productividad en el proceso de envasado, utilizando vinagre de cáscara de piña obtenido por fermentación doble alcohólica y acética, en una empresa guatemalteca.

Como es sabido por la mayoría de las personas, es posible obtener subproductos de lo que normalmente se denomina “residuo”. En esta oportunidad, se utilizará cáscara de piña; que una empresa manufacturera de envasado de alimentos (entre los que se encuentra piña, palmito, champiñones, entre otros), desecha de su proceso juntamente con el corazón y parte de jugo que no es aprovechable. A ella se le aplicará los conceptos y prácticas ya existentes en lo referente a fermentación, específicamente fermentación alcohólica (*Saccharomyces cerevisiae*) y fermentación acética (*Acetobacter acetii*).

A lo largo de la investigación, se obtendrán datos de: cantidad de desecho generado del proceso, cantidad de vinagre para uso comestible que se puede obtener de la cáscara de la piña desechada, análisis del incremento en la productividad, experimento a nivel laboratorio del proceso que posteriormente puede dar lugar a realizar un diseño a nivel planta industrial. Para ello se utilizarán técnicas de recolección de datos como lo son: inventarios de materia prima (kilos de piña que ingresan), cantidad de kilos de residuo, calidad de este residuo, kilos de residuo aptos para la fermentación, observación de proceso en línea, análisis y pruebas de laboratorio para obtención de datos, al finalizar

se tendrá un informe final donde se presentarán los resultados obtenidos (el mismo contará entre otros con tablas, gráficas, diagramas, etc.).

La presente investigación es realizable ya que se cuenta con el apoyo del dueño de dicha empresa, quien está muy interesado en generar este tipo de investigación con la finalidad del uso de desechos de proceso, mitigar el impacto ambiental, aumentar la productividad de la empresa y generar nuevos productos para el consumidor.

En los capítulos que dicha investigación tendrá se encontrará información referente:

Capítulo 1. Productividad. 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. Fermentación. Encontrará información de las generalidades de la fermentación; descripción y aplicación de la fermentación alcohólica y acética.

Capítulo 3. Piña. Aquí se hará 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. Contaminación ambiental. Se encontrará información referente a la contaminación ambiental que provocan los residuos agroindustriales.

## 1. ANTECEDENTES

El cuidado del medio ambiente es un compromiso que toda persona debe considerar como parte de sus responsabilidades, cuidando el patrimonio de cada uno y de los suyos. Asimismo, cada empresa que genere desechos debe ser responsable de identificar y valorar todos los impactos ambientales que genere la realización de su actividad, y además incluir dentro de su sistema de gestión integrado las maneras adecuadas de minimizar estos impactos.

La fermentación, los microorganismos, la descomposición de materia orgánica; se remonta a 1800.

Cuando Luis Pasteur (1822 – 1895) realizó sus investigaciones y llegó a concluir como cita (Papp, 1996. p. 230) “sus experiencias condujeron a Pasteur a la convicción de que la fermentación es debida a microorganismos vivientes (...), “también había notado que la putrefacción constituye un proceso similar que no se desarrollaría si se tuviese la precaución de destruir mediante calor todas las células en contacto con la sustancia”.

Lo que significa que para el investigador este tema tiene base científica de muchos años atrás, que podrá demostrar que efectivamente los microorganismos como los son las levaduras y las bacterias son los causantes de la fermentación. Que los desechos orgánicos en contacto con suelo, agua, aire, sin tratamiento provocan contaminación y proliferación de insectos; ya que constituye materia viva, que sufrirá putrefacción.

En su trabajo de tesis (Balconi, 2011. p. XIII) presenta como objetivo general, "Aumentar el rendimiento del proceso de elaboración de vinagre a partir de la fermentación de azúcar por medio del monitoreo y control de las variables, identificando las oportunidades de mejora". Utilizando dos tipos de levadura (fresca y seca), llevando controles de puntos importantes como lo es el almacenamiento, inspección y peso de la materia prima. Identificando puntos de control basándose en la Norma COGUANOR NGO 34185.

El aporte más significativo que deja el trabajo de Balconi (2011), es un aumento del 15,65 % de rendimiento en la producción de vinagre, modificando el método que utilizaba la empresa en estudio. El vinagre que se obtuvo es del 5,2 % v/v.

Mendía, (2005) en su trabajo de tesis, tiene como finalidad realizar un estudio de la factibilidad de construir una planta industrial, que procese cáscara de piña para obtener vinagre; para ello realizó pruebas a nivel laboratorio, estudio de mercado y análisis económico.

El aporte que la investigación genera, es que le da viabilidad al proyecto de generación de vinagre a partir de cáscara de piña, definiendo que si existe un mercado potencial de consumidores y que el retorno de inversión es a corto plazo, aproximadamente 3,5 años. (Mendía, 2005)

López (2007), en su trabajo de tesis, titulado *Proceso de elaboración a nivel de laboratorio para la obtención de ácido acético (vinagre) a partir de la fermentación microbiológica de agua de coco*. Con esto se puede ejemplificar que el vinagre puede fabricarse de diferentes materias primas y obtener un producto de iguales características y usos.

Uno de los aportes significativos de esta investigación es que abre un nuevo mercado para el agua de coco, que actualmente no tiene otro mercado más que las exportaciones hacia El Salvador con el 88,00 %, el resto se queda en el país y no tiene un valor agregado.

Se puede encontrar variedad de artículos relacionados con la obtención de vinagre, mencionando las diferentes materias primas que se pueden utilizar, los métodos a utilizar, los medios, las regulaciones de país, etc.

