



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DEL BAGAZO DE LA
CAÑA DE AZÚCAR (*Shaccharum officinarum*), PARA LA
OBTENCIÓN DE ALCOHOL, SITIO AGUA FRÍA, JUNÍN**

AUTORES:

**GABRIELA ANDREA INTRIAGO GARCÍA
TANIA ANDREINA SABANDO SOLÓRZANO**

TUTOR:

ING. JULIO ABEL LOUREIRO SALABARRÍA, M.Sc

CALCETA, NOVIEMBRE 2017

DERECHOS DE AUTORÍA

Gabriela Andrea Intriago García y Tania Andreina Sabando Solórzano, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....

GABRIELA A. INTRIAGO GARCÍA

.....

TANIA A. SABANDO SOLÓRZANO

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Julio Abel Loureiro Salabarría, certifica haber dirigido la tesis **APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR(*Shaccharum officinarum L*), PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL DEL SITIO AGUA FRÍA, CANTÓN JUNÍN** que ha sido desarrollada por Gabriela Andrea Intriago García y Tania Andreina Sabando Solórzano, previo la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”.

.....

ING. JULIO ABEL LOUREIRO SALABARRÍA, M.SC

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrales del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR(*Shaccharum officinarum L*), PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL DEL SITIO AGUA FRÍA, CANTÓN JUNÍN**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Gabriela Andrea Intriago García y Tania Andreina Sabando Solórzano , previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López.

.....

Ing. Carlos R. Delgado Villafuerte, Mg. C.A.

MIEMBRO

.....

Ing. Jorge B. Cevallos Bravo, Mg. C.A.

MIEMBRO

.....

Ing. Carlos A. Villafuerte Vélez, Mg. C.A.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial a Dios sobre todas las cosas por darme iluminación y sabiduría, a los maestros que me guiaron y compartieron sus conocimientos para poder terminar este trabajo, y para todas aquellas personas que me incentivaron a seguir adelante en cada obstáculo presentado.

Gabriela Andrea Intriago García

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y la salud, a mis facilitadores por ayudarme a terminar este trabajo y mis amigos que me han sabido apoyar y acompañar en este arduo trayecto de mi vida, a mi esposo, a mi hijo por ser la razón de seguir adelante y a mis padres por siempre darme esa voz de aliento cuando sentía que ya no podía más gracias.

Tania Andreina Sabando Solórzano

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico con mucho amor y cariño a:

A Dios por ser mi fortaleza y ser mi guía espiritual.

A mis padres Alfonso y Magaly por apoyarme en los momentos donde más los necesité y guiarme por el camino correcto.

A mi esposo Rodolfo por impulsarme a seguir adelante, a mi hijo Ángel Enrique por llenarme de fuerzas y amor.

A mí querida abuelita Robertina por su amor y apoyo incondicional siempre.

A mis hermanos Ángel, Karen y Víctor por su fe depositada en mí.

A mis sobrinas Mariangel y Alison por su sinceridad y cariño.

Gabriela Andrea Intriago García

DEDICATORIA

A mis padres biológicos María y Simón, y a mis padres de corazón mis pilares de fuerza y apoyo incondicional María y Ángel, a mis hermanos quienes me han sabido guiar con sus consejos y darme todo su apoyo en todo momento de mi vida estudiantil y ahora a la existencia de mi pequeña razón de vida mi hijo Matías que con solo sonreír logra todo en mí, a mi esposo que con paciencia y apoyo a sabido darme fortaleza para seguir por duro que sea a su familia que de una u otra forma me han sabido dar su apoyo gracias.

Tania Andreina Sabando Solórzano

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS	x
CUADROS	x
FIGURAS	x
GRÁFICOS.....	x
RESUMEN	xi
PALABRAS CLAVE.....	xi
ABSTRACT	xii
KEY WORDS	xii
1. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.....	4
2.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA LIGNOCELULÓSICO	4
2.2. CAÑA DE AZÚCAR	4
2.2.1. USOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	5
2.2.2. PROCESO AGROINDUSTRIAL.....	5
2.2.3. GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR	6

2.2.4. COMPOSICIÓN FÍSICA	7
2.2.5. BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	7
2.3. ALCOHOL	8
2.3.1. OBTENCIÓN DEL ALCOHOL A PARTIR DE DESECHOS VEGETALES	9
2.3.2. ETANOL	9
2.4. MATERIALES LIGNOCELULÓSICO	10
2.4.1. CELULOSA	11
2.4.2. LIGNINA	11
2.4.3. HEMICELULOSA	11
2.5. PRETRATAMIENTO	12
2.5.1. HIDROLISIS ÁCIDA	12
2.5.2. FERMENTACIÓN	13
2.5.3. PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA	14
2.5.4. DESTILACIÓN	14
2.6. PRETRATAMIENTOS FÍSICOS	15
2.6.1. TRITURACIÓN MECÁNICA	15
2.6.2. HIDROLISIS ACIDA CONCENTRADO	15
2.7. CONCENTRACIÓN	15
2.8. GRADOS BRIX	16
2.9. ENCUESTA	16
2.10. PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN	17
2.11. COEFICIENTE DE VARIACIÓN	17
3. CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	19
3.1. UBICACIÓN	19
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO	19
3.3. VARIABLES EN ESTUDIO	19
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	19

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	19
3.4.FACTORES DE ESTUDIO.....	19
3.4.1. NIVELES.....	20
3.4.2. TRATAMIENTOS.....	20
3.5.TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	21
3.6.UNIDAD EXPERIMENTAL.....	21
3.7.DISEÑO EXPERIMENTAL.....	21
3.8.PROCEDIMIENTOS	21
3.8.1. FASE I. CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	21
3.8.2. FASE II. OBTENCIÓN DEL ALCOHOL A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	22
3.8.3. FASE III. DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	23
4. CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1.CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	24
4.2.OBTENCIÓN DEL ALCOHOL A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	27
4.3.DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS TRATAMIENTOS	29
5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
5.1.CONCLUSIONES	33
5.2.RECOMENDACIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXOS	40

CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS

CUADROS

2.1. Rango de Aceptabilidad de los CV de acuerdo a ensayos agrícolas	18
4.1. Fabricas artesanales de aguardiente del cantón Junín	24
4.6. Prueba DUNCAN para los grados de alcohol según los tratamientos.....	31

FIGURAS

2.1. Estructura de la cadena de celulosa	11
2.2. Estructura de la cadena de hemicelulosa.....	12
4.2. Fabricas artesanales de aguardiente del cantón Junín	25

GRÁFICOS

4.13. Utilidad del Residuo final.....	25
4.14. Concentración de alcohol de acuerdo a los tiempo de acción aplicados	30
4.15. Concentración de alcohol de acuerdo a los tratamientos	31

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo obtener alcohol a partir del bagazo de la caña de azúcar del sitio Agua Fría, Cantón Junín, con la utilización del método cuantitativo del tipo experimental, utilizando técnicas de observación, recopilación bibliográfica y encuestas. En la zona de estudio se generan un aproximado de 1765Kg de residuos y 494litros de alcohol por semana; la mayoría de los productores de alcohol no poseen tierras propias ni aplican métodos de innovación para mejorar el proceso o el aprovechamiento de los residuos de bagazo de caña. La obtención de alcohol abarco los procesos desde la selección de materia prima hasta su hidrolisis, la unidad experimental estuvo conformada por 600 g de materia prima, con 300 ml de agua destilada y 0,5 ml del ácido especificado para su tratamiento, en las que se utilizó tiempos de acción (4, 5 y 6 horas) y distintas concentraciones de H_2SO_4 (0,5; 1 y 1,5N), a las cuales se les realizó la medición de grados de alcohol al finalizar el proceso de destilación. Mediante ANOVA (CV=15,64% considerado como medio) y prueba Duncan (5% de significancia) se estableció que existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados y tiempos de hidrolisis; el tiempo de hidrolisis que mejores resultados presento fue 6 horas ($0,57^\circ$) por lo que el tiempo de concentración y grados de alcohol se consideran directamente proporcionales; el mayor grado de alcohol obtenido fue en el tratamiento 3 ($0,73^\circ$) (0.5 N y 6 horas), valores considerados como apropiados para la obtención eficiente de alcohol.

PALABRAS CLAVE

Bagazo de caña, hidrolisis, celulosa, destilación.

ABSTRACT

The objective of the research was to obtain alcohol from sugarcane bagasse at the Agua Fría site, Canton Junín, using quantitative method of the experimental type, using observation techniques, bibliographical compilation and surveys. In the study area most of the population is engaged in the production of artisanal alcohol, and although most of the managers have higher education with a relatively recent start of activities, they do not make innovations in the elaboration of the product. The production of alcohol covered the processes from the selection of raw material to its hydrolysis, the experimental unit was made up of 600 g of raw material, with 300 ml of distilled water and 0.5 ml of the acid specified for its treatment, in which (4, 5 and 6 hours) and different H₂SO₄ concentrations (0.5, 1 and 1.5N) were used, which were measured by degrees of alcohol at the end of the distillation process. By means of ANOVA (CV = 15.64% considered as medium) and Duncan test (5% of significance) it was established that there are significant differences between applied treatments and hydrolysis times; The time of hydrolysis that presented better results was 6 hours (0.57 °) reason why the time of concentration and degrees of alcohol are considered directly proportional; The highest degree of alcohol obtained was in treatment 3 (0.73 °) (0.5 N and 6 hours), values considered appropriate for efficient alcohol production.

KEY WORDS

Cane bagasse, hydrolysis, cellulose, distillation.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la caña de azúcar es utilizada para la fabricación de glucosa, pero que la misma deja un subproducto que es el gajazo de la caña el cual no es casi utilizado en industria por su debido a las deficiencias nutricionales, bajo contenido de proteína y minerales y lenta degradación de la fibra (Aranda *et al.*, 2012).

En el Ecuador existen aproximadamente cultivadas 146501 Has de caña de azúcar, y una producción bruta de 11,60 millones de Tm, con un rendimiento promedio de 79,21 Tm/ha (Simbaña & López, 2010). Esta va destinada a la producción de glucosa, actividad que da como resultado el gajazo, producido en grandes volúmenes que prácticamente carecen de importancia económica.

