



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

Cuantificación del residuo del raquis y excedente orgánico del banano (*Musa paradisiaca*) de distintas zonas del País comercializado en la provincia Imbabura para la obtención de bioetanol

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODESARROLLO

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Sostenible y Aprovechamiento de los Recursos

AUTOR: Joel Alejandro Erazo Chuquitarco

ASESOR: Dr. Rubén del Toro Déniz

IBARRA, OCTUBRE 2021



CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

Ibarra, 20 de octubre de 2021

Dr. Rubén del Toro Déniz.

ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f):

Dr. Rubén del Toro Déniz

C.C.: 175754447-1



PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f):

Dr. Rubén del Toro Déniz

C.C.: 175754447-1

(f):

MSc Moraima Mera

C.C.: 1001743721

(f):

Mgs. Edmundo Recalde Posso

CC 1001774494



ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Joel Alejandro Erazo Chuquitarco, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 20 de octubre de 2021

(f):

Joel Alejandro Erazo Chuquitarco

C.C.: 1003829965



AUTORÍA

Yo, Joel Alejandro Erazo Chuquitarco, portador de la cédula de ciudadanía N° 100382996-5, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del (los) autor (es), y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Joel Erazo', is written over a light-colored rectangular background.

(f):

Joel Alejandro Erazo Chuquitarco

C.C.: 100382996-5



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo: Joel Alejandro Erazo Chuquitarco, con CC: 100382996-5, autor del trabajo de grado intitulado: Cuantificación del residuo del raquis y excedente orgánico del banano (*Musa paradisiaca*) de distintas zonas del País comercializado en la provincia Imbabura para la obtención de bioetanol, previo a la obtención del título profesional de “Ingeniero Ambiental”, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA)

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 20 de octubre de 2021

(f):

Joel Alejandro Erazo Chuquitarco

C.C. 100382996-5



DECLARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ÉTICO DE LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE TITULACIÓN

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación del Proyecto de Titulación: Cuantificación del residuo del raquis y excedente orgánico del banano (*Musa paradisiaca*) de distintas zonas del País comercializado en la provincia Imbabura, lo propuesto en el Código de ética de la Investigación y el Aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha de 20 de octubre de 2021.

Para constancia firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Joel Alejandro Erazo Chuquitarco', is shown on a light-colored background.

(f):

Joel Alejandro Erazo Chuquitarco

C.C. 100382996-5

Carrera: Ingeniería Ambiental y Eco desarrollo



DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis está dedicado en especial a Dios por todas las bendiciones derramadas a lo largo de mi vida y la fortaleza para culminar mi formación profesional

A mis padres Sandro Patricio Erazo A. y Rita Alexandra Chuquitarco T., por su apoyo incondicional, sus esfuerzos y consejos en las diferentes etapas de este proceso universitario han sido útiles para forjarme como un gran profesional.

A mis hermanas Dayra Estefanía Erazo Ch. y Génesis Camila Erazo Ch. mis compañeras de vida, y quienes estuvieron ahí en mi crecimiento profesional.

A mi Abuelita Álica Albertina Través y a mi Tía Mirian Yanet Chuquitarco T. que con su carisma y bondad me ha animado para seguir adelante.

A mi novia Mayerly Lyzeth Guerra P. gracias por tu cariño por ser mi inspiración, mi fuente de motivación para superar cada día y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

JOEL ALEJANDRO ERAZO CH



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, extiendo un agradecimiento a Dios, sabiendo que él tiene el control de todas las cosas, a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria.

También me gustaría agradecer a mis docentes que han impartido sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional, en especial a mi asesor Dr. Rubén del Toro Déniz quien con su experiencia ha logrado que pueda terminar mi proyecto de grado. Y a cada una de las personas que han estado conmigo durante el transcurso de esta etapa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS	2
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	3
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	4
AUTORÍA.....	5
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN.....	6
DECLARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ÉTICO DE LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE TITULACIÓN	7
DEDICATORIA	8
AGRADECIMIENTOS	9
RESUMEN.....	20
ABSTRACT.....	21
CAPITULO I.....	22
INTRODUCCIÓN	22
CAPITULO II	26
OBJETIVOS	26
Objetivo General:	26
Objetivos Específicos:	26
CAPITULO III.....	27
ESTADO DEL ARTE.....	27
3.1.Fuentes de energía.....	27
3.1.1. Combustibles fósiles	27
3.1.2. Biocombustibles.....	27
3.2.Ecuador como productor de banano.....	28
3.2.1. Áreas bananeras del Ecuador	28
3.2.1.1. Producción de banano (<i>Musa paradisiaca</i>) en Imbabura	29