Troncoso et al. (2013), evidencia cómo se comporta el mercado español. Enunciando que la Normativa Española define el vinagre como el líquido para el consumo obtenido por doble fermentación, definiendo hasta diez tipos de vinagre (vinagre de vino, frutas, alcohol, sidra, cereales, maltas, malta destilado, balsámico, balsámico de sidra, y derivados de maíz o arroz). En la Unión Europea se han establecido límites para la acidez y el contenido residual en etanol. Así para el vinagre de vino la acidez es de 6 % (p/v) y el etanol residual como máximo de 1,5 % (v/v).

El aporte que se encuentra de este artículo, se enfoca en la mención que se hace del proyecto WINEGAR, donde se puede apreciar que con el uso de la metodología de sistemas de cultivo sumergidos, ganando tiempo y eficiencia de proceso. Lograron reducciones de 6 meses o 1 años, hasta 50 días, manteniendo o aumentando la calidad sensorial del producto.

Rodríguez & Sarabia (2012), realizaron la investigación titulada *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)*.

El aporte de esta investigación es principalmente concluir que de los 2 métodos utilizados en la fase experimental (Orleans Tradicional y Orleans Modificado); el que mejores resultados organolépticos y de calidad del vinagre da es el Orleans Tradicional, realizaron análisis Hernández & Martínez (2012), en su trabajo de tesis, tiene como objetivo general “Obtención de etanol por vía fermentativa a partir de cáscaras de *Ananas comosus* (piña) evaluando dos de sus principales variables (pH y grados Bríx), usando como microorganismo productor *Saccharomyces cerevisiae*”. Los aportes de esta investigación se fundamentan principalmente en las condiciones óptimas a las cuales se obtienen los mejores resultados de fermentación. Siendo estos: el mayor pH para producción de etanol es 4, los grados Brix óptimos son 20, el mayor tiempo de fermentación ronda las 72 horas con un 24 % de rendimiento y un grado alcohólico de 50; fuera de estos parámetros la calidad se ve sacrificada.

Pero las BPM, deben ser interpretadas como una forma o estilo de trabajo que debe ser conocido y compartido por todos, desde la Alta Gerencia, hasta el colaborador más sencillo de la empresa, no importando los niveles de responsabilidad y grado académico. La adopción de las BPM por parte de todos los colaboradores que participan en la cadena del proceso productivo contribuye a obtener mayor productividad, a incrementar la seguridad del personal, mejora la calidad de los productos, reduce desperdicios, costos y llega a satisfacer a los clientes.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

- Planteamiento del problema

Actualmente la empresa en estudio, no cuenta con un proceso de mejora, en el que utilice la cáscara de piña que se genera de su proceso de envasado de piña en almíbar. La acumulación de los desechos, por el tipo de materia que es, genera proliferación de mosquitos, moscas y otros insectos. Por ello se hace necesario encontrar soluciones y aplicaciones utilizando esta materia prima.

- Descripción del problema

En el proceso general de envasado de piña en almíbar, se sabe que no todo lo que constituye la piña (corona, cáscara, ojos pulpa y otros) se puede utilizar, como bien se ha descrito aproximadamente solo el 46 % es aprovechable; por lo que la empresa en estudio requiere de una investigación y desarrollo para la utilización de los desechos generados de dicho proceso.

En esta investigación se utilizarán las cáscaras de la piña, aplicando métodos de fermentación alcohólica y acética, y obtener vinagre para consumo humano; utilizable en otras líneas de envasado de encurtidos dentro de la misma empresa.

- Formulación del problema

Se pierde recurso financiero al desechar parte de la piña que en este momento no es aprovechable. Por lo que se debe hacer la siguiente interrogante:

- Pregunta central

¿Se incrementará la productividad de la empresa, al utilizar en sus líneas de encurtido el vinagre de cáscara de piña obtenido por fermentación alcohólica y fermentación acética?

- Preguntas auxiliares

La presente investigación busca solucionar una problemática en la empresa en cuestión, para ello se formulan las siguientes preguntas que ayudarán a encontrar una solución:

1. ¿Cómo es el proceso de fermentación alcohólica y fermentación acética, aplicados a cáscara de piña para obtener vinagre?
2. ¿Qué cantidad de cáscara se genera en cada producción de piña en almíbar?
3. ¿Cuál será la cantidad de vinagre que se puede obtener después de aplicar los métodos de fermentación alcohólica y acética a la cáscara de piña?

4. ¿Se incrementará la productividad de la empresa, utilizando en otras líneas de su proceso el vinagre obtenido?

- Delimitación

La investigación se realizará en una empresa de capital nacional ubicada en el municipio de Villa Nueva, que se dedica al envasado de fruta en almíbar, encurtido de palmito, espárragos, entre otros. El período de estudio será de septiembre 2013 a diciembre 2014. Iniciando con la parte de desarrollo de la parte teórica de la investigación, seguido por la parte experimental, para concluir con el trabajo final y la aplicación de la misma.

- Viabilidad

La investigación es viable, se cuenta con el apoyo de la Gerencia General, jefe de fábrica, facilitación del ingreso a la línea de producción, uso de las instalaciones de laboratorio, documentación necesaria. Interés en el desarrollo del tema y su aplicación posterior.

- Consecuencias

La aplicación de fermentación alcohólica y acética a la cáscara de piña, dará como consecuencias las siguientes:

- Utilización y aprovechamiento de los residuos generados de su proceso de piña en almíbar.
- Mitigación de impacto ambiental
- Aumento en la productividad al utilizar el vinagre obtenido, en otras líneas de proceso en la empresa.