Por lo general el 50% del bagazo se utiliza en los ingenios azucareros como combustible directo (Mantilla, 2012) en calderas, pero de una forma poco eficiente, por lo que otro tipo de portador energético posee un mayor valor agregado (Fernández *et al.*, 2012).

El excedente del material es quemado lo que produce pequeñas partículas dando como resultados serios riesgos y problemas de salud de las comunidades cercanas, además de las emisiones a la atmosfera que contribuyen en gran medida a la contaminación del medio ambiente.

En el Cantón Junín, existen muchas microempresas destinadas a la obtención de alcohol etílico y panela, los mismos generan desechos como es el gajazo de caña de azúcar lo cual es dado como alimento para ganado o bien el mismo es quemado ya que no tiene otra alternativa de transformación del mismo. Por lo expuesto se plantea la siguiente interrogante:

¿Se podrá utilizar los desechos agroindustriales de caña de azúcar del sitio Agua Fría del Cantón Junín en la obtención de alcohol etílico?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Durante las últimas décadas, la comunidad internacional ha tomado conciencia de los grandes problemas que aquejan a nuestro planeta y de la necesidad de ir hacia un desarrollo sustentable. Por esta razón es que en los últimos años se han buscado nuevas fuentes de energía, renovables y limpias, que ayuden a reducir el consumo de aquellos y la consiguiente emisión de gases contaminantes (Torres, 2011).

El objetivo 7 de la constitución 2008 se enfoca en garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global, por lo que propone el derecho ciudadano a vivir en un ambiente sano, libre de contaminación y sustentable, y la garantía de los derechos de la naturaleza, a través de una planificación integral que conserve los hábitats, gestione de manera eficiente los recursos, repare de manera integral e instaure sistemas de vida en una armonía real con la naturaleza (SEMPLADES, 2013).

El uso de residuos agroindustriales tales como el bagazo de caña de azúcar y otros en la producción de alcohol, podría solucionar problemas que se generan con los combustibles fósiles, como la emisión de gases de efecto invernadero, y la acumulación de material lignocelulósico, al cual aún no se le ha dado un uso eficiente en la industria, la presente investigación es una alternativa atractiva por lo que este material es abundante en el Cantón Junín y será de gran beneficio utilizarlo gracias a su poder calórico y a su vez es una fuente de energía renovable ya que a nivel mundial se ha visto la necesidad de buscar nuevas fuentes de energías amigables con el ambiente que contribuyan al desarrollo sostenible.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Obtener alcohol a partir del bagazo de la caña de azúcar del Sitio Agua Fría, Cantón Junín.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la producción de residuos de bagazo de caña de azúcar en el cantón Junín
- Extraer alcohol aprovechando el recurso del bagazo de la caña de azúcar en diferentes concentraciones y tiempos de acción de ácido sulfúrico.
- Determinar la eficacia de los tratamientos en la obtención de alcohol a partir de los residuos de bagazo de caña de azúcar con diferentes concentraciones (Normalidad) y tiempos de acción de ácido sulfúrico.

1.4. HIPÓTESIS

Existen diferencias significativas entre los grados de alcohol obtenidos a partir de la hidrólisis ácida de los residuos de bagazo de caña de azúcar con diferentes concentraciones y tiempos de acción de ácido sulfúrico.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Las industrias agrícolas transforman los productos primarios de pequeñas propiedades, fincas, plantaciones bosques, productos alimenticios, bien ara devolverlos al agricultor o para su distribución en mercados locales, nacionales o internacionales. Se dispone de cantidades importantes de los productos secundarios y desechos originados en estas operaciones, frecuentemente, estas cantidades son tan grandes como las del alimento deseado o el producto principal. Los desechos de estas industrias son con frecuencias mal utilizado ose vierten originando problemas de contaminación ambiental y una pérdida de nutrientes para las plantas y de materia orgánica (Danzell *et al.*, 2005).

2.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA LIGNOCELULÓSICO

Las composiciones químicas de los desechos orgánicos varían mucho con diferentes contenidos de humedad, carbono, hidrogeno y oxígeno, nutrientes primarios de la planta nitrógeno, fosforo y potasio, nutrientes secundarios y micro elementos. En conjunto de estos nutrientes forman la materia mineral. Los productos obtenidos a partir de fuentes reciclables, tales como residuos agroindustriales han merecido un interés reciente, debido a que permiten a aminorar el impacto ambiental y los costos en el tratamiento y disposición de dichos residuos en las industrias un ejemplo de estos son los polisacáridos o biopolímeros (Rodriguez y Hanseen, 2007).

2.2. CAÑA DE AZÚCAR

Peck (2001) sseñal que la caña de azúcar tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 o 6 cm de diámetro. El sistema radicular lo compone un robusto rizoma subterráneo; el tallo acumula rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña de azúcar gracias a la energía solar aludida durante la fotosíntesis

con hijas de 2 a 4 metros de longitud. En su parte superior encontramos la panocha, que mide unos 30cm de largo.

La caña de azúcar puede ser considerada como la fuente más eficiente para la producción de alcohol combustible a escala industrial, a partir de productos agrícolas. El hecho de que el bagazo resultante del proceso puede ser usado además como fuente energética para hacer funcionar la destilería, brinda un beneficio adicional para un óptimo balance energético en comparación con las otras materias primas (Marín Pons & Asociados, S.R.L, 2012).

2.2.1. USOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar se utiliza preferentemente a la producción de azúcar. Adicionalmente se puede utilizar como fuente de materias primas para una gama de derivados, algunos de los cuales constituyen alternativas de sustitución de otros productos con impacto ecológico adverso (cemento, papel obtenido a partir de pulpa de madera, etc.).

Una pequeña parte de la producción de caña de azúcar tiene fines de producción de piloncillo, el cual se obtiene de la concentración y evaporación libre de jugo de la caña, también es conocido como panela. El piloncillo tiene varios usos, como materia prima en la industria de la repostería, pastelería, y como endulzante en diversos alimentos y también se usa para la elaboración de alcohol y otros licores. Otra cantidad de caña aún más pequeña se utiliza como fruta de estación, aunque se vende todo el año, se concentra en las temporadas de fiestas (Dominguez, 2011).

2.2.2. PROCESO AGROINDUSTRIAL

La caña es desmenuzada con cuchillas rotatorias y una desfibradora antes de molerla para facilitar la extracción del jugo que se hace pasándola en serie, entre los filtros, o mazas de los molinos. Se utiliza agua en contracorriente para ayudar a la extracción que llega a 94 o 95% de azúcar contenida en la caña el remanente queda en el bagazo residual que es utilizado como combustible en las calderas, así como materia prima para la fabricación de tableros de bagazo.

Esta constituye la primera etapa del procedimiento de fabricación de azúcar crudo. En las prácticas de molienda más eficientes del 95% de la azúcar contenida en la caña pasa a guarapo; este porcentaje se conoce como la extracción de sacarosa (por de la extracción, o más sencillamente la extracción) (Montejo, 2002).

2.2.3. GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Nombre común: caña de azúcar

Familia: Gramíneas

Género: Saccharum

Procedencia: del extremo oriente de donde llevo a España en el siglo IX. España la llevo a américa en el siglo XV.

Cultivo plurianual: se corta cada 12 meses la planificación dura aproximadamente cinco años. Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 o 6 cm de diámetro.

Aprovechamiento: la caña de azúcar suministra, en primer lugar, sacarosa para azúcar blanco o moreno. También tiene 40Kg. /TM de melaza (materia prima para la fabricación del ron). También se puede 150Kg. /TM de bagazo hay otros aprovechamientos de mucha menor importancia como los compost agrícolas, vinazas, ceras, fibra absorbente, etc.

Exigencias del cultivo: la caña de azúcar no soporta temperaturas inferiores a 0°C, aunque alguna vez puede llegar a soportar a -1 °C, dependiendo de la duración de la helada. Para crecer exige de temperaturas de 14 a 16 °C. la temperatura optima de crecimiento parece situarse en torno a los 30°C con humedad relativa alta y buen aporte de agua. Se adapta a casi todos los tipos de suelos vegetando mejor y dando más azucares ligeros; si el agua y el abono es el adecuado. En los pesados y difíciles manejos constituye muchas veces el único aprovechamiento rentable.

2.2.4. COMPOSICIÓN FÍSICA

La caña de azúcar es una planta perenne muy parecida a la caña común, tiene el tallo macizo, que puede llegar a medir hasta 6 metros de altura, y de 2 a 8 centímetros de diámetro. Esta lleno por dos partes diferenciadas: un tejido esponjoso y dulce en la parte central (medula), del que se extrae un jugo rico en sacarosa (azúcar); y una parte periférica, rica en fibra, que en el proceso de extracción del azúcar constituirá el bagazo. Cuanto más seco es el clima, mayor es el contenido en jugo en el interior del tallo, el número de tallo de la planta, color y el hábito de crecimiento depende de la variedad de la planta. En general, puede tener de uno a tres tallos.

Típicamente se conoce que el tallo de las cañas es liso con anillos filosos, que se denominan nudos; las partes que se encuentran entre nudo y nudo del tallo se denominan entrenudos, sus hojas se originan en los nudos del tallo, y son largas y linguadas, la flor es una inflorescencia en forma de panícula de pequeñas espigas: sedosas, largas y vellosas (Garcez, 2016).

2.2.5. BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El bagazo es el residuo fibroso que queda de la caña después de ser exprimida y de pasar por el proceso de extracción. Por lo general el bagazo se utiliza en los ingenios azucareros como combustible sin embargo para la industria papelera representa una de las materias primas más importantes, pues este subproducto conserva una posición única entre las fibras no leñosas para la manufactura del papel, debido principalmente a su disponibilidad (Aceves, 2007)

El bagazo es el residuo fibroso de la molienda de los tallos de la caña de azúcar (SNV, 2010). Está compuesto de celulosa, hemicelulosa o pentosanos y lignina como principales polímeros naturales (Chandler *et al.*, 2012). Presenta, además, pequeñas cantidades de otros compuestos (García, 2012). El bagazo tiene una composición media en base seca de: 32% de celulosa, 37,5% de hemicelulosa y 18% de Lignina (Cunningham & López, 1994)

Tiene gran producción de biomasa por unidad de superficie, sin embargo, presenta deficiencias nutricionales, bajo contenido de proteína y minerales y lenta degradación de la fibra (Aranda *et al.*, 2012). La calidad del bagazo está relacionada con la maceración, el porcentaje de fibra y la cantidad de azúcar en solución con el agua presente en el bagazo (Díaz, 2008).