3.2.2.	Principal centro de distribución de productos en Imbabura.....	29
3.3.	Planta de banano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	30
3.3.1.	Taxonomía del banano (<i>Musa paradisiaca</i>)	30
3.3.2.	Morfología del banano (<i>Musa paradisiaca</i>)	31
3.4.	Cuantificación de residuos.....	32
3.4.1.	Residuos agrícolas.....	32
3.4.2.	Biomasa.....	33
3.4.3.	Tipos de biomasa por su fuente de origen	33
3.4.4.	La planta de banano (<i>Musa paradisiaca</i>) como fuente de biomasa.....	34
3.5.	Composición química de los residuos del cultivo de banano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	35
3.5.1.	Componentes de los residuos lignocelulósicos del banano	36
3.5.2.	Celulosa.....	37
3.5.3.	Estructura de la celulosa.	38
3.5.4.	Hemicelulosa.....	38
3.5.5.	Estructura de la hemicelulosa.	39
3.5.6.	Lignina.	39
3.5.7.	Estructura de la lignina.	40
3.5.8.	Constituyentes minoritarios.	41
3.5.9.	Otras sustancias.....	41
3.6.	Hidrolisis.....	41
3.6.1.	Hidrolisis alcalina de los residuos biomásicos.....	41
3.6.2.	Factores que afectan la hidrolisis alcalina.....	42
3.7.	Enzimas.....	43
3.7.1.	Características de las enzimas como catalizadores.....	44
3.7.2.	Enzimas celulasas.	44
3.7.3.	Actividad enzimática.....	45

3.7.4.	Unión de la enzima con el sustrato.	46
3.7.5.	Hidrolisis enzimática de residuos celulósicos.	47
3.7.6.	Efecto de pH en la actividad de las enzimas.	47
3.8.	Fermentación.	48
3.8.1.	Productos finales de la fermentación.	48
3.8.2.	Selección de un agente fermentador.	49
3.8.2.1.	<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	49
3.8.3.	Proceso de fermentación.	49
3.8.4.	Factores que influyen en el proceso de fermentación.	50
3.8.4.1.	Grados Brix.	50
3.8.4.2.	pH.	50
3.8.4.3.	Temperatura.	50
3.8.5.	Productos obtenidos por fermentación.	51
3.9.	Producción de bio etanol.	51
CAPITULO IV.		53
MATERIALES Y MÉTODOS.		53
4.1.	Materiales equipos e insumos.	53
4.1.1.	Equipos.	53
4.2.	Metodología.	56
4.2.1.	Fase de campo.	56
4.2.1.1.	Localización del área de estudio.	56
4.2.1.2.	Carácter y diseño de la investigación.	57
4.2.2.	Instrumentos y técnicas de recolección de datos.	57
4.2.2.1.	Acceso a la información primaria.	57
4.2.2.2.	Muestra.	58
4.2.3.	Diseño del muestreo sobre el manejo de los residuos orgánicos.	59

4.2.4.	Diseño de la entrevista	59
4.2.5.	Entrevista	60
4.2.6.	Resultados de la encuesta.....	60
4.2.7.	Determinación de la generación de los residuos orgánicos	61
4.2.8.	Análisis estadístico empleado	61
4.3.	Fase de Experimentación	61
4.3.1.	Diagrama de flujo de la metodología utilizada en la experimentación	61
4.3.2.	Selección de la muestra.....	62
4.3.3.	Muestreo.....	62
4.3.4.	Pretratamiento de la muestra – eliminación de la humedad.....	63
4.3.5.	Triturado.....	63
4.3.6.	Caracterización química.....	64
4.3.6.1.	Eliminación de extraíbles.....	64
4.3.6.2.	Determinación de lignina	66
4.3.6.3.	Determinación de la Holocelulosa	67
4.3.6.4.	Determinación de la celulosa	68
4.3.6.5.	Determinación de hemicelulosa	69
4.3.7.	Caracterización energética -Determinación del poder calorífico.....	70
4.4.	Tratamiento y preparación de la muestra más óptima	70
4.4.1.	Hidrólisis alcalina	71
4.4.2.	Hidrólisis enzimática.....	71
4.4.3.	Fermentación.....	72
4.4.4.	Destilación	73
4.5.	Metodología de la investigación	73
4.5.1.	Numero de tratamientos.....	74
4.5.2.	Número de repeticiones	74

4.5.3.	Variables independientes	74
4.5.4.	Variables dependientes	74
CAPITULO V.....		75
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		75
5.1.	Caracterización de la muestra y levantamiento de información en campo.....	75
5.1.1.	Origen del producto	75
5.1.2.	Abastecimiento de producto.....	75
5.1.3.	Número de unidades muestrales (UM)	76
5.1.4.	Tipo de residuo.....	77
5.1.5.	Producción del residuo.....	77
5.1.6.	Aplicaciones para el residuo	78
5.2.	Caracterización.....	79
5.2.1.	Caracterización química.....	79
5.2.2.	Poder calorífico	80
5.3.	Experimentación	81
5.3.1.	Evaluación del pH en la actividad enzimática	81
5.3.2.	Evaluación del tiempo de acción de las enzimas	83
5.3.3.	Evaluación de % glucosa a distintas concentraciones de la enzima	84
5.4.	Resultados estadísticos de las pruebas realizadas.	85
5.4.1.	Evaluación del proceso fermentativo.....	88
5.4.2.	Evaluación del porcentaje de alcohol.....	90
5.5.	Socialización	91
CAPITULO VI.....		93
CONCLUSIONES		93
CAPITULO VII		94
RECOMENDACIONES.....		94