- Nuevo producto para posible creación de nueva línea de producto.  
Vinagre de fruta envasado para consumo humano.
  - Abrir nuevas líneas para continuar con investigación.
- Alcances

El alcance investigativo que tendrá el presente trabajo, abarca el enfoque exploratorio, en lo referente al ámbito guatemalteco donde aún no hay suficiente investigación en el uso de la cáscara de piña, para producción de vinagre y otros subproductos.

Tendrá un enfoque descriptivo, en cuanto al proceso que genera los residuos de cáscara de piña, la cantidad desechada y no aprovechada de la fruta, la calidad del residuo y la descripción del proceso de fermentación para generar vinagre.

Explicativo y correlacional, en cuanto a las variaciones que se harán dentro de los ensayos a nivel laboratorio; donde se modificarán las condiciones de ensayo para identificar el más óptimo y que genere los mejores resultados, apegados a las normas de contenidos de vinagre para consumo humano.

En cuanto al alcance técnico, esta investigación aportará tanto a la empresa, al investigador y al público consumidor en general, una nueva opción de vinagre para consumo en su dieta diaria. Dando punto de partida, para tomar conciencia de los impactos ambientales que los residuos agrícolas provocan, y que pueden ser aprovechables para generar productos benéficos.

Serán beneficiados, tanto el medio ambiente como la empresa; dado que disminuirá la cantidad de materia residual que se vierte al suelo, menos proliferación de mosquitos en los alrededores, mayor rendimiento del fruto comprado, mejora en la productividad de la empresa al tener la factibilidad de crear una nueva línea de producción, ampliar el catálogo de productos al consumidor, más fuentes de trabajo para la comunidad. Quedando las bases para nuevos ensayos de otros residuos agrícolas que se generan y que también pueden ser aprovechables.



### 3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se encuentra dentro del marco de la Maestría en Gestión Industrial, y sus líneas de investigación, tiene como objetivo principal determinar el incremento de la productividad que se puede obtener luego de un tratamiento a sus desechos agroindustriales; específicamente la cáscara de piña que proviene del proceso de envasar la piña en almíbar. Por lo que específicamente la línea de investigación dentro de la cual se trabajará es productividad.

Al observar la cantidad no aprovechable de este fruto derivado del proceso en sí, surge la necesidad de utilizar el mismo, en esta oportunidad será la obtención de vinagre, el cual se analizará su uso en las otras líneas de encurtido que tiene la empresa y así aumentar la rentabilidad y productividad de la misma, da puerta abierta a la creación de una nueva línea de envasado de vinagre natural para consumo humano. Un punto muy importante es la mitigación al impacto ambiental que se da por deposición de residuos agroindustriales sin tratamiento previo.

Se sabe que aproximadamente el 46 % de la piña es lo aprovechable como fruto, el resto se distribuye entre corona, cáscara, ojos y otros (Montilla 1997, p. 138). Por lo que este valor hace más justificable el estudio, ya que económicamente no es aprovechable el 54 % en este proceso.

La generación de este estudio quedará de base para ensayar otros desechos agroindustriales que también son fermentables y generan vinagre y otros subproductos de valor para el ser humano.

Más que motivación, es una responsabilidad como ciudadano, como ser humano, buscar nuevas formas de utilizar los desechos, consiente de los impactos que sufre el medio ambiente con los vertederos sin control, se crea la búsqueda de que se puede hacer con los residuos, lo que todos llaman basura. No solamente vinagre, biocombustibles, proteínas, entre otros, se pueden obtener de los desechos de la piña, hay mucho por hacer y mucho por investigar.

La empresa tiene como objetivo ubicarse dentro de las empresas socialmente responsables y amigables con el medio ambiente, de esta manera se estará contribuyendo a una mejora de la imagen de la empresa, tanto a nivel nacional como internacional; lo que se traduce es más mercados para colocación de sus productos, dentro de la balanza comercial, es mayor exportación, nuevos mercados y mayores ingresos para el país; así también se generan más puestos de trabajo. Los recursos con los que se cuenta para esta investigación son: humanos, financieros, documentales, área de laboratorio para realizar los ensayos. En los recursos humanos se encuentran: personal de planta que será encuestado, preguntas referente a proceso. Se tendrá apoyo del área mecánica para la realización de bosquejos preliminares del fermentador a nivel de laboratorio.

En los recursos monetarios se encuentra: aporte financiero por parte de la Gerencia General, para el desarrollo de la investigación y la adquisición de lo necesario para llevarla a cabo. En los recursos documentales: se tendrá acceso a la parte informativa de proceso, donde se cuantifica la cantidad de piñas (materia prima), calidad, desechos que se producen en el proceso.

En los recursos de laboratorio: se cuenta con la infraestructura de laboratorio para poder realizar los ensayos necesarios.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. Productividad**

A continuación se presenta generalidades sobre la productividad.

#### **4.1.1. Concepto**

El investigador en este trabajo, entiende que en esta época de globalización, donde los clientes tienen acceso a una variedad de artículos de todo el mundo, a precios accesibles, de alta calidad y alto rendimiento por el valor. Se hace necesario instituir en las empresas esta cultura de mejoramiento continuo, de aprovechamiento de todos los recursos con los que la empresa cuenta.

De tal forma la empresa en estudio, desea encontrar usos para todos los residuos que su proceso genera. Por ello el uso y aplicaciones de la cáscara de piña.

La Real Academia Española, define la productividad como: 1) Calidad de productivo. 2) Capacidad o grado de producción por unidad de trabajo (...) (RAE, 2010)

“ 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 (...)" (Alfaro & Alfaro, 1999, p. 23).

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.

#### **4.1.2. 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.

#### **4.1.3. 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 tiene 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.