Se han realizados números estudios del bagazo de caña de azúcar para la obtención de biocombustibles como por ejemplo Hernández *et al.*, (2012) ellos utilizaron el gabazo para la obtención de biocombustible piroleñoso en un reactor de lecho fluidizado atmosférico que opera bajo un régimen de pirolisis rápido en un rango de temperatura de 450 a 500 °C, pero este presenta mayor densidad y viscosidad que el diésel en cuanto a que su valor calórico es menor.

El bagazo es un residuo de la caña de azúcar y como tal, en la industria azucarera regularmente se desecha. En Cuba incluso decir tirar el bagazo a alguien significa tenerle poca consideración a una persona. Sin embargo, gracias a investigaciones se ha encontrado una variedad muy importante de usos que puedan beneficiar a la industria azucarera (Aceves, 2007).

2.2.5.1. COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA

El bagazo de caña tiene en su composición 20% de lignina, y 80% entre celulosa y hemicelulosa, por lo que varias investigaciones han propuesto el uso de diversos microorganismos, cepas fúngicas degradadoras de lignina, un ejemplo de estos hongos es *Phanerochaete chrysosporium*, que crece en cultivo líquido y se ha demostrado que secreta enzimas ligninolíticas extracelulares que tienen la habilidad de degradar numerosos compuestos aromáticos poli cíclicos; la *Ceriporiopsis subvermispora* es otro hongo filamentoso capaz de realizar la biodegradación de la lignina (Arboleda, 2009).

2.3. ALCOHOL

Compuesto orgánico líquido, de naturaleza diferente a los hidrocarburos, que tienen en su molécula un grupo hidroxilo (OH) enlazado a un átomo de carbono (CIC, 2010).

2.3.1. OBTENCIÓN DEL ALCOHOL A PARTIR DE DESECHOS VEGETALES

Los métodos para la transformación del material vegetal comprenden dos pasos principales: un pretratamiento para ablandar la estructura vegetal y un proceso de hidrólisis enzimática o química para degradar la celulosa, lo que genera una solución de azúcares fermentables que contienen principalmente glucosas y pentosas que provienen de la hemicelulosa (Mantilla 2012).

Desde varios años, la comunidad científica ha explotado estas características de los sistemas biotecnológicos, especialmente para sistemas de producción de alcohol con *Saccharomyces cerevisiae*. Para obtener el alcohol se necesita de tres pasos los cuales se detallan a continuación (Paz y Cardona, 2011).

2.3.2. ETANOL

Actualmente el biocombustible más importante es el etanol, producto 100% renovable obtenido a partir de cultivos bioenergéticos biomasa (Cardona *et al*, 2005). El alcohol etílico o etanol cuya fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$, es el componente esencial de las bebidas alcohólicas. Puede obtenerse a través de los procesos de elaboración: la fermentación o descomposición de los azúcares contenidos en distintas frutas, y la destilación, consiste en la depuración de las bebidas fermentables (ICA, 2004)

Se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78, 3°C. al mezclarse con agua en cualquier proporción, da una mezcla isotrópica (ICA, 2004).

2.3.2.1. PROCESO PRODUCTIVO DE ETANOL

El etanol es el alcohol etílico producido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales (cereales, caña de azúcar, remolacha o biomasa) combinadas en forma de sacarosa como almidón y hemicelulosa y celulosa. Dependiendo de su fuente de obtención su producción implica fundamentalmente el proceso de separación de azúcares, y la fermentación y destilación de las mismas (ICA, 2004).

2.3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL ETANOL

- Es un líquido inflamable, incoloro y es el alcohol de menor toxicidad.
- Posee un alto octanaje y una mayor solubilidad en gasolina que el metanol.
- Puede ser usado como un combustible alternativo.
- Es un buen disolvente, y puede utilizarse como anticongelante.
- Es usado como un aditivo que se le añade a la gasolina para oxigenarla, el cual ayuda a que se produzca una mejor combustión (Cholota y Mora, 2010).

En países como Brasil, Paraguay, Guatemala y España, entre otros, se está trabajando en la obtención de bioetanol, y en este tema en particular se necesitan fuentes viables de obtención de biocombustible como serían los desechos de la naranja, ya que, en países como estados unidos, Japón, y Alemania, entre otros, se están probando los primeros motores modificados para la utilización del bioetanol como combustible (Flores, 2006).

2.4. MATERIALES LIGNOCELULÓSICO

Los materiales lignocelulósico son un recurso natural, abundante y renovable, esencial para el funcionamiento de las sociedades industriales y críticos de una economía global sostenible (Hu, 2008).

La lignocelulosa es el principal componente de la pared celular de las plantas biomasa producida por la fotosíntesis en la fuente de carbono renovable más prometedora para solucionar los problemas actuales de energía se han desarrollado diversos métodos que mejoran el hidrolisis de la lignocelulosa, como los pretratamientos fisicoquímicos y biológicos. La finalidad de tratamiento previa es remover la lignina, hidrolizar la hemicelulosa a azúcares fermentables, y reducir la cristalinidad de la celulosa para liberar la glucosa el propósito de esta revisión es mostrar un panorama de los métodos que se han desarrollado para hidrolizar la lignocelulosa (Cuervo y Quiroz, 2001).

2.4.1. CELULOSA

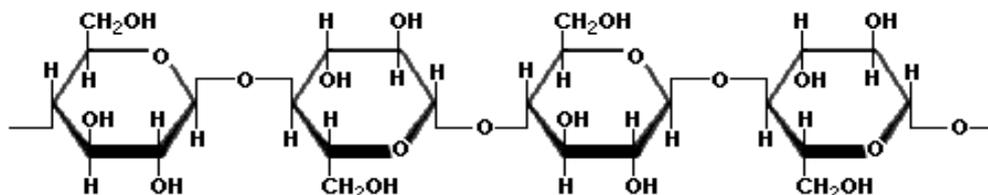


Figura 2.1. Estructura de la cadena de celulosa

La celulosa es la sustancia orgánica más abundante en la naturaleza (Ege, 2004) ya que es el principal constituyente de la pared celular de todas las plantas superiores y el componente mayoritario de todas las fibras de madera (40-50%). La estructura de la celulosa se forma por la unión de moléculas de β -glucosa a través de enlaces β -1,4-glucosídico, lo que hace que sea insoluble en agua. La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establece múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas muy resistentes e insolubles en agua (Trigoso, 2009).

2.4.2. LIGNINA

La lignina es el tercer componente mayoritario en los materiales lignocelulósicos, es por ello el tercer polímero natural más abundante en la naturaleza tras la celulosa y hemicelulosa, es un polímero tridimensional amorfo cuyos monómeros básicos, llamados alcoholes cimamílicos, son: (p-coumaril, cinifiril y sinapil alcohol) que se mantienen por diferentes enlaces y que se desempeñan funciones tanto primarias como secundarias (Taiz y Zeiger, 2006).

2.4.3. HEMICELULOSA

Junto con la celulosa, la hemicelulosa está también presente en la pared celular de las plantas. Consta de polímeros formados de más de un tipo de azúcares tales como la D-xilosa, L-arabinosa, D-galactosa, D-xilulosa, etc. y principal es proporcionar la unión entre la celulosa y la lignina (SUN y Cheng, 2002).

Generalmente está constituida por cadenas principal que puede consistir en una única (Fengel y Wegener, 2003).

Unidad (homopolímero) p. ej. Xilenos, o estar formada por dos o más unidades (heteropolímero) por ejemplo Glucomananos. De forma general, en función del azúcar dominante en la cadena principal, se pueden agrupar en: xilanos, mananos, glucanos y galactanos. Dichas cadenas, a diferencia de la celulosa, pueden presentar ramificaciones y sustituciones mediante enlaces covalentes (Tomás, 2009).

Existen diferencias en la composición y estructura de la hemicelulosa entre los diferentes tipos de biomásas. En los residuos agrícolas, el componente hemicelulósico es muy parecido al de las maderas muy duras, pero presentando, al igual que las maderas blandas, menor proporción de grupo acetilico (Tomás, 2009).

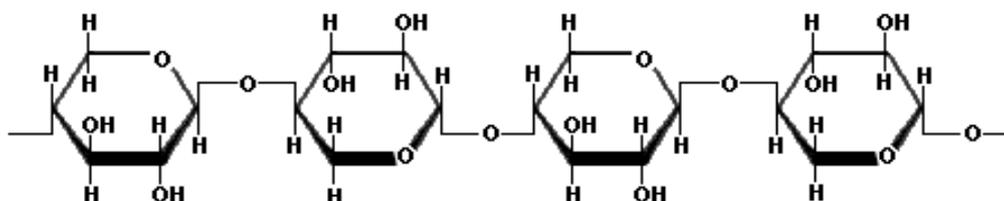


Figura 2.2. Estructura de la cadena de hemicelulosa

2.5. PRETRATAMIENTO

Para Aguilar (2011) con el pretratamiento se busca remover la lignina y la hemicelulosa, reducir la cristalinidad de la celulosa, aumentar la porosidad y área de contacto de los materiales para facilitar la hidrólisis. Durante el pretratamiento de material lignocelulósico una fracción de hemicelulosa es hidrolizada.

Uno de los principales problemas vinculados a la producción de etanol, a partir de biomásas lignocelulósico, es el pretratamiento e hidrólisis de la materia prima. De su efectividad dependerá que se obtengan altos rendimientos durante la conversión de los azúcares a etanol (Medina, 2012a).