CAPITULO VIII.....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
CAPITULO IX.....	102
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de banano (<i>Musa paradisiaca</i>) en Imbabura.	29
Tabla 2: Taxonomía del banano (<i>Musa paradisiaca</i>).	30
Tabla 3: Contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa de los residuos lignocelulósicos del cultivo de banano, en base seca.	35
Tabla 4: Datos para determinar el tamaño de la muestra.	58
Tabla 5: Resultados de la caracterización química	79
Tabla 6: Resultados del poder calorífico.....	80
Tabla 7. Evolución de la enzima en función del tiempo de PH1-C2.....	83
Tabla 8: Datos obtenidos prueba Shapiro-Wilk a través del programa SPSS	85
Tabla 9: Prueba de homogeneidad de varianza.....	85
Tabla 10: ANOVA para Glucosa.....	86
Tabla 11: Prueba Tukey	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Morfología de la planta de banano (<i>Musa paradisiaca</i>).	32
Figura 2: Tipos de biomasa.	34
Figura 3: Estructura de la lignocelulosa. La celulosa, la hemicelulosa y la lignina forman estructuras llamadas micro fibrillas, organizadas en microfibras que regulan la estabilidad de la pared celular de las plantas.	36
Figura 4: Celulosa en los vegetales.	37
Figura 6: Representación de Hawort de las principales hexosas presentes en las hemicelulosas.	39
Figura 7: Estructura de la lignina.	40
Figura 8: Esquema representativo de diferentes procesos de transformación de la lignina.	42
Figura 9: Inhibición enzimática.	43
Figura 10: Mecanismo de hidrólisis enzimática de la celulosa.	45
Figura 11: Formación del complejo enzima-sustrato.	46
Figura 12: Descripción de la influencia del pH en la actividad enzimática.	48
Figura 13: Mapa de ubicación y zonificación de área.	57
Figura 14: Fórmula para calcular la muestra en estudios descriptivos.	58
Figura 15: Mapa de distribución y toma de muestras.	59
Figura 16: Realización de la encuesta sobre el residuo generado.	60
Figura 17: Identificación de la muestra.	62
Figura 18: Preparación y tratamiento de las muestras.	63
Figura 19: Triturado de las muestras.	64
Figura 20: Primera extracción en el equipo SER-143.	65
Figura 21: Muestras sometidas a tratamiento ácido para la obtención de lignina.	67
Figura 22: Muestras aplicando el método de oxidación de lignina para la obtención de Holocelulosa.	68

Figura 23: Muestras tratadas para la determinación de celulosa.	69
Figura 24: Hidrólisis alcalina.	71
Figura 25: Colocación de las muestras en la incubadora para el tratamiento enzimático. .	72
Figura 26: Proceso de fermentación.....	73
Figura 27: Proceso de destilación.	73
Figura 28: Origen del producto.....	75
Figura 29: Abastecimiento del producto según los días	76
Figura 30: Abastecimiento del producto en base a la cantidad de tallos por UM.	76
Figura 31: Tipo de residuo.....	77
Figura 32: Producción diaria de residuo.	78
Figura 33: Producción semanal de residuo.	78
Figura 34: Aplicaciones que representa el residuo	78
Figura 35: Evaluación del medio de acción en la actividad de las enzimas a un pH 5.5....	82
Figura 36: Evaluación del medio de acción en la actividad de las enzimas a un pH 6,5....	83
Figura 37: Evaluación de % de glucosa.	88
Figura 38: Evaluación de la efectividad de la levadura primer ensayo.	89
Figura 39: Alcohol obtenido terminado el proceso destilación.	91
Figura 40: Medición de impactos de la investigación.	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Levantamiento de información.....	102
Anexo 2: Fotografías Experimentación	104
Anexo: 3 Socialización	113
Anexo: 4 Oficios Presentados.....	114
Anexo: 5 Cálculos	115

RESUMEN

El desarrollo de la sociedad sobre la dependencia de los combustibles fósiles, como una fuente no renovable que se va encareciendo con el pasar de los años. Tratándose de un problema de vital importancia, surge así la búsqueda de nuevas fuentes de energía que se orienten a las potencialidades que mantiene el Ecuador en materia de agricultura.

Siendo así como se desarrolla la presente investigación, con el objetivo de valorar, cuantificar y aprovechar un residuo específico del banano (*Musa paradisiaca*), el mismo que resulta de las actividades comerciales realizadas dentro de las instalaciones de la Compañía de Economía Mixta Mercado Mayorista Ibarra, planteando un método evaluativo que se sustenta en la recolección sistemática de datos numéricos a base de encuestas y toma de muestras en campo.