#### **4.1.4. 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.

#### **4.1.5. 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.

#### **4.1.5.1. 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 documentará 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.

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

#### **4.1.5.3. Diseño de indicadores**

El investigador al inicio de este trabajo indica cuál es su objetivo general y sus objetivos específicos, en base a ellos se han generado los indicadores de productividad que servirán 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 cuales son los objetivos que se persiguen y quien establece dichos objetivos” (Doerr & Sánchez, 2006, p. 15)

## **4.2. La piña**

A continuación se presentan generalidades sobre la piña.

### **4.2.1. Concepto**

Esta investigación se desarrollará 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.

#### **4.2.2. Clasificación taxonómica**

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

Figura 1. **Aspecto de la piña Cayena Lisa**



Fuente: [www.deguate.com](http://www.deguate.com). Consulta: junio de 2014.

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 será objeto de investigación en este trabajo.

#### **4.2.2.1. 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 %	90.00	89.20	87.86	85.10
Proteínas %	0.62	0.40	0.62	0.40
Grass %	0.12	0.40	0.17	0.10
Cenizas %	0.50	0.40	0.25	0.40
Fibra diet. %	0.39	---	1.20	---
Carbohydrates %	8.37	9.60	11.10	14.00
Potassium K	---	113.00	---	---
Calico Ca	57.00	35.00	18.00	21.00
Foskor P	12.00	7.00	13.00	10.00
Herero Fe	0.52	0.50	0.50	0.40
Vitamin A uGu	---	12.00	11.00	---
$\beta$ Carotene uGu	60.00	---	---	---
Thiamine mg	0.04	0.09	0.07	0.09
Riboflavin mg	0.04	0.04	0.05	0.03
Niacin mg	0.16	0.40	0.28	0.20
Vitamin C mg	---	15.00	10.00	12.00

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

### 4.2.3. 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)

2.5 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	40,358.65	11,768,844.00
2006	146.90	181,790.00	50,783.54	14,329,014.00
2007	145.04	483,576.00	47,459.54	12,871,620.00
2008	346.75	848,383.00	39,221.13	13,781,271.00
2009	207.13	45,893.00	13,990.49	9,058,389.00
2010	58.10	103,400.00	10,661.28	6,280,377.00
2011	30.00	23,155.00	11,758.00	7,723,092.00
2012	94.10	63,441.00	22,982.35	7,598,021.00
2013*	1.23	8,639.00	6,653.15	2,150,017.00
<b>Totales</b>	<b>1,119.14</b>	<b>1,739,397.00</b>	<b>243,867.13</b>	<b>85,558,846.00</b>

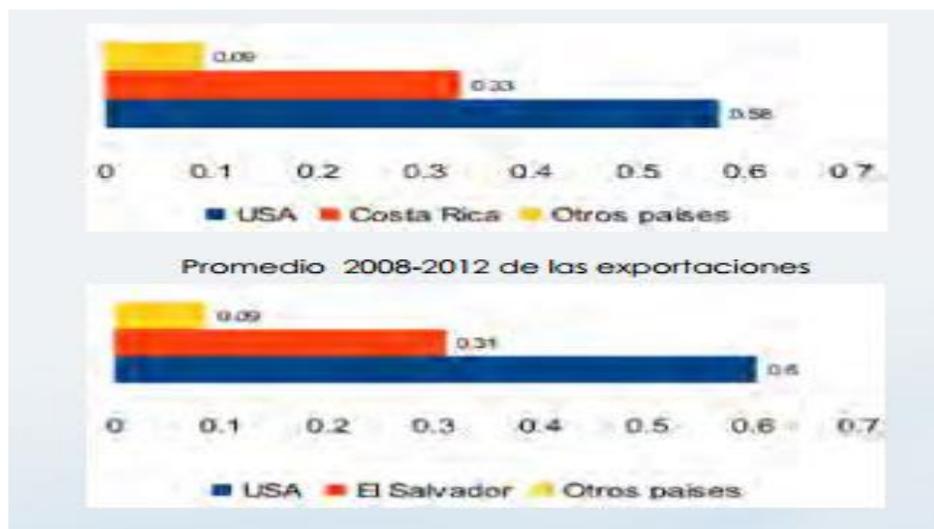
Fuente: DIPLAN-MAGA, con datos de BANGUAT (Deguate.com, 2014).

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.

#### 4.2.4. 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 gráfica:

Tabla III. Promedio de importaciones / exportaciones de piña 2008-2012



Fuente: Deguate.com, 2014.

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.

#### **4.2.5. Aspectos productivos de la piña**

A continuación se presentan los aspectos productivos de la piña.

##### **4.2.5.1. 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. Esto se visualiza en la tabla IV.

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

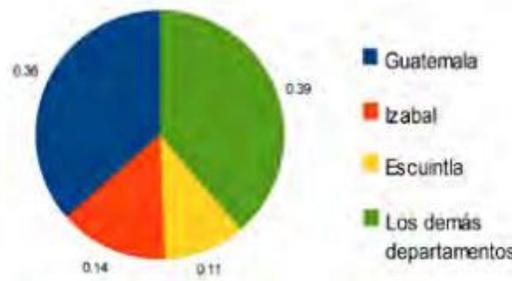
Variedades:	Cayena Lisa, Azucarona, Montúfar, Champaka										
Ciclo Vegetativo:	2 a 3 años										
Area Cosechada (Ha/año):	2,360										
Producción (Tm/año):	56,435										
Epoca de Cosecha											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Fuente: Deguate.com, 2014.