2.5.1. HIDROLISIS ÁCIDA

El objetivo de la hidrólisis es romper el polímero de los polisacáridos, presentes en la fracción de sólidos insolubles en agua, que se producen en el pretratamiento. Este sólido está constituido principalmente por celulosa. En la

hidrólisis, la celulosa es transformada en glucosa. Si se emplea la hidrólisis sin pre tratar el material, el rendimiento es menor al 20%, mientras que si el material este pre tratado, el rendimiento puede ser superior al 90% (Aguilar, 2011)

Por hidrólisis ácida la biomasa vegetal es tratada con una solución ácida y sometida a altas temperaturas, generando un hidrolizado constituido por azúcares como pentosas, hexosas y compuestos tóxicos a la fermentación como son los compuestos uránicos, fenólicos y el ácido acético (Viñals *et al.*, 2010).

La explosión de vapor (EV), también llamada auto hidrólisis, es uno de los métodos más utilizados para el pretratamiento debido a su eficacia y bajo coste (Alfani *et al.*, 2000; Ballesteros *et al.*, 2006). En la EV se calienta rápidamente la biomasa mediante vapor saturado a alta presión durante un determinado período de tiempo y posteriormente se reduce la presión bruscamente, por lo que el material lignocelulósico se somete a una descompresión súbita. Las condiciones de operación empleadas para paja de trigo son temperatura entre 160 y 230 °C y tiempo de residencia entre varios segundos a unos pocos minutos (Talebnia *et al.*, 2010). La adición de agentes químicos como H₂SO₄ o SO₂ puede favorecer la eliminación de la fracción hemicelulósica y mejorar el rendimiento de hidrólisis enzimática cuando el proceso se lleva a cabo a bajas temperaturas (Jurado *et al.*, 2009).

2.5.2. FERMENTACIÓN

La fermentación alcohólica es un proceso ampliamente utilizado por el hombre desde hace miles de años para la producción de bebidas alcohólicas como el vino o la cerveza. Cuando la fermentación se emplea en el proceso de producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósico, los azúcares liberados durante la hidrólisis son fermentados con la consiguiente producción de etanol y CO₂ (Mantilla, 2012). El proceso de fermentación de monosacáridos obtenidos en los procesos de hidrólisis es transformado hasta etanol con microorganismos como, *Zymomonasmobilis*, *S. Cerevisiae* y *Pichiastipitis* (Aguilar, 2011b).

2.5.3. PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación alcohólica es una bioreacción que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Las principales responsables de esta transformación son las levaduras. *Saccharomyces cerevisiae*, es la especie de la levadura usada con mayores frecuencias (Vásquez *et al.*, 2007 y Garzón *et al.*, 2009), ya que puede usar todo tipo de hexosas y produce etanol con unos rendimientos cercanos al máximo teórico (0,51g/g).

Si existiera falta de algún constituyente esencial, de la inhibición del crecimiento bacteriano del empleo de una variedad fuerte de levadura con una alta tolerancia alcohólica y capaz por tanto reproducir grandes cantidades de alcohol y de la inmediata destilación del extracto fermentado (Sanchez *et al.*, 2010).

2.5.4. DESTILACIÓN

El alcohol producido por la fermentación contiene una parte significativa de agua, que debe ser eliminada para su uso como combustible. Para ello se utiliza un proceso de destilación aprovechando que el etanol tiene un punto de ebullición menor (78,3°C) que el agua (100°C) como la mezcla se calienta hasta que el alcohol se evapora y se pueda separar por condensación del mismo (Miliariun, 2006).

La destilación es la operación de separar mediante calor, los diferentes componentes líquidos de una mezcla (etanol/agua). Una forma de destilación conocida desde la antigüedad, es la obtención de alcohol aplicando calor a una mezcla fermentada (Guerra *et al.*, 2008).

La destilación sencilla consta de un matraz de destilación provisto de un termómetro. El matraz descansa sobre una rejilla colocada sobre un aro. El matraz de destilación va unido a un refrigerante por el que circula agua a contra corriente. Finalmente, el extremo inferior del refrigerante se une a una alargadera que conduce el destilado al matraz colector. Para esta destilación simple se coloca 200ml de una mezcla compuesta, al 50% agua y 50% alcohol en volumen. El alcohol que utiliza deberá tener una concentración del 94% luego se procede

al calentamiento para lograr la separación de la mezcla por medio de una destilación, es decir, aprovechando las diferencias entre el punto de ebullición de los componentes. Al extraer la primera gota, se registra su temperatura y se mide el índice de refracción tanto de residuo como el del destilado (Guerra, 2008).

2.6. PRETRATAMIENTOS FÍSICOS

Un pretratamiento ideal es reducir el contenido de lignina, disminuir la cristalinidad de la celulosa e incrementar el área superficial (Krishna & J., 2001). Existen diferentes tecnologías de pretratamiento de la biomasa lignocelulósica, que pueden ser clasificadas según su naturaleza en pretratamientos físicos, químicos, biológicos y fisicoquímicos (SUN y Cheng, 2002).

2.6.1. TRITURACIÓN MECÁNICA

La trituración de los materiales mediante una combinación de astillado y molienda, reduce la cristalinidad de la celulosa aumenta la superficie específica y la densidad aparente, facilitando el hidrolisis posterior. Existen diferentes tipos de molienda (molinos de bolas, martillos, cuchillas, rodillos). Los molinos de bolas vibratorias se han mostrado más efectivos que los molinos de bolas ordinarios en la reducción de la cristalinidad y aumento de digestibilidad de astillas de abeto y chopo (Millet *et al.*, 2003).

2.6.2. HIDROLISIS ACIDA CONCENTRADO

Según Dipardo (2003) para tratar el producto lignocelulósico con el tratamiento de hidrolisis ácido diluido, la biomasa se seca antes de la adición sulfúrico concentrado; posteriormente, se adiciona agua para diluir el ácido y se calienta para liberar los azúcares para producir un gel que puede ser separado del residual sólido. Para la recuperación del ácido se pueden utilizar columnas cromatografías que separan el ácido de los azúcares (Álvarez, 20012).

2.7. CONCENTRACIÓN

Jiménez (2011) diseño un experimento con los siguientes factores y niveles: tiempo de 2, 4 y 6 h; concentración del ácido sulfúrico de 0.1, 0.3 y 0.5 N;

temperatura de 30, 40 y 50°C. La cantidad de masa usada fue de 10 g de sustrato. El porcentaje de hidrólisis fue determinado con la cuantificación de azúcares totales (Jimenez, 2011).

2.8. GRADOS BRIX

Los grados BRIX miden el cociente total de la sacarosa disuelta en un líquido, la escala Brix es utilizada en el sector de alimentos para medir la cantidad aproximada de azúcares en zumos de frutas, vino o bebidas suaves, y en la industria de la azúcar. Diversos países utilizan las tres escalas en diversas industrias en el reino unido la elaboración de la cerveza se mide con la gravedad específica $\times 1000^\circ$, europeos de la escala plato el uso de los Breweres; y las industrias de los EE.UU. utilizan una mezcla de la gravedad específica de los grados Brix, los grados Baumé y los grados de la escala plato (Optronic, 2013).

2.9. ENCUESTA

Para Sanhusen (2001), la encuesta es una técnica cuantitativa que consiste en una investigación realizada sobre una muestra de sujetos, representativa de un colectivo más amplio que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con el fin de conseguir mediciones cuantitativas sobre una gran cantidad de características objetivas y subjetivas de la población; se obtiene información sistemáticamente de los encuestados a través de preguntas, ya sea personales, telefónicas o por correo (Sanhusen, 2001).

Según Malhota (2004), las encuestas son entrevistas con un gran número de personas utilizando un cuestionario prediseñado. Según el mencionado autor, el método de encuesta incluye un cuestionario estructurado que se a los encuestados y que está diseñada para obtener información específica.

Para Trespacios *et al* (2005), las encuestas son instrumentos de investigación descriptiva que precisan identificar a priori las preguntas a realizar, las personas seleccionadas en una muestra representativa de la población, especificar las

respuestas y determinar el método empleado para recoger la información que se vaya obteniendo (Sanhusen, 2001).

2.10.PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN

Los procedimientos de comparaciones múltiples de Tukey, Duncan y Dunnett son ampliamente usados en investigación agrícola y están descritos en numerosos libros de metodología estadística (Miller, 1966). De acuerdo a García *et al.* (2001) Entre los métodos de Tukey y Duncan, el segundo es mejor pues selecciona conjuntos con menos tratamientos; el de Tukey es demasiado conservador.

2.11.COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Para algunos investigadores el coeficiente de variación de Pearson es considerado fundamental como indicador de la calidad del experimento (Ruíz-Ramírez, 2010). Muchos científicos usan el coeficiente de variación (CV) para aceptar o rechazar la validez de los experimentos (Bowman, 2001). El CV es la desviación estándar expresada como porcentaje de la media aritmética (Patel, 2001). Esto lo hace un coeficiente adimensional al estar conformado por una razón entre dos estadísticos que reflejan diferentes características de la población (Vásquez, 2011).

Tradicionalmente el coeficiente de variación ha sido utilizado para decidir si un experimento es confiable o no. Esto último es criticado por varios autores debido a la relación que tiene este estadístico con la media ambiental (Bowman, 2001), el CV deja de ser útil cuando la media se aproxima a cero (Silveira, et al., 1986). No obstante (Patel, 2001), es más específico al indicar que los CV varían considerablemente de acuerdo al tipo de experimento, indicando que los rangos aceptables deben ser entre 6 a 8% para evaluación de cultivares, 10 a 12% para fertilización y 13 a 15% para ensayos de evaluación de plaguicidas.

Por otro lado, Pimentel (1985) señala que normalmente en los ensayos agrícolas de campo los CV se consideran:

Cuadro 2.1. Rango de Aceptabilidad de los CV de acuerdo a ensayos agrícolas

ACEPTABILIDAD	VALORES
Bajos	Inferiores a 10%;
Medios	De 10 a 20%
Altos	De 20 a 30%
Muy altos (datos deben ser descartados por baja precisión)	Superiores a 30%

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se efectuó en la microempresas artesanales del Cantón Junín, sitio Agua Fría, los respectivos análisis de realizaron en los laboratorios de Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Ubicada en el sitio El Limón del cantón Bolívar, dentro de las siguientes coordenadas: Latitud 0° 49' 10”; longitud 80° 10' 40” oeste; altitud 15 m.s.n.m.

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación tuvo una duración de nueve meses a partir de la aprobación del proyecto de tesis.