Los datos obtenidos nos brindan un parámetro del tipo de residuo y su origen, con el que se toma la decisión de seleccionar cuatro muestras de residuos biomásicos del banano (M1R-M1EO-M2R-M2EO), correspondientes al raquis y el excedente orgánico de origen endémico de la provincia de Imbabura y el proveniente de otra región. Establecido el número de muestras se desarrolló la fase experimental, la que considera dos partes: la primera consiste en la caracterización química de sus componentes estructurales (Lignina, Celulosa, Hemicelulosa) de los residuos biomásicos de las muestras colectadas en campo, que se basa en normas preestablecidas de experimentación. Asimismo, se realizó la determinación energética, evaluando el poder calorífico de cada muestra.

La segunda parte experimental partió de los resultados obtenidos, en donde se pudo identificar a la muestra (M1R) como la más óptima. La parte experimental se fundamentó en la aplicación de una hidrólisis alcalina, para consecuentemente tomar el sustrato resultante y aplicar una hidrólisis enzimática, de donde se obtuvo una concentración de azúcares para posteriormente aplicar un proceso de fermentación y destilación para la obtención de bio etanol. Para evaluar los ensayos realizados se estableció un análisis estadístico basado en un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial AxB con la realización de un ADEVA y una prueba TUKEY, para la valoración de la concentración más óptima de glucosa a partir de los residuos lignocelulósicos.

Palabras Clave: Residuo, *Musa paradisiaca*, Cuantificación, Caracterización, Hidrolisis, Bioetanol

ABSTRACT

The development of society on the dependence on fossil fuels, as a non-renewable source that becomes more expensive over the years. Being a problem of vital importance, thus arises the search for new energy sources that are oriented to the potentialities that Ecuador maintains in terms of agriculture.

This is how the present investigation is developed, with the objective of assessing, quantifying and taking advantage of a specific banana residue (*Musa paradisiaca*), the same one that results from the commercial activities carried out within the facilities of the Ibarra Wholesale Market Mixed Economy Company. , proposing an evaluative method that is based on the systematic collection of numerical data based on surveys and field sampling. The data obtained provide us with a parameter of the type of residue and its origin, with which the decision is made to select four samples of banana biomass residues (M1R-M1EO-M2R-M2EO), corresponding to the rachis and the organic surplus of origin. endemic to the province of Imbabura and the one from another region. Once the number of samples was established, the experimental phase was developed, which considers two parts: the first consists of the chemical characterization of its structural components (Lignin, Cellulose, Hemicellulose) of the biomass residues of the samples collected in the field, which is based on pre-established rules of experimentation. Likewise, the energy determination was carried out, evaluating the calorific power of each sample.

The second experimental part started from the results obtained, where the sample (M1R) could be identified as the most optimal. The experimental part was based on the application of an alkaline hydrolysis, to consequently take the resulting substrate and apply an enzymatic hydrolysis, from which a concentration of sugars was obtained to subsequently apply a fermentation and distillation process to obtain bio ethanol. To evaluate the tests carried out, a statistical analysis based on a Completely Random Design with AxB factorial arrangement was established with the performance of an ADEVA and a TUKEY test, for the assessment of the most optimal concentration of glucose from lignocellulosic residues.

Keywords: Residue, *Musa paradisiaca*, Quantification, Characterization, Hydrolysis, Bioethanol

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el creciente desarrollo industrial y poblacional han generado los actuales sistemas económicos, sociales y tecnológicos del uso desmedido de los recursos que irrumpe y revierten los fenómenos naturales de sucesión. Si a lo antes mencionado se adiciona el constante crecimiento y generación de residuos sólidos orgánicos, surge el interés de encontrar vías que reduzcan el impacto ambiental (Dahnum et al., 2015).

La alta necesidad mundial de energía que conlleva al agotamiento de las reservas de combustibles fósiles y con ello la preocupación por el cambio climático, es ahí el interés por producir nuevas fuentes de energía. Hoy en día la generación de combustibles alternativos se presenta como una nueva fuente de investigación siendo una alternativa prometedora para la producción de energía limpia (Tomás Pejó, 2010).

Durante las últimas décadas del siglo XXI, hubo un enorme interés en la producción y uso de biocombustibles líquidos (biodiesel o bioetanol) como sustitutos prometedores de los combustibles fósiles. Los biocombustibles fabricados a partir de biomasa vegetal representan recursos energéticos renovables. El uso de esta materia prima reduciría el consumo de combustibles fósiles y, en consecuencia, el impacto negativo sobre el medio ambiente (*GlobalBioenergyStatistics*, 2017).