#### 4.2.5.2. 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**



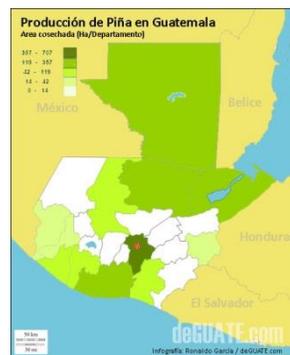
Fuente: Deguate.com, 2010.

Como puede observarse, 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.

#### 4.2.6. Área cosechada

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

Figura 3. Área cosechada de piña en Guatemala



Fuente: Deguate.com, 2000.

#### 4.2.6.1. 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**

<i>Año calendario</i>	<i>Área cosechada (manzanas)</i>	<i>Producción (quintales)</i>	<i>Rendimiento (qq/mz)</i>
2007	11.866.00	4,509,080.00	380.00
2008	12.000.00	4,500,000.00	375.00
2009	12.500.00	5,288,455.00	421.32
2010	12.300.00	5,166,000.00	420.00
2011	12.600.00	5,366,400.00	425.90
2012 p/	12.500.00	5,368,000.00	429.44
2013 e/	12.300.00	5,389,700.00	438.56

Fuente: Deguate.com, 2014.

De igual manera en la tabla V, 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.

#### **4.2.6.2. 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	
Mediana	13 - 10	20 - 15	1,350 - 750	4 - 5
Pequeña	< 10	< 15	< 750	
Unidades de Medida				
Presentación al Mayorista	Ciento			
Presentación al Consumidor	Unidad			

Fuente: Deguate.com, 2014.

De la tabla VI, se puede argumentar lo siguiente, que la fruta que se desecha por mala calidad, por que cumplió sus días entre cosecha y apta para consumo, o que no logró llegar o no fue adquirida por el consumidor va directamente al vertedero produciendo contaminación. Aún no se tienen programas bien establecidos para tratamiento de las diferentes clases de residuos.

#### 4.2.6.3. **Ubicación de la aldea el Jocotillo, Villa Canales**

Se presenta el mapa del lugar de donde proviene la totalidad de las piñas que la empresa utiliza para su proceso.

(Nuestro Diario, 2 de diciembre de 2009, p. 6.) enuncia que es importante hacer notar que el cultivo de piña ha ayudado a esta aldea a su desarrollo, a contribuir con el país y con los productores del lugar, la aldea tiene 12 mil habitantes y ocupa 12 mil manzanas de terreno.



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.

#### **4.2.6.4. Principales cultivares de piña**

Parfraseando 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: Cayena Lisa

Como se mencionó con anterioridad, de los cultivares existentes, la cáscara de la Cayena Lisa o Hawaiana es la que será motivo de investigación en el presente trabajo.

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 ingresarán a 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 gráficas 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: Queen.

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: Spanish Red.

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: Abacaxi.

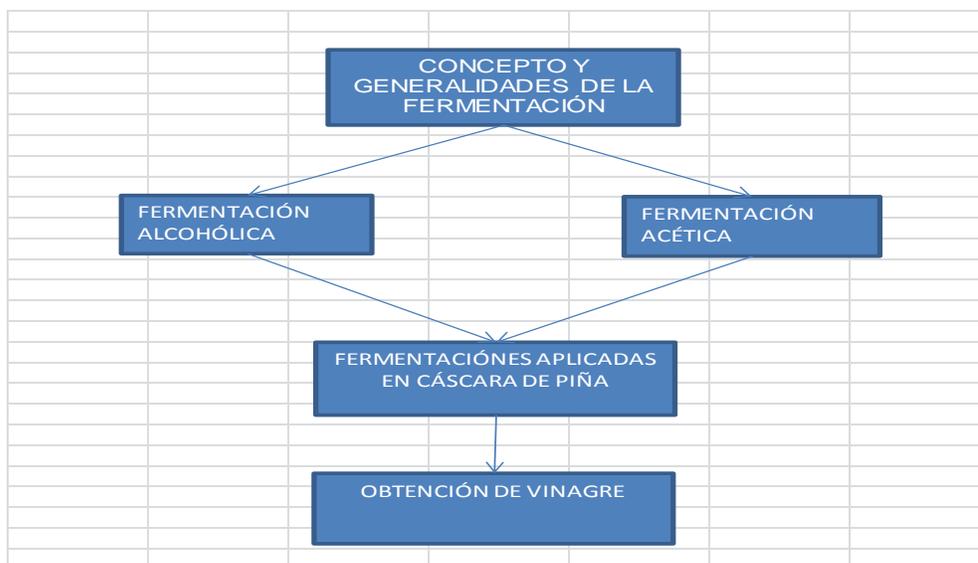
“Fruto alargado, hojas largas y con pequeñas espinas, en su base color rojo-púrpura, pulpa es blanquecina, por lo que no es apta para la industrialización, ni para exportar como fruto fresco” (Baraona & Sancho, 1991, p. 22).

### 4.3. Fermentación

En el presente capítulo la investigación teórica se describirá en 4 partes fundamentales que ayudarán 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.

#### 4.3.1. 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.

#### **4.3.2. 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 a 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.

#### **4.3.2.1. 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, ovals 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).

#### 4.3.2.2. 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 ensayará 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 en este punto; posteriormente se pasará a la fermentación acética 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.

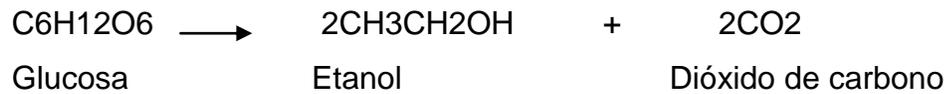
“El rendimiento teórico estequiométrico para la transformación de glucosa en etanol es de 0,511 g de etanol y 0,489 g de CO<sub>2</sub> por 1 g de glucosa. Este valor fue cuantificado por Gay Lussac. El rendimiento experimental varía entre 90 % y 95 % del teórico, es decir, de 0,469 a 0 485 g/g. Los 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.