3.3. VARIABLES EN ESTUDIO

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Proceso de hidrolisis

Indicadores:

- Normalidad de acción sulfúrico.
- Tiempo de acción del acido

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Obtención de alcohol

Indicadores:

- Eficiencia (grados de alcohol)

3.4. FACTORES DE ESTUDIO

Los factores que se estudiaron fueron:

- **FACTOR A:** Concentración del ácido
- **FACTOR B:** Tiempo de acción

3.4.1. NIVELES

Las concentraciones se efectuarán con tres tipos de normalidad de Ácido sulfúrico (H_2SO_4), Maldonado *et al.* (2012) Propone utilizar normalidades entre 1,9 – 2,1N, además Jiménez, *et al.* (2012) Realizó experimentación con valores menores al 0,5 N por lo que se considerarán los siguientes niveles:

- A1: 0.5 N H_2SO_4
- A2: 1 N H_2SO_4
- A3: 1.5 N H_2SO_4

En cuanto a los tiempos, se efectuarán con tres horas diferentes, se efectuará considerando los siguientes niveles:

- B1: 4 horas (Aguilar & Canizales, 2004)
- B2: 5 horas (Rinaldi *et al.*, 2008)
- B3: 6 horas (Aguilar & Canizales, 2004)

3.4.2. TRATAMIENTOS

Cuadro 3.1. Detalle de los Tratamientos

Tratamientos	Códigos	Descripción
1	A ₁ B ₁	Concentración del ácido 0.5 N H_2SO_4 por 4 horas
2	A ₁ B ₂	Concentración del ácido 0.5 N H_2SO_4 por 5 horas
3	A ₁ B ₃	Concentración del ácido 0.5 N H_2SO_4 por 6 horas
4	A ₂ B ₁	Concentración del ácido 1.0 N H_2SO_4 por 4 horas
5	A ₂ B ₂	Concentración del ácido 1.0 N H_2SO_4 por 5 horas
6	A ₂ B ₃	Concentración del ácido 1.0 N H_2SO_4 por 6 horas
7	A ₃ B ₁	Concentración del ácido 1.5 N H_2SO_4 por 4 horas
8	A ₃ B ₂	Concentración del ácido 1.5 N H_2SO_4 por 5 horas
9	A ₃ B ₃	Concentración del ácido 1.5 N H_2SO_4 por 6 horas

3.5. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se utilizó el método cuantitativo de tipo experimental

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

La investigación constó de 9 tratamientos, al cual se le realizó 3 réplicas por cada tratamiento, cada réplica se efectuó con una parada de 400 g de materia prima (bagazo de caña), con 400 mL de agua destilada, con una solución de *Saccharomyces cerevisiae* y 0,5 mL del ácido especificado para su tratamiento. De acuerdo a los tratamientos planteados se realizaron formulaciones diferentes en base a las concentraciones de normalidad y tiempos de concentración utilizados.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó en la investigación fue un diseño completamente al azar (DCA), con nueve tratamientos replicados tres veces analizados mediante la prueba de Duncan con un rango de error de 0.05, para encontrar las diferencias significativas. Para estos análisis se manipuló el software estadístico Infostat versión 2008.

3.8. PROCEDIMIENTOS

3.8.1. FASE I. CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

Actividad 1.- Indagación hacia La Producción

Se realizaron previas visitas al área de estudio con el fin de conocer, analizar e identificar cada una de las industrias artesanales laborables del Sitio Agua Fría del Cantón Junín.

Actividad 2.- Ejecución de la encuesta

Se realizó una encuesta (Sanhusen, 2001) a los propietarios de las fábricas del Sitio Agua Fría del Cantón Junín para de esta manera estimar los posibles

efectos negativos al ambiente causado por los residuos generados en la producción de alcohol.

3.8.2. FASE II. OBTENCIÓN DEL ALCOHOL A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Actividad 3. - Seleccionar la materia prima (muestra)

Se recolectó el bagazo de caña de azúcar de las diferentes industrias artesanales del Sitio Agua Fría, y así, obtener materia prima directamente del lugar donde se la pretende aprovechar.

Actividad 4. - Pre tratamiento de la materia prima

La materia prima fue deshidratada a una temperatura de 80°C durante 24 horas, luego se molió con un molino manual, esta materia obtenida se tamizó con un tamiz 35 micras con el fin de homogenizar las partículas (Agüero *et al.*, 2006).

Actividad 5.- Hidrolisis Acida

Luego, se prepararon las unidades experimentales con 400 g de materia seca la cual se disolvió en 400 mL de agua destilada y de acuerdo a los tratamientos planteados se realizaron formulaciones diferentes en base a las concentraciones de normalidad del ácido sulfúrico, a distintos tiempos de reacción (Agüero *et al.*, 2006), a distintos tiempos de reacción y a temperatura ambiente (26°). El hidrolizado se filtró en un lienzo normal con fin de separar la fracción sólida de la líquida y luego se ajustó el pH con una solución alcalina en un rango 3 a 5, rango óptimo para la fermentación (Ward, 1991).

Actividad 6.- Fermentación

Para la fermentación anaerobia de los mostos (lo hidrolizado) se preparó el microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* la cual se activó en agua destilada con una pequeña cantidad de azúcar y se añadió a los muestras, luego se dejó reposar durante 24 horas.

Actividad 7.- Destilación y medición de grados de alcohol

Terminada la fermentación se procedió a realizar la destilación, para esto se tomó 250 mL de cada mosto en un balón de destilación acoplado en un tubo refrigerante con circulación de agua fría. Recolectado 80 mL de lo destilado se realizó la prueba de alcohol con un alcoholímetro a cada replica de los tratamientos.

3.8.3. FASE III. DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR**Actividad 8.- Datos De Comparación**

Los datos obtenidos fueron analizados mediante la prueba de Sharpiro-Wills para determinar la distribución normal de los datos y la prueba F para la igualdad de varianzas y determinar el tipo de análisis estadístico a realizarse.

Actividad 9.- Selección del proceso con mejor eficiencia

Realizado la comparativa, se realizará el análisis estadístico comparativo de Duncan con 5% de significancia para establecer diferencias significativas entre tratamientos.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

Se realizó un análisis de las fábricas artesanales de caña de azúcar en el cantón Junín, a partir de lo cual se identificaron 14 lugares dedicados a esta labor. Las coordenadas de las empresas productoras de alcohol analizadas se encuentran en el cuadro 4.1, además se obtuvo la cantidad de residuos de caña de azúcar y de alcohol generados a la semana, con lo cual se pudo analizar que las fábricas generan un aproximado de 1765 Kg de residuos y 494 litros por semana.

Cuadro 4.1. Fabricas artesanales de aguardiente del cantón Junín

N°	X	Y	Cantidad de residuos generados (Kg/semana)	Cantidad de alcohol generado (l/semana)
1	592254	9899233	230	60
2	591966	9899366	200	55
3	591836	9899197	100	22
4	591746	9899221	80	21
5	591546	9899179	120	26
6	591449	9899215	120	23
7	591361	9899275	70	10
8	591291	9899325	90	25
9	591231	9899370	110	45
10	591193	9899392	100	43
11	590885	9899768	115	46
12	590842	9899788	180	50
13	590589	9899886	100	20
14	590540	9899905	150	48
		TOTAL	1765	494

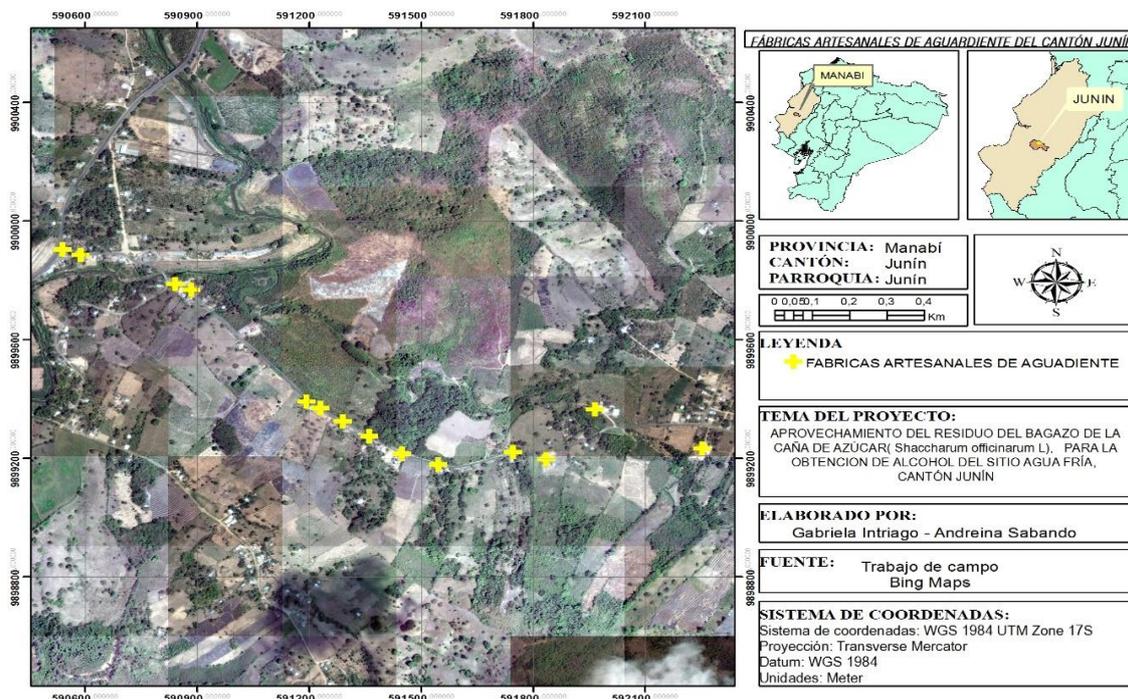


Figura 4.1. Fabricas artesanales de aguardiente del cantón Junín

En la figura 4.2 se puede observar las 14 empresas dedicadas a la producción de alcohol según las coordenadas establecida por el GPS. Ejecutada la encuesta se pudo obtener el siguiente dato:

¿Qué hace con el residuo final de la caña de azúcar?