Muchos países en desarrollo han impulsado la iniciativa de la producción y el uso de biocombustibles a nivel industrial, debido a que los biocombustibles representan solo el 4% del consumo mundial, en el mercado existe ese déficit que no ayuda para ser competitivo con relación a los combustibles fósiles, viendo el panorama de desarrollo se observa el decepcionante reemplazo de los combustibles fósiles por biocombustibles. Esto se debe a las incertidumbres relacionadas con su origen e implementación (*Tracking clean energy progress*, 2017).

En la mayoría de los países desarrollados, los gobiernos estimulan el uso de energías y recursos renovables con los siguientes objetivos principales: (i) asegurar el acceso a la energía, (ii) mitigar los cambios climáticos, (iii) desarrollar / mantener actividades agrícolas y (iv) garantizar la seguridad alimentaria. La energía asequible, el cambio climático y la estabilidad social, como los tres pilares de la sostenibilidad, están directamente relacionados con los grandes objetivos antes mencionados (Pandey et al., 2011).

En inicio Ecuador apostó por la generación de biocombustibles como una iniciativa innovadora que aplicando los recursos y estudios podía aflorar a futuro, representando una opción para el sector industrial. Dentro de esa lógica enmarcada, la política de aquel entonces se plasmó en el decreto ejecutivo 1303 firmado el 17 de septiembre de 2012 emitido por el presidente constitucional de la República Economista Rafael Correa, El ministro coordinador de sectores estratégicos y el ministro coordinador de la producción empleo y competitividad, con este decreto se generaba una propuesta orientada a la industria y producción de energía limpia utilizando como pionero el biodiesel en el país (Rafael Correa Delgado, 2012).

Por otro lado, el territorio ecuatoriano por la diversidad geográfica posee el clima y suelo propicio para el cultivo de 24 variedades diferentes de Plátano (INIAP, 2016). Considerando que Ecuador es un país exportador de banano, en dicho contexto la producción se centraliza principalmente al mercado internacional siendo, Ecuador el país que abastece aproximadamente el 32% del comercio mundial de plátano y banano (Banco Central del Ecuador, 2017). En el último, el Ecuador se ha ido proyectando como uno de los mayores productores de banano hacia los mercados internacionales y dentro de los mercados locales convirtiéndose en una de las mayores actividades agrícolas.

Adicionalmente existe un pequeño grupo que mantiene la producción de banano orgánico que inició hace diez años atrás, en relación a una superficie menor que con el transcurso de los años ha ido creciendo y está liderado por pequeños productores que tienen sustento en los mercados nacionales (INIAP, 2016)

Por ende, el cultivo de banano se considera como una actividad que genera residuos orgánicos o biomasa que no presenta aplicaciones, por tal razón, los restos del cultivo de banano o residuos lignocelulósicos provenientes del raquis y el excedente orgánico corresponden a los principales desechos en etapas de cosecha y comercialización interna.

Uno de los casos más puntuales en este estudio es la provincia de Imbabura en el Cantón Ibarra se ha convertido en una de las tres provincias que más variedad de plátano (*Musa paradisiaca*, *Musa cavendishii* L y *Musa cavandanaish*) distribuye en el norte de Ecuador siendo el centro de desarrollo económico y educativo (GAD San Miguel Ibarra, 2020).

Si se analiza desde el punto de vista de distribución, la ciudad de Ibarra cuenta con tres mercados, de los cuales el principal mercado de la zona es el “Mercado Mayorista”, y los dos consiguientes son el Mercado Amazonas y el Mercado de Santo Domingo. Aunque, el Mercado Mayorista es el lugar donde existe mayor afluencia de personas, debido a que es el principal lugar de distribución y abastecimiento de productos al por mayor y considerando que el número de comerciantes es menor que en el Mercado Amazonas, la cantidad de desechos generados que se producen en el sitio lo supera en creces. Es así que la oferta de productos del Mayorista desemboca en una buena cantidad de producción de basura (GAD San Miguel de Ibarra, 2014).

Tomando en cuenta que el raquis del banano se considera uno de los residuos más comunes producto de la comercialización, corresponde alrededor de 440 kg en masa neta que se desecha mensualmente. A parte de la problemática ambiental, la falta de infraestructura y de conocimiento, no permiten que se manejen adecuadamente estos residuos, hasta el punto que se depositan a cielo abierto y sin ningún control.

En relación a la cantidad de biomasa residual que se genera, los residuos lignocelulósicos son los que pueden aprovecharse como materia prima para elaboración de biocombustibles como el bioetanol, que se constituye como una alternativa para enfrentar los problemas de contaminación ambiental por el uso de combustibles fósiles (Cardona et al., 2015). El

bioetanol se produce a partir de diferentes residuos agrícolas utilizando algunos métodos biotecnológicos como la fermentación con diversos microorganismos (Bušić et al., 2018). El aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos del banano para la elaboración de bioetanol, permite reducir la contaminación provocada por el proceso de putrefacción, que en un medio no adecuado se transforma en un problema ambiental especialmente en mercados, calles y centros de acopio. Esta problemática conlleva a la búsqueda de un proceso experimental que se relacione directamente con el residuo vegetal del banano, en el que intervienen métodos especializados como la aplicación de hidrólisis alcalina, enzimática y su posterior fermentación, con lo cual se genera una nueva tecnología que sustituya ciertos materiales que actualmente se encuentran sobre explotados o de existencia limitada, logrando así un cambio social, económico y tecnológico.