#### **4.3.3. Fermentación acética**

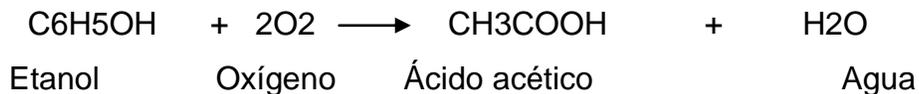
De (Hernández, 2003, p. 161) se puede decir que la fermentación acética se aplica cuando se ha obtenido previamente el etanol por la fermentación alcohólica. Lo que se obtiene de esta es ácido acético y agua, se lleva a cabo en presencia de oxígeno, lo que la convierte en un proceso aerobio.

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



Para que esta 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 utilizará 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).

#### 4.3.3.1. 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**

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

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 que se utilizará 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.

- Factores de crecimiento de las bacterias acéticas

“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 interrumpen la finalidad de la investigación, que es la obtención de vinagre con características aceptables para consumo humano.

#### **4.3.3.2. 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 aplicará el método de Fermentación Alcohólica inicialmente y ahí obtendrá el alcohol etílico que es posible extraer de la cáscara de la piña; posteriormente aplicará Fermentación acética, para obtener el ácido acético (vinagre); que cumpla 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

El investigador deberá tomar en cuenta los requerimientos antes descritos, deberá separar la cáscara de piña que considere no apta para la investigación, al momento de tomar la muestra debe registrar las condiciones de la cáscara, y de encontrar material fuera de especificaciones; debe anotar el porcentaje que del desecho pudiera no ser utilizable para obtener vinagre.

#### **4.4. Contaminación ambiental por desechos 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 utilizará 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, aun 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).

#### **4.4.1. 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).

#### **4.4.2. 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).

#### **4.4.3. 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 utilizará son los residuos provenientes del proceso, para poder realizar una clara clasificación de lo que es subproducto, desecho y residuo.



## 5. ÍNDICE DE CONTENIDO DE INFORME FINAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTADO DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. PRODUCTIVIDAD

1.1. Concepto

1.2. Indicadores

1.3. Análisis de productividad actual de la empresa

1.4. Análisis de incremento de la productividad de la empresa

1.5. Discusión de resultados

### 2. LA PIÑA

2.1. Concepto

2.2. Procedencia y características

2.3. Aspectos productivos de la piña

2.4. Proceso de envasado en almíbar

2.5. Cuantificación de los residuos

2.6. Clasificación de los residuos

2.7. Discusión de resultados de fase

### 3. FERMENTACIÓN

- 3.1. Concepto
- 3.2. Fermentación alcohólica
- 3.3. Fermentación acética
- 3.4. Levaduras
- 3.5. Bacterias
- 3.6. Diseño y uso de fermentador a nivel laboratorio
- 3.7. Balances de masa
- 3.8. Proceso para la obtención de vinagre
- 3.9. Análisis de la calidad de vinagre obtenido

### 4. CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS AGRÍCOLAS

- 4.1. Concepto contaminación ambiental
- 4.2. Contaminación de suelos y agua
- 4.3. Mitigación del impacto ambiental por residuos agrícolas
- 4.4. Clasificación de residuo agrícola
- 4.5. Usos de residuos agrícolas

### 5. DISEÑO EXPERIMENTAL

- 5.1. Visitas de campo
- 5.2. Recolección de datos
- 5.3. Fermentador
- 5.4. Ensayos de laboratorio
- 5.5. Análisis de la calidad de vinagre obtenido
- 5.6. Tabulación de datos
- 5.7. Discusión de resultados de fase

DISCUSION DE RESULTADOS FINALES

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS



## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación tendrá un enfoque cuantitativo – deductivo dado que se tiene como objetivo general la cuantificación (porcentaje) de vinagre (ácido acético) para consumo humano; que se puede obtener de la cáscara de piña, que proviene del proceso del enlatado de la misma. Aplicando los conceptos y ensayos químicos ya existentes de fermentación alcohólica (*Saccharomyces cerevisiae*) y acética (*Acetobacter aceti*).

El alcance será en su primera fase exploratorio, en lo referente al ámbito guatemalteco donde aún no hay suficiente investigación en el uso de la cáscara de piña, para producción de vinagre y otros subproductos.

En esta fase se buscará información en diferentes fuentes, libros, revistas, internet, tesis entre otros; que ya hayan aplicado esta metodología, no precisamente a la cáscara de piña, pero si a la producción de vinagre de residuos agrícolas u otros materiales que orienten en su utilización.

Conforme se vaya desarrollando la investigación se tornará descriptiva, en lo referente a la recolección de información y cuantificación de las cantidades de residuos de cáscara de piña que se generan del proceso y que no son aprovechables.

Por lo tanto en esta segunda fase se hará visita de campo a la empresa que procesa la piña, de donde se obtendrá la cáscara de piña; se harán las observaciones a proceso, se describirá posteriormente como es el proceso de

envasado, donde y cuanto se genera de residuo, se verificará la calidad del residuo.

Se tomarán datos de: proceso; se utilizará el formato de Registro de Producción (anexo 1).

En la tercera fase se procederá a realizar ensayos, previo a ello se fabricará un fermentador a nivel laboratorio, para poder realizar las pruebas de fermentación. Las cáscaras de piña se tratarán de acuerdo a lo requiere la experimentación, se llevará control de los parámetros y se anotarán los resultados; posteriormente serán discutidos los mismos.