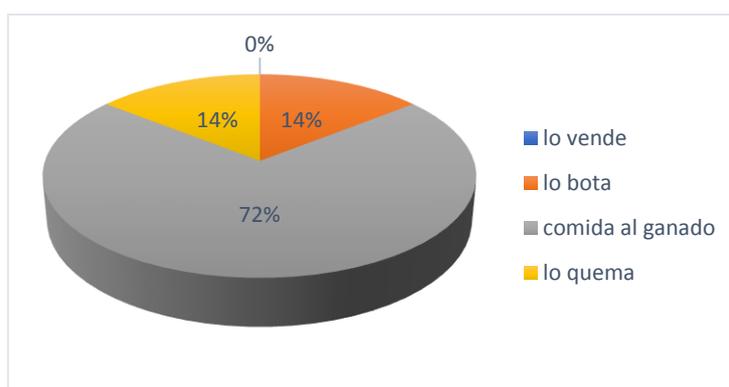


Gráfico 4.1. Utilidad del Residuo final.
Elaboración: Autoras de la investigación.

En el gráfico 4.1 se señala que hacen con el residuo final de cada jornada de trabajo en este caso el bagazo de la caña de azúcar se muestra que el 72% de los productores lo usan para comida el ganado, el 14% lo quema, y un 14% lo vota y nadie lo vende.

El 75% de los productores encuestados consideran que, si ha existido innovación en los procesos de producción, como por ejemplo el cambio del tipo de molienda de animal a mecánica y de esta manera así reducir el esfuerzo del animal. El 25% opina que no existe ninguna innovación por cuanto se mantiene el mismo proceso de fabricación.

¿Ud. Siembra caña dulce?

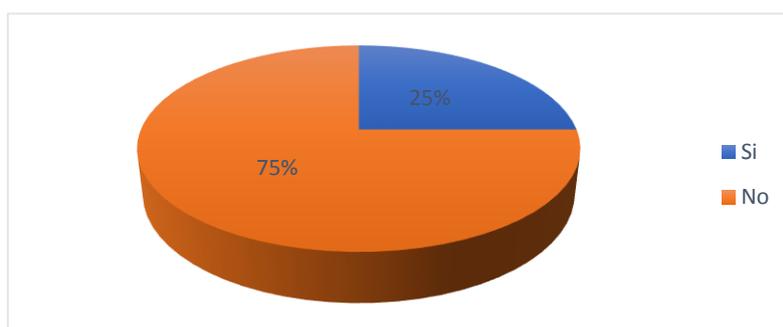


Gráfico 4.2. Usted siembra de caña dulce
Elaboración: Autoras de la investigación.

En el gráfico 4.3 el 75% de los productores de aguardiente no tiene sembríos de caña de azúcar en terrenos propios o arrendados cuando requieren de mayor cantidad de materia prima la compran y el 25% si cuenta con un sembrío para de esta manera abastecer la cantidad necesaria de caña para la producción de aguardiente.

¿Posee tierras propias?

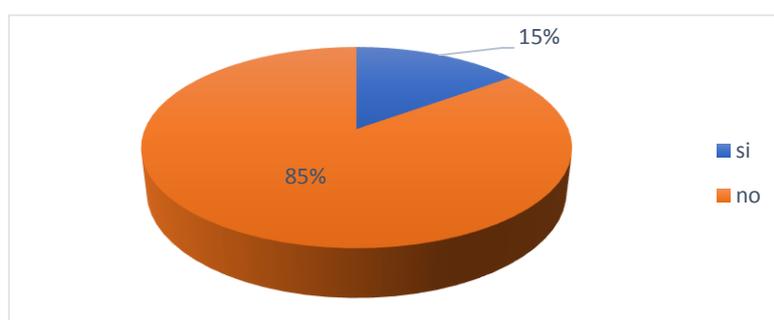


Gráfico 4.3. Posee tierras propias
Elaboración: Autoras de la investigación.

En el gráfico 4.4 se da a conocer que el 85% de los dueños o propietarios de cada una de las fábricas del sitio no cuentan con terrenos propios para sembrar

la caña de azúcar por lo tanto compran mientras que el 15% de los dueños si cuentan con tierras propias y de esta manera mejorar sus fuentes de ingresos.

Considerando que la mayoría de los productores de alcohol de la zona en estudio no poseen tierras propias sembradas con caña de azúcar y que no aplican métodos de innovación para mejorar la eficiencia del proceso ni el aprovechamiento de los residuos de bagazo de caña y considerando que los productores reciben ingresos medios a altos por parte de esta actividad, la aplicación de la metodología para la obtención de alcohol a partir del aprovechamiento del bagazo de caña sería considerada viable en la zona de estudio.

4.2. OBTENCIÓN DEL ALCOHOL A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Selección de la materia prima, pre tratamiento, hidrólisis acida, fermentación y destilación

Las fases que se emplearon para la obtención de alcohol a partir de los residuos de la caña de azúcar son eficaces, esta metodología se puede corroborar por Merino & Cherry (2007), la cual menciona que el etanol producido a partir de biomasa lignocelulósica, también llamado bioetanol de segunda generación (2G), se obtiene mediante la consecución de las siguientes etapas: i) reducción de tamaño, ii) pretratamiento, iii) hidrólisis de celulosa y hemicelulosa, iv) fermentación, v) recuperación y purificación del bioetanol (destilación).

De acuerdo a Glasser y Wright citado por González & García (2013) el EV es un pretratamiento que resulta efectivo en el bagazo de caña de azúcar, lo cual se debe a que en este material el contenido en lignina es menor y poseen un mayor número de grupos acetilo, por lo que el proceso de auto hidrólisis es más efectivo (Tomás, 2009).

Una vez pre tratada la materia prima, es necesario llevar a cabo una hidrólisis para liberar los azúcares monoméricos potencialmente fermentables. Para ello,

se desarrolló la tecnología en emplear ácido diluido. El uso de ácidos concentrados no es rentable económicamente debido a que conlleva problemas de corrosión y exigen procesos de recuperación y neutralización (Tomás *et al.*, 2008).

La levadura *S. cerevisiae* es probablemente el microorganismo más ampliamente utilizado y estudiada por el ser humano, es un producto del proceso de producción de alcohol (Suárez *et al.*, 2016), de donde puede ser recuperada y utilizarla como alimento animal o reutilizada para la producción de alcohol. (Estévez, 2010)

Terminado estos procesos se obtuvo los siguientes resultados:

Cuadro 4.2. Grados de alcohol obtenidos (Ver Apéndice en Anexo 2)

CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO (Factor A)	TIEMPO DE ACCIÓN (Factor B)	CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL (°)	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
1	1	0,33±0,06	17,32
1	2	0,60±0,10	16,67
1	3	0,73±0,06	7,87
2	1	0,53±0,06	10,83
2	2	0,60±0,10	16,67
2	3	0,37±0,12	31,49
3	1	0,57±0,06	10,19
3	2	0,50±0,10	20,00
3	3	0,47±0,06	12,37
GENERAL			15,64

Para los tiempos de concentración utilizados, los grados de alcohol obtenidos en la investigación son ligeramente menores a los presentados por González y García (2013) en la obtención de alcohol a partir de paja de trigo, pero hay que destacar que, en su trabajo, realizaron adiciones de g celulasa y β -glucosidasas para mejorar la eficiencia.

Además, presenta valores en mayores a los presentados por Mantilla (2012b) para el tiempo de acción y toma de datos realizados. De acuerdo con Mantilla (2012b) los valores de concentración en este proceso son los que determinan la eficiencia del proceso al finalizar la fermentación por lo que los valores obtenidos resultan fiables para la obtención de bioetanol.

En la evaluación de la etapa de pre hidrólisis del bagazo de caña para la obtención de etanol, se obtienen parámetros tecnológicos que permiten garantizar las condiciones óptimas de trabajo y aumentar el rendimiento de la etapa (Medina *et al.*, 2012).

A partir los análisis estadísticos detallados en la actividad 6, se determinó la normalidad de los datos por lo que la aplicación del coeficiente de variación resulta efectiva para determinar la validez de los datos; los datos presentaron un coeficiente variación máximo de 31,49%, considerado como alto, y mínimo de 7,87%, bajo.

El diseño general posee un coeficiente de 15,64% considerado como medio por lo que el experimento es confiable (Pimentel, 1985).

4.3. DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS TRATAMIENTOS

Una vez comprobados los supuestos del ANOVA (normalidad de datos e igualdad de varianzas) se realizó el análisis de varianza, obteniendo los resultados contenidos en el cuadro 4.2 donde se detalla que existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados y diferencias menos notables entre los tiempos utilizados.

Cuadro 4.3. ANOVA de los grados de alcohol obtenidos

FACTOR DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	P-valor
<i>Modelo</i>	0,37	8	0,05	6,87	0,0004
<i>Factor A (Concentración del ácido)</i>	0,04	2	0,02	2,67	0,0968
<i>Factor B (Tiempo de hidrólisis)</i>	0,02	2	0,01	1,17	0,3339
<i>A x B</i>	0,32	4	0,08	11,83	0,0001
<i>Error</i>	0,12	18	0,01		
<i>Total</i>	0,49	26			

Mediante el análisis comparativo de Duncan, se establecieron diferencias significativas para los tiempos de hidrolisis y los tratamientos utilizados (Cuadro 4.3 y 4.4).