Actualmente, existen varios estudios e investigaciones en donde los residuos orgánicos o biomasa son considerados de vital importancia, debido al fácil acceso y la cantidad relativa que presenta, constituyéndose como una opción sustentable para la producción de bio combustibles como fuentes de energía alternativa.

CAPITULO II

OBJETIVOS

Objetivo General:

Cuantificación del residuo del raquis y excedente orgánico del banano (*Musa paradisiaca*) de distintas zonas del País comercializado en la provincia Imbabura para la obtención de bioetanol.

Objetivos Específicos:

- Cuantificar la cantidad del excedente orgánico y raquis de banano (*Musa paradisiaca*) que se producen en el principal centro de distribución y comercialización de la ciudad de Ibarra.
- Aprovechar las cualidades del raquis del banano mediante la aplicación de hidrólisis alcalina, enzimática y fermentación.
- Aplicar el método de destilación fraccionada para obtener bio etanol correlacionando la cuantificación y la obtención del bio etanol a diseños de nuevas fuentes de energía.
- Difundir los resultados obtenidos en esta investigación sobre el bio etanol a grupos interesados.

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (Ha)

- H1= La cantidad de residuos lignocelulósicos con ayuda de un agente catalizador producen azúcares para la obtención de Bioetanol.

Hipótesis nula (Ho)

- H0= La cantidad de residuos lignocelulósicos con ayuda de un agente catalizador no producen azúcares para la obtención de Bioetanol.

CAPITULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. Fuentes de energía

En la actualidad la base del desarrollo energético se basa en diferentes formas de producir energía, que se fundamenta en la producción de combustibles de diferente índole cuyo uso principal está orientado a la movilidad, las labores domésticas y las actividades agrícolas. Como las principales formas de combustibles podemos encontrar: combustibles fósiles y biocombustibles.

3.1.1. Combustibles fósiles

Los recursos no renovables como los combustibles fósiles, históricamente han sido empleados como la principal fuente de energía en diferentes industrias, relacionándose de manera directa con el sector doméstico y comercial. Con el pasar de los años surgen nuevas tecnologías que hacen de la explotación del petróleo un modelo de desarrollo industrial económico fuerte y con ello favorece a diversos países, más su uso conlleva una problemática ambiental, ya que generan muchos gases contaminantes (Prasad et al., 2010).

3.1.2. Biocombustibles

Los biocombustibles son los llamados a convertirse en una fuente de energía alternativa renovable, que se adapta y presenta resiliencia con diversas aplicaciones que permiten la reducción del uso de combustibles fósiles (Nueva Visión & PRO SOL, 2010).

Se denominan Biocombustibles a aquellos que en su proceso de combustión libera una cantidad de carbono en forma de dióxido de carbono (CO₂) igual a la cantidad fijada durante el proceso fotosintético de ciertos cultivos relacionados a la materia prima de obtención, a éste también se le denomina carbono neutral (García, 2010).

García (2010), hace mención a que los biocombustibles surgen a partir de las actividades agrícolas en el que se sustenta la producción de residuos orgánicos, mismos que se consideran como cantidad de biomasa agrícola que es utilizada en procesos de transformación.

La producción de biocombustibles en la última década a nivel mundial, va tomando un crecimiento exponencial considerándolo como una nueva fuente de energía renovable que apunta a establecerse como una fuente que reduce los impactos ambientales que se han generado en los últimos años (Renewable Fuels Association, 2014).

3.2. Ecuador como productor de banano.

Ecuador es uno de los competidores de la oferta mundial en exportación de banano (*Musa paradisiaca*), esta fruta constituye el 10% de las exportaciones totales y el segundo rubro de mayor exportación del país. Tomando en cuenta que la economía del país durante la última década se ha ido transformando en base al desarrollo de las exportaciones de productos tanto como de materias primas. Por tal motivo es de vital importancia analizar el comportamiento y la correlación que tiene el producto de las exportaciones del banano (*Musa paradisiaca*) ecuatoriano a su principal socio comercial Estados Unidos (Bustamante, 2016).

Ecuador posee una variedad de pisos climáticos, lo que constituye un factor que influye de manera positiva para el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) y otras frutas exóticas, lo cual es valorado por muchos mercados internacionales por la calidad de sus productos, lo que permite mantener un volumen de exportación y producción constante durante todo el año.

3.2.1. Áreas bananeras del Ecuador

Las condiciones favorables de Ecuador en la distribución de su clima y ecología, ha sido un factor que favorece a pequeños, medianos y grandes productores que ejecutan la producción, de bananos y plátanos, mismo que son fuente la demanda nacional y mundial

los 365 días del año. En nuestro país el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*) se halla distribuido en todo el litoral ecuatoriano (Universidad de Cuenca, 2015).