En la cuarta fase, se determinará de acuerdo a los resultados obtenidos, el incremento en la productividad que la empresa puede obtener al realizar este proceso de fermentación con sus residuos de cáscara de piña, obteniendo vinagre y utilizándolo en otras líneas de encurtido que a la fecha posee; donde actualmente adquiere vinagre de la competencia.

En esta fase se harán las mediciones utilizando los indicadores, abajo descritos; con los que se obtendrán datos de la situación actual y de la situación al final de la investigación, en lo referente a la productividad en el área de piña de la empresa.

- Descripción del proceso de fermentación alcohólica y acética

Se describirá el proceso en sus dos fases, inicialmente utilizando *Saccharomyces cerevisiae* en su fase de obtención de alcohol y posteriormente *Acetobacter aceti* en su fase de obtención del vinagre, enlistando las ecuaciones de reacciones químicas que se llevan a cabo, los equipos a utilizar,

condiciones de trabajo, mediciones para cuantificación de vinagre obtenido, cuantificación de rendimiento y productividad.

#### Indicadores de Productividad que serán medidos

$$\text{Costo unitario de producción} = \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Volumen de producción conforme}}$$

$$\text{Productividad de la mano de obra} = \frac{\text{Volumen de producción conforme}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Rendimiento de la materia prima} = \frac{\text{Volumen de materia prima ingresada}}{\text{Volumen de desecho generado}}$$

$$\text{Rendimiento de vinagre obtenido} = \frac{\text{Volumen de desecho ingresado}}{\text{Volumen de vinagre obtenido}}$$

- Proceso de selección de la muestra

Para la toma de muestra se utilizará el método probabilístico. Será tomada de los desechos que se producen del enlatado de piña, tomando como tiempo de diez días de muestreo diario, inicialmente se cuantificará la cantidad de kilos de piña que se procesa por día, posteriormente la cantidad de kilos de desecho que se generan en este periodo y de estos se tomará la muestra de kilos de cáscara de piña que será objeto de estudio. Utilizando un nivel de confiabilidad del 95 % y un error del 5 %.

- Aplicando la siguiente fórmula:

En el caso de que sí se conozca el tamaño de la población se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2} \quad \text{Fórmula. 1}$$

Donde:

- $n$  = tamaño de la muestra
- $N$  = tamaño de la población
- $\sigma = 0,5$  Desviación estándar. Este valor se utiliza cuando no se cuenta con otro valor
- $Z$  = coeficiente de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se le toma en relación al 95 % de confianza y equivale a 1,96.
- $e$  = límite aceptable de error muestral, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1 % (0,01) y el 9 % (0,09).

Para la presente investigación se tomarán los siguientes valores:

Tabla VIII. **Cálculo del tamaño de muestra**

<b>DONDE</b>	<b>VALOR</b>
N	Incognita
N	10
S	0,5
Z	1,96
E	0,01

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula 1, se obtiene un tamaño de muestra de 10. Lo que constituye el total de la población, en este caso se refieren a los lotes de piña procesados que serán analizados.

Para la recolección de datos, se utilizará inicialmente los registros de: Inventarios de ingreso de materia prima (piñas); órdenes de producción, registros de rendimientos, cantidad de desechos agrícolas (cáscara) u otro documento de interés. Se harán observaciones del proceso en línea del envasado de piña en almíbar, manejo actual de los residuos de la cáscara de piña. Se realizarán ensayos en laboratorio del proceso de fermentación para la recolección de datos de cuantificación de vinagre de la cáscara de piña, los mismos serán tabulados y analizados para el informe final.

A lo largo de la investigación se utilizarán tablas, gráficas, diagramas de Ishikawa y Pareto, diagramas de flujo del proceso; que servirán de base para reportar los resultados, conclusiones y recomendaciones que se obtengan de la investigación.



## 7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

El investigador utilizará el método inductivo – deductivo; desde el punto de vista inductivo se harán visitas a la planta, recabar información de proceso, como manipulan la fruta, que hacen actualmente con los residuos. Todo esto se anotará en el registro de producción (anexo 1).

En esta fase de la investigación se utilizarán diagramas circulares para indicar la cantidad de fruta que se convierte en residuo y la que si se utiliza en el proceso actual. Cuantificar y graficar la cantidad de desecho que puede ser utilizado para generar vinagre y la que no, por no cumplir estándares de calidad. Se harán visitas de campo a planta, observando el proceso, donde se recabarán datos los cuales se graficarán en un Diagrama de Pareto, determinando los puntos que más generan residuos.

Se utilizará diagramas de barra para ilustrar la manera en que manejan los residuos actualmente y como los manejarán después de concluida la investigación.

Desde el punto de vista deductivo, se hará la fase experimental, donde muestras de residuos provenientes de los procesos de la fábrica serán sometidos a fermentación alcohólica y acética, para la cuantificación del vinagre que se puede obtener.

Los datos que se obtengan durante el período experimental, se recabarán en tablas, los cuales serán posteriormente graficados en diagramas de barra, para indicar cuales parámetros de fermentación (temperatura, pH, cantidad de

levadura y bacteria) son los más indicados para el tratamiento y obtener el mejor rendimiento de las cáscaras de piña en estudio.

Se harán diagramas de flujo de los procesos de fermentación utilizados en la obtención de vinagre de la cáscara de piña de esta empresa, se ilustrará con fotografías la fase experimental a nivel laboratorio.