Cuadro 4.4. Prueba DUNCAN para los grados de alcohol de acuerdo con el tiempo de hidrólisis

TIEMPO DE HIDRÓLISIS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MEDIA
4 horas	0,12	0,48 A
5 horas	0,10	0,57 B
6 horas	0,18	0,52 AB

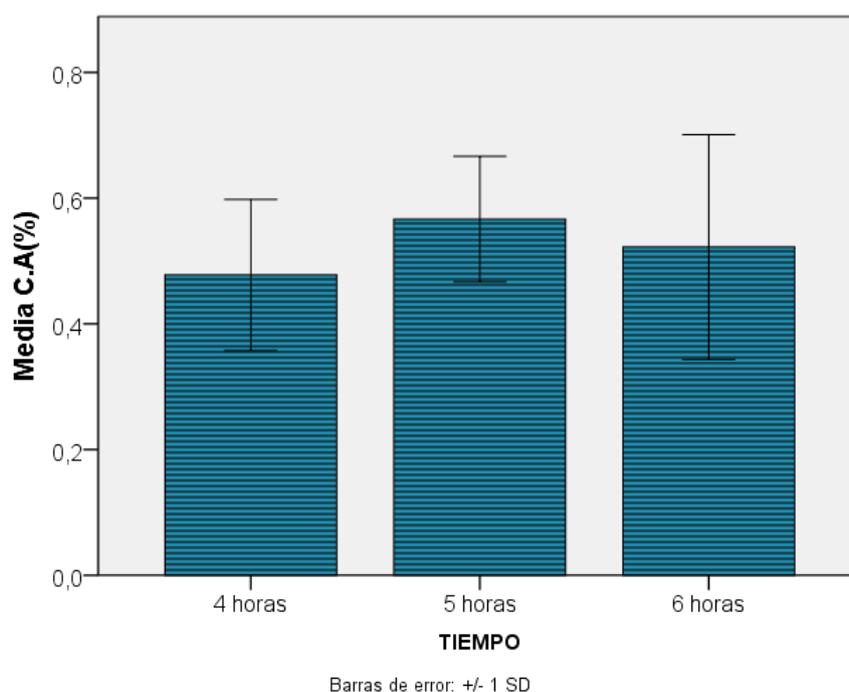


Gráfico 4.4. Concentración de alcohol de acuerdo con los tiempos de acción aplicados

La prueba de Duncan constato que el tiempo de hidrolisis que mejores resultados presento fue el de 6 horas (0,57°) y el que menores grados presento (0,48°) fue el de menor tiempo (4 horas).

Este resultado coincide con el encontrado por Ferrer *et al.* (2002) Donde los mayores valores de azucares reductores, necesarios para la producción de alcohol, se produjeron con un tiempo de concentración de 4 horas, siendo este el menor tiempo utilizado. Además, presenta valores en mayores a los presentados por Mantilla (2012b) para el tiempo de acción y momentos de toma de datos realizados.

En base a esto de realizo el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson entre el tiempo de hidrolisis y la concentración de alcohol, obteniendo una

correlación entre ambas de 0,14 por lo que ambas son directamente proporcionales en un nivel medio a bajo.

Cuadro 4.2. Prueba DUNCAN para los grados de alcohol según los tratamientos

TRATAMIENTO	MEDIA
1	0,33 A
2	0,60 CD
3	0,73 D
4	0,53 C
5	0,60 CD
6	0,37 AB
7	0,57 C
8	0,50 BC
9	0,47 ABC

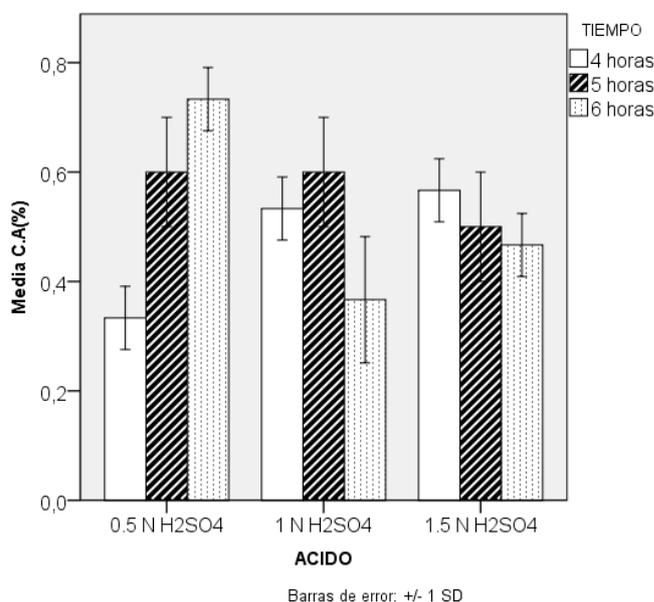


Gráfico 4.5. Concentración de alcohol de acuerdo con los tratamientos

El análisis de DUNCAN constató que el tratamiento con mayor grado de alcohol fue el tratamiento 3 (0,73°) que utiliza ácido sulfúrico 0.5 N y 6 horas para la hidrólisis. El tratamiento que obtuvo menores cantidades de alcohol fue el tratamiento 1 (0,33°) con ácido sulfúrico 0.5 N y 4 horas.

Resultados similares a los obtenidos por Ferrer *et al.* (2002) Donde se obtuvieron los mejores valores con 5% de concentración y 4 horas de acción. Además, presenta valores en mayores a los presentados por Mantilla (2012b) para el tiempo de acción y toma de datos realizados.

El ácido sulfúrico utilizado en el tratamiento con mayor proporción posee la ventaja de ser de menor concentración, por lo que su aplicación es menos

costosa. Además, el hecho de utilizar un residuo del proceso de obtención de alcohol artesanal anterior aumenta las ventajas que ofrece este proceso.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En la zona de estudio la mayoría de los productores de alcohol de la zona en estudio no poseen tierras propias sembradas con caña de azúcar y que no aplican métodos de innovación para mejorar la eficiencia del proceso ni el aprovechamiento de los residuos de bagazo de caña; las cuales generan un aproximado de 1765 Kg de residuos y 494 litros de alcohol por semana. El bagazo de caña residual del proceso es utilizado por los productores el 72% como comida del ganado, el 14% es quema, y el 14% lo bota, por lo que está siendo subutilizado y desechado, resultado por tanto viable el aprovechamiento de este residuo para su aprovechamiento como biocombustible.
- Cada unidad experimental, se efectuó con una parada de 400 g de materia prima, con 400 mL de agua destilada y 0,5 ml del ácido especificado para su tratamiento. Con los tiempos de concentración utilizados, los grados de alcohol obtenidos en la investigación se encuentran dentro del rango de otras investigaciones realizadas a partir del bagazo de caña. Los datos presentaron un coeficiente variación máximo de 31,49%, considerado como alto, y mínimo de 7,87%, bajo. El diseño general posee un coeficiente de 15,64% considerado como medio por lo que el experimento es confiable.
- El tiempo de hidrolisis que mejores resultados presento fue el de 6 horas ($0,57^\circ$) y el que menores grados presento ($0,48^\circ$) fue el de menor tiempo (4 horas) por lo que ambos (tiempo de concentración y grados de alcohol) se consideran directamente proporcionales. El mayor grado de alcohol obtenido fue en el tratamiento 3 ($0,73^\circ$) que utiliza ácido sulfúrico 0.5 N y 6 horas para hidrolisis. El tratamiento que obtuvo menores cantidades de alcohol fue el tratamiento 1 ($0,33^\circ$) con ácido sulfúrico 0.5 N y 4 horas, por lo que, al ser valores apropiados, considerando el proceso, resultan fiables para la obtención de bioetanol.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar una valoración económica del proceso en la zona de estudio, de manera que se permita poseer información referente a eficiencia y costos de producción y beneficio de la obtención de bioetanol.
- Socializar con los habitantes de la zona los beneficios que conlleva la utilización del bagazo de caña como materia prima para la obtención de bioetanol.
- Potencializar investigaciones que incluyan la utilización de diferentes proporciones de materia prima para la obtención de bioetanol.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceves, G. M., 2007. *Bagazo de caña de azúcar y sus usos*. Mexico, Veracruz: 1ro.
- Agüero, G., Fouad, B., d, J. J. & E. González, 2006. Estudio de la hidrólisis del bagazo con ácido sulfúrico concentrado para la obtención de etanol y análisis técnico – económico de dicho proceso. *Revista Cubana de Química*, 18(1), p. 95.
- Aguilar, D., 2011. *Producción de etanol a partir de bagazo de caña panelera mediante un sistema híbrido de fermentación y per vaporación*, s.l.: Tesis. Ing. Química. Universidad Nacional de Colombia..
- Aguilar, G., 2011a. *Hidrólisis acida*, España: s.n.
- Aguilar, G., 2011b. *Obtención de alcohol*, Reino unido: s.n.
- Aguilar, N. & Canizales, M. J., 2004. Cinética de la hidrólisis acida de la cascarilla de cebada. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3(3), pp. 257-263.
- Alcántara, V. & Padilla, E., 2010. Determinantes del crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2007). *Revista Galega de Economía*, Volumen 19, p. 2.
- Alfani, F. y otros, 2000. Comparison of SHF and SSF processes for the bioconversion of steam-exploded wheat straw. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, Volumen 25, p. 184-192.
- Aranda, E., Georgana, E., Ramos, J. & Salgado, S., 2012. Elaboración de un alimento basado en caña de azúcar a partir de la fermentación en estado sólido y con diferentes niveles de zeolitas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Volumen 46, p. 159.
- Arboleda, M., 2009. *Aislamiento, selección y preservación de levaduras*, Quito, Tambillo: s.n.
- Ballesteros, I. y otros, 2006. Ethanol production from steam-explosion pretreatment wheat straw. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Volumen 6, p. 129-132.
- Bowman, D., 2001. *Common use of the CV: a statistical aberration in crop performance trials (Contemporary Issue)*., s.l.: J. Cotton Sci.5.
- Cardona, C., Sanchez, O., Montolla, M. & Quinteros, J., 2005. *Simulación de los procesos de obtención de etanol a partir de caña de azúcar y maíz*, Colombia: s.n.