3.2.1.1. Producción de banano (*Musa paradisiaca*) en Imbabura

Según GAD San Miguel de Ibarra (2014), en el Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) se recopila información donde se muestra entre otros el área de producción agrícola en la provincia de Imbabura, en donde dicha actividad representa el 35,66% que corresponde a 21 209 ha, superficie que es utilizada en la producción de los principales cultivos agrícolas. Por su parte para el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) se destinan un total de 1 754 ha., por lo que se puede afirmar que el consumo de banano forma parte de la alimentación diaria de los habitantes del cantón. Por otra parte, en la tabla 1 se muestra la superficie de cultivo en base a su producción y ventas.

Tabla 1: *Producción de banano (Musa paradisiaca) en Imbabura.*

Categorías	Principales Cultivos	Tipo de Cultivo	Imbabura total /ha por cultivo	Ibarra total/ha por cultivo	Producción Imbabura /ton	Venta s/ ton	Producción Cantón Ibarra/ton	Venta s/ton
FRUTALES	Banano	Polo	1 754	872	3 774	2 395	1 876,24	1190,67

GAD San Miguel de Ibarra, 2014

3.2.2. Principal centro de distribución de productos en Imbabura

El cantón Ibarra, maneja instalaciones destinadas para el uso exclusivo y funcionamiento de ferias y comercialización de productos de distinta índole, donde existe una gran concurrencia de personas que los adquieren para cubrir sus necesidades (GAD San Miguel de Ibarra, 2014). Tomando como principal lugar de distribución al Mercado Mayorista de Ibarra “COMERCIBARRA” en el norte del país, el mismo que abastece de varios productos para el consumidor en distintas provincias, principalmente al Carchi, Imbabura y Esmeraldas (GAD San Miguel Ibarra, 2020).

3.3. Planta de banano (*Musa paradisiaca*)

El banano (*Musa paradisiaca*) es una planta herbácea perenne gigante, con rizoma corto y un tallo aparente, que resulta de la unión de las bases foliares que circunvalan el tallo formando el pseudotallo central de forma cónica, que da apoyo y sostén a la planta, además cumple la función de reservorio de almidón y agua, mantienen yemas laterales y sus hojas tienen una distribución helicoidal (Ruiz, 2012).

Mientras la planta se encuentra en su fase de desarrollo fisiológico, mantiene la inflorescencia en el punto de crecimiento, en el cual se convierte en la yema flora. Conforme se va desarrollando la inflorescencia se va convirtiendo en raquis externo que se torna de color verde y cambia la trayectoria apuntando hacia el suelo, una vez transcurrido el lapso de tiempo, el raquis desarrolla el fruto a partir de la inflorescencia (M. Montaña, 2015).

El fruto es considerado nutricionalmente rico en potasio y mantiene una forma oblonga alargada y algo curvo manteniendo un color amarillo, cuando el fruto es maduro, su pulpa es de color blanco con un sabor dulce intenso y un olor que le caracteriza

3.3.1. Taxonomía del banano (*Musa paradisiaca*)

Tabla 2: *Taxonomía del banano (Musa paradisiaca)*.

TAXONOMÍA	NOMBRE
-----------	--------

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Zingiberales</i>
Familia	<i>Musáceae</i>
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>Paradisiaca</i>
Nombre	<i>Musa paradisiaca L.</i>

M. Montaña, 2015

3.3.2. Morfología del banano (*Musa paradisiaca*)

La planta de banano (*Musa paradisiaca*) está conformada por raíz, pseudotallo, raquis, hojas, racimo, e inflorescencia como se describe en la Figura 1.