## 8. RECURSOS

La investigación es factible de realizar desde el punto de vista financiero, tomando en cuenta los siguientes aspectos, el investigador aportará el 30 % y la empresa que será motivo de investigación el 70 % del gasto financiero; cualquier otro imprevisto la empresa está en disposición de apoyar. La empresa dio el visto bueno al desarrollo e investigación del tema, que aportará beneficios a su proceso. Se tendrá acceso a documentación, ingreso a proceso y otros datos que sean de interés.

Tabla IX. **Recurso humano**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PERSONAS</b>
1	Operadores de línea de proceso	3
2	Supervisor de Producción	1
3	Jefe de fábrica	1
4	Mecánico	1
5	Asistente de Laboratorio	1
6	Investigador	1
7	Asesor de Tesis	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Recurso material**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	Papelería. Útiles y mobiliario de oficina
2	Instrumental, reactivos de laboratorio
3	Area de Laboratorio
4	Equipo de computo
5	Vehiculo
6	Desechos de proceso para estudio de investigación
7	Artículos e insumos para diseño de fermentador a nivel de laboratorio

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Recurso financiero**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
1	Desplazamientos (vehículo - combustible)	Q 2,000.00
2	Instrumental y reactivos	Q 4,000.00
3	Artículos e insumos para diseño de fermentador a nivel laboratorio	Q 1,000.00
4	Papelería, útiles y mobiliario de oficina	Q 1,000.00
5	Pago de asesor de tesis	Q 2,500.00
6	Otros gastos	Q 1,000.00
	<b>Total</b>	<b>Q 11,500.00</b>

Fuente: elaboración propia.

## 9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla XII. Cronograma de actividades

FASES	Actividad	Duración	Inicio
<b>FASE 1</b>	<b><i>Elaboración final de Protocolo</i></b>	<b>60 días</b>	<b><i>jun-14</i></b>
<b>FASE 2</b>	<b><i>Fase Experimental</i></b>	<b>105 días</b>	<b><i>jul-14</i></b>
	<b>1</b> Recolección de información	15 días	11/07/2014
	<b>2</b> Observancia de Proceso	10 días	27/07/2014
	<b>3</b> Creacion de fermentador a nivel Laboratorio	20 días	08/08/2014
	<b>4</b> Ensayos en Laboratorio	60 días	01/09/2014
<b>FASE 3</b>	<b><i>Resultados</i></b>	<b>15 días</b>	<b><i>nov-14</i></b>
	<b>1</b> Tabulación de datos	5 días	01/11/2014
	<b>2</b> Gráficos y discusión de resultados	5 días	06/11/2014
	<b>3</b> Implementación de la investigación a nivel piloto	5 días	12/11/2014
<b>FASE 4</b>	<b><i>Presentación de Informe Final (tesis)</i></b>	<b>30 días</b>	<b><i>nov-14</i></b>
	<b>1</b> Elaboración de Tesis final	25 días	07/11/2014
	<b>2</b> Presentación de Informe Final a Escuela de Postgrado	5 días	16/01/2015

Fuente: elaboración propia.



## 10. RECURSOS

La empresa brinda todo el apoyo para la investigación, brindando la información necesaria para desarrollar los pasos que se requieren para alcanzar el objetivo de desarrollar las Buenas Prácticas de Manufactura. Los recursos necesarios para dicho estudio estarán financiados un porcentaje por la empresa que apoyará económicamente en los materiales e insumos que se utilizarán.

Tabla XIII. Recursos necesarios

RECURSOS HUMANOS	COSTO X HORA	HORAS X SEMANA	COSTO TOTAL
<b>ASESOR</b>			<b>Q 2,500.00</b>
<b>TIEMPO INVESTIGACIÓN</b>	<b>Q 20.00</b>	<b>120</b>	<b>Q 2,400.00</b>
<b>PERSONAL 1/2 TIEMPO</b>			<b>Q 3,000.00</b>
<b>TOTAL PARCIAL</b>			<b>Q 7,900.00</b>

MATERIALES E INSUMOS			COSTO TOTAL
<b>PAPELERÍA Y ÚTILES</b>			<b>Q 750.00</b>
<b>TINTA E IMPRESORA</b>			<b>Q 1,200.00</b>
<b>IMPRESIÓN DE FOTOGRAFÍAS</b>			<b>Q 150.00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>Q 10,000.00</b>

Fuente: elaboración propia.



## 11. BIBLIOGRAFÍA

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. 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. Volúmen 3. Editorial Universidad Estatal (EUNED)
6. Barry, R. (2004). Principios de la administración de operaciones. Editorial Pearson. México

7. Castells, X. (2009). Reciclaje de residuos industriales (2da.ed. pag.578). Editorial Díaz de Santos, S.A., Madrid, España
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>
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, Ingreed. (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.1808877/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.



# ANEXOS

## Anexo 1. Registro de Producción

<b>Registro de Producción</b>	<b>No.</b> <input type="text"/>
	<b>Turno</b> D <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
1 Código de Materia Prima (piña)	<input type="text"/>
2 Procedencia (Nombre de la finca)	<input type="text"/>
3 Peso Kg. Ingresados de piña a proceso	<input type="text"/>
4 No. De Lote a fabricar	<input type="text"/>
5 Cantidad a fabricar	<input type="text"/>
6 Hora de inicio	<input type="text"/>
7 Hora de finalización	<input type="text"/>
8 Nombre de Operarios en línea	<input type="text"/>
9 Tiempo Paros programados	<input type="text"/>
10 Tiempo Paros no programados	<input type="text"/>
11 Peso Kg. De residuos generados	<input type="text"/>
12 Rendimiento de lote	<input type="text"/>