- Chandler, C. y otros, 2012. Hidrólisis ácida diluida en dos etapas de bagazo de caña de azúcar para la producción de azúcares fermentables. *Revista Multiciencias*, Volumen 12, p. 245.
- Cholota, L. & Mora, O., 2010. *Diseño de construcción y pruebas de un sistema prototipo para la producción de etanol a partir de papa, zanahoria, remolacha y lactosuero*, Riobamba: Tesis.
- CIC, 2010. *COMBUSTIBLES INDUSTRIALES Y COMERCIALES LTDA*. [En línea]
Available at: <http://www.combustiblesindustriales.com>
[Último acceso: 2016 Noviembre 1].
- Corominas, J., 2014. Los primeros minutos del efecto invernadero. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Volumen 11, p. 100.
- Cuervo, L., J & Quiroz, R., 2001. *Lignoelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol*. reino unido: vol.13 p. 11-25.
- Cunningham, R. & López, B., 1994. *Etanol de Lignocelulósicos Tecnología y Perspectivas*. España: Imprenta Universitaria.
- Danzell, H., Biddiestone, A. & Gray, K., 2005. *Producción y uso del compostaje en ambientes tropicales*, Reino unido: Boletín de la FAO. N° 56.
- Díaz, R., 2008. *Caracterización Energética del Bagazo de Caña de Azúcar del Ingenio Valdez. Ecuador*. [En línea]
Available at: <http://www.sancarlos.com.ec>.
[Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- Dominguez., F., 2011. Estudio de la cinética de la hidrólisis ácida. *Iberoamericana de polímeros*, p. Mexico.
- Dominguez, M. M., 2011. Cinética de hidrólisis ácida. *Iberoamericana de polímeros*, pp. 20-25.
- Estévez, R., 2010. Proyecto de recuperación de levadura *Saccharomyces* para mezcla pienso líquido y secado de levadura torula. *Tarea tecnológica conceptual. AZCUBA*.
- Fengel, D. & Wegener, G., 2003. *Chemistry, ultrastructure, reactions*, Berlin: 2.
- Flores, A., 2006. *Cascaras Citricas podrian ser una fuente potencial de etanol*, Estados unidos: s.n.
- Garcez & H., 2016. *Botánica- online. el mundo de las plantas*, Mexico: s.n.
- Garcia, 2012. *Desechos agroindustriales*, Londres: s.n.

- García, J. A. y otros, 2001. Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para selección de medias. *Agrociencia*, 35(1), pp. 79-86.
- González, G. & García, M., 2013. *Obtención de bioetanol 2g a partir de hidrolizados de paja de trigo. Fermentación conjunta de los penta y hexa carbohidratos con Pichia stipitis*, Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Guerra, F., 2008. *PRODUCCION DE BIOETANOL*, MEXICO: s.n.
- Guerra, F. y otros, 2008. *Produccion de bioetanol*, Mexico: s.n.
- Hu, T., 2008. *Caracterizacion de los materiales lignocelulogico*. Canada: s.n.
- ICA, 2004. *Instituto interamericano de cooperacion para la agricultura*. Nicaragua, s.n., pp. 4-48.
- Jimenez, D., 2011. Porcentaje de hidrolisis en la cuantificacion de azucars totales. *Redalyc*, p. 7.
- Jiménez, D. y otros, 2012. Obtención de azúcares fermentables mediante hidrólisis ácida de beta vulgaris I. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(2), pp. 151-158.
- Jurado, M. y otros, 2009. Laccase detoxification of steam-exploded wheat straw for second generation bioethanol. *Bioresorce Technology*, Volumen 100, p. 6378-6384.
- Krishna, T. & J., 2001. Simultaneous Saccharifi Cation and Fermentation of lignocellulosic wastes to ethanol using thermotolerant yeast. *Bioreusourse technogy*.
- Maldonado, H. J. y otros, 2012. Estudio de sapogeninas esteroidales de especies peruanas del género dioscorea. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(3), pp. 208-218.
- Mantilla, 2012a. *Uso de los desechos agroindustriales*, Mexico: s.n.
- Mantilla, M., 2012b. *Hidrólisis ácida del bagazo de caña de azucar y paja de trigo con una posterior fermentación alcoholica para obtención de etanol*, Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Marín Pons & Asociados, S.R.L, 2012. *Estudio preliminar para producir etanol de la caña de azúcar en la república dominicana*, Santo Domingo, Rep Dominicana: Marín Pons & Asociados, S.R.L Consultoría Ambiental.
- Medina, 2012a. *Principales problemas a la produccion de etanol*, Mexico: s.n.
- Medina, M. & León, T., 2012b. Evaluación de la etapa de pre hidrólisis del gabazo de caña de azúcar para la obtención de etanol en planta piloto. *Instituto*

Cubano de Investigación sobre los derivados de la caña de azúcar, Volumen 46, p. 30.

- Merino, S. & Cherry, J., 2007. Progress and Challenges in Enzyme Development for Biomass Utilization. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, Volumen 180, p. 95-120.
- Michelena-Álvarez, 20012. derivados de la caña de azucar. *ICIDCA.*, pp. 11-12.
- Miliariun, 2006. *Etapas en el proceso de obtencion de bioetanol*. Medellin: Facultad de minas.
- Miller, R. G., 1966. *Simultaneous Statistical Inference*, New York: McGraw-Hill.
- Millet, M., Baker, A., Scatter & Oliva, J., 1976-2003. *Efectos de los producctore de degradacion originados en la explosion de biomasa de chopos*. Madrid: s.n.
- Montejo, L. D., 2002. *manual de produccion de caña de azucar*, Honduras: Segundo.
- Optronic, A., 2013. *Medicion Brix En La Industria De Bebidas Y Zumos*. Colombia : s.n.
- Patel, J. N. P. y. R. S., 2001. *Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study.*, s.l.: Curr. Sci. 81(9).
- Paz, I. & Cardona, C., 2011. Influencias de las regiones de estabilidad de biorreactor en la producción eficiente de alcohol carburante. *Revista Colombiana de Biotecnología*, Volumen 13, p. 24.
- Peck, D., 2001. *Extraccion De La Caña De Azucar*, Honduras: primer.
- Pimentel, F., 1985. *Curso de estatística experimental*. São Paulo, Brasil: Livraria Nobel S.A..
- Rinaldi, R., Palkovits, R. & Schüth, F., 2008. Depolymerization of Cellulose Using Solid Catalysts in Ionic Liquids. *Angew. Chem. Int*, Volumen 47, pp. 8047-8050.
- Rodriguez, O. & Hanseen, H., 2007. Obtencion de dextrano y fructuosa utilizando residuos agroindustriales. *EIA*, pp. 7-14.
- Ruíz-Ramírez, J., 2010. *Eficiencia relativa y calidad de los experimentos de fertilización en el cultivo de caña de azúcar*, s.l.: Terra Latinoamericana 28.
- Sanchez, A., A, Muñoz, J. & Rivera, C., 2010. Produccion de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulosico. *Revista Tumbaga*, pp. 61-90.

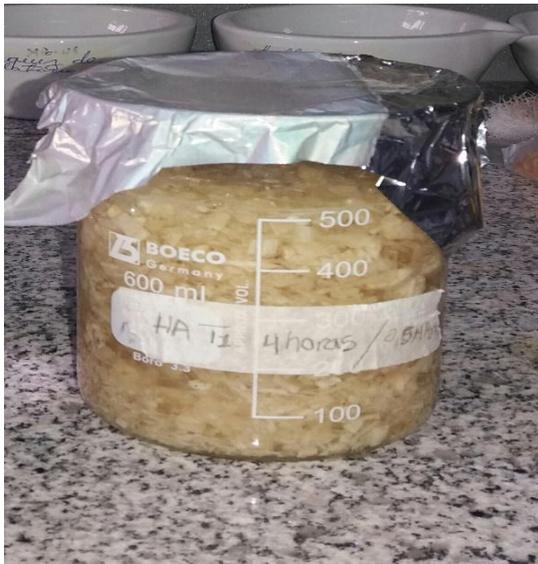
- Sanhusen, L., 2001. estandarizados de interrogacion. *Investigacion* .
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013-2018. *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito: s.n.
- Silveira, P., Da Silva, J. A. & Zonta., E., 1986. *Estatística geral. Estatística Experimental*. Brasil: Universidade Federal de Pelotas.
- Simbaña, R. & López, M., 2010. *La Caña de Azúcar Estudio Agroindustrial en el Ecuador*, s.l.: Ministerio de Industrias y Productividad de la República del Ecuador.
- Suárez, C., Garrido, N. & Guevara, C., 2016. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), pp. 20-28.
- SUN, Y. & Cheng, J., 2002. Hidrolisis de material lignocelulósico para la producción de bioetanol. *Bioresourse technology*, p. <http://stl.bee.oregonstate.edu/courses/ethanol/restricted/SunCheng2002.pdf>.
- Taiz, L. & Zeiger, E., 2006. *Fisiología vegetal*, Universidad de Jaume: 1.
- Talebnia, F., Karakashev, D. & Angelidaki, I., 2010. Production of bioethanol from wheat straw: An overview on pretreatment, hydrolysis and fermentation. *Bioresourse Technology*, Volumen 101, p. 4744-4753.
- Tomás, E., Oliva, J., Ballesteros, M. & Olsson, L., 2008. Comparison of SHF ad SSF processes from steam-exploded wheat straw for ethanol production by xylose-fermenting *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Biotechnol. Bioeng*, Volumen 100, pp. 1122-1131.
- Tomás, M., 2009. *Bioetanol de paja de trigo*, Madrid: 3.
- Trigoso, J., 2009. Biomoléculas Orgánicas. *Tumbaga*, pp. 6-10.
- Vásquez, E. y. A. C., 2011. *Inconsistencia de coeficiente de variación para expresar la variabilidad de un experimento en un modelo de análisis de varianza*, s.l.: Cultivos Tropicales 32(3)..
- Vázquez, H. J. & Dacosta, O., 2004. Fermentación alcohólica: una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *INGENIERÍA investigación y tecnología*, 8(4), pp. 249-259.
- Viñals, M; Maciel, I; Batista, J; Nápoles, A. 2010. Métodos de purificación de hidrolizados de bagazo de caña de azúcar para la obtención de xilitol. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Vol. 5. p. 129
- Ward, O., 1991. *Biotecnología de las fermentaciones*.. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

ANEXOS

ANEXO 1

CRONOLOGÍA FOTOGRÁFICA





ANEXO 2

APÉNDICE DE DATOS

TRATAMIENTO	ACIDO	TIEMPO	C.A(%)		
			Replica 1	Replica 2	Replica 3
1	1	1	0,4	0,3	0,3
2	1	2	0,5	0,6	0,7
3	1	3	0,8	0,7	0,7
4	2	1	0,5	0,5	0,6
5	2	2	0,6	0,5	0,7
6	2	3	0,3	0,5	0,3
7	3	1	0,6	0,5	0,6
8	3	2	0,6	0,4	0,5
9	3	3	0,5	0,5	0,4