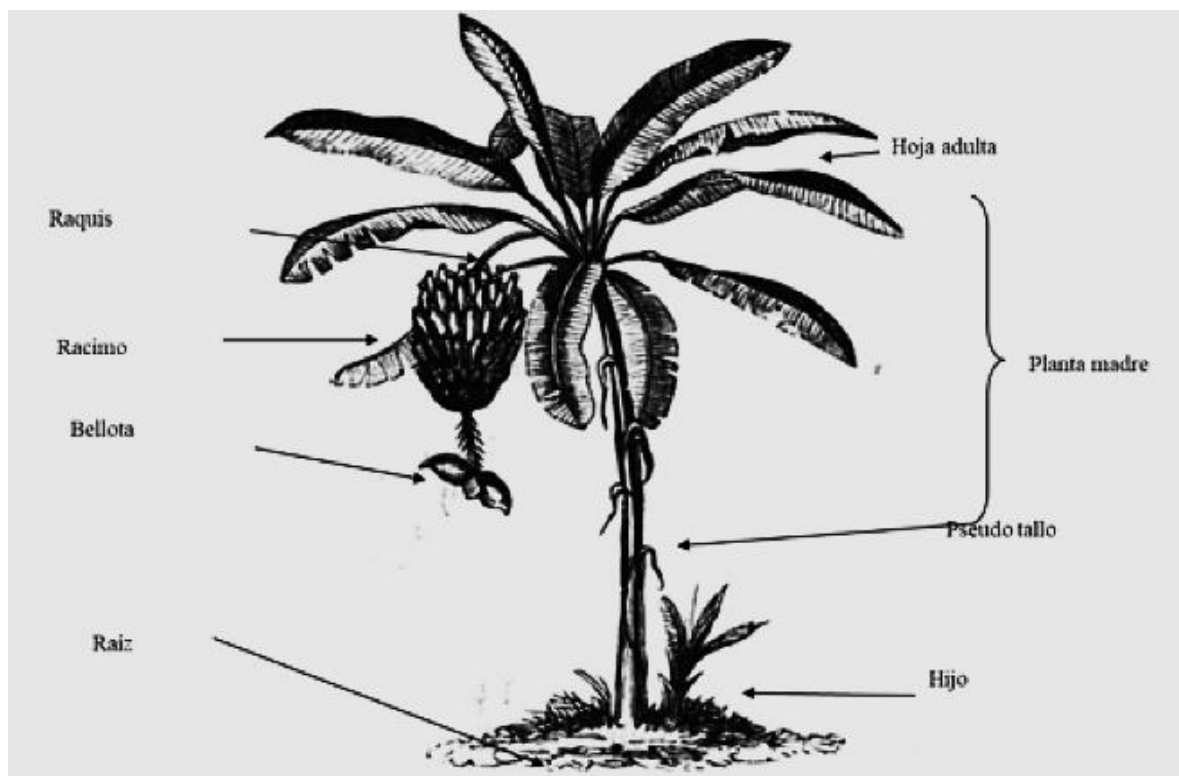


Figura 1: Morfología de la planta de banano (Musa paradisiaca). (Montaño, 2015)

La planta mantiene por lo general de siete a nueve hojas voluminosas y bien desarrolladas, que emergen del pseudotallo central, con una forma alargada, con nervaduras abundantes distribuidas paralelamente y con un nervio central considerada como el órgano fotosintético. Durante su desarrollo mucho antes de que visualice la inflorescencia, parte de las hojas viejas van muriendo sucesivamente. Parte de los peciolo se secan y se doblan y la hoja encogida cuelga hacia abajo ocultando a menudo el pseudotallo (Agrocalidad, 2016).

El verdadero tallo está bien establecido en el suelo por un rizoma central, con una base, numerosas raíces, cortas y de forma cilíndrica en la cual se desarrollan varias yemas, de las cuales yacen hijuelos, estas se desarrollan subterráneamente una vez que la planta ha florecido y fructificado. Una vez que el pseudotallo ha producido el racimo con su fruto, deja de tener importancia una vez que cumple su función hasta obtener el fruto, por lo que generalmente se corta y trocea para agregarlo como abono al terreno. Es ahí donde los hijuelos se desarrollan para constituir nuevas plantas que serán reemplazadas a las que han producido sus frutos (Ruiz, 2012).

3.4. Cuantificación de residuos

Se describe como un modelo en el que por una serie de métodos permite estimar la cantidad de residuos que son producidos en localidades ya sean urbanas y rurales, como un modelo necesario para realizar estimaciones y diseñar obras de ingeniería en cuanto a los diseños de rellenos y plantas de recuperación (Castillo & Medina, 2014).

3.4.1. Residuos agrícolas

Los residuos agrícolas provenientes en gran medida de distintos procesos, tanto de producción agrícola, como alimenticios, generan un alto valor económico. Lo que mantiene la escala en las industrias es la tasa media de exportación mensual, que en el

Ecuador alcanzó las 445,914 toneladas producidas (Ministerio de Comercio exterior, 2017).

3.4.2. Biomasa

En términos generales, la biomasa es considerada una fuente de energía que se fundamenta en un recurso orgánico como materia prima, que como resultado puede convertirse en energía. Con los antecedentes planteados, en relación al recurso su concepto es muy exorbitante, debido a las aplicaciones que son muy extensas en materia orgánica de origen biológico, como un claro ejemplo son como desechos agrícolas, forestales, animales y residuos sólidos urbanos (Fernández et al., 2015).

En el estudio de Zhang et al. (2014) se toma la biomasa como una fuente de energía renovable que hace sustento en el aprovechamiento energético de los biocombustibles que obtiene a partir de materias lignocelulósicas.

Se estima por sus variadas características de aplicación y su recuperación, la biomasa está destinada a convertirse en un recurso más grande para producir energía de manera global, terminando incluso por desplazar a los combustibles fósiles (Mao et al., 2015).

3.4.3. Tipos de biomasa por su fuente de origen

En el estudio de Arrieta (2016), hace mención de las fuentes de donde se origina la materia prima, la cual será utilizada para la obtención de biocombustibles y su clasificación se describe en la figura 2.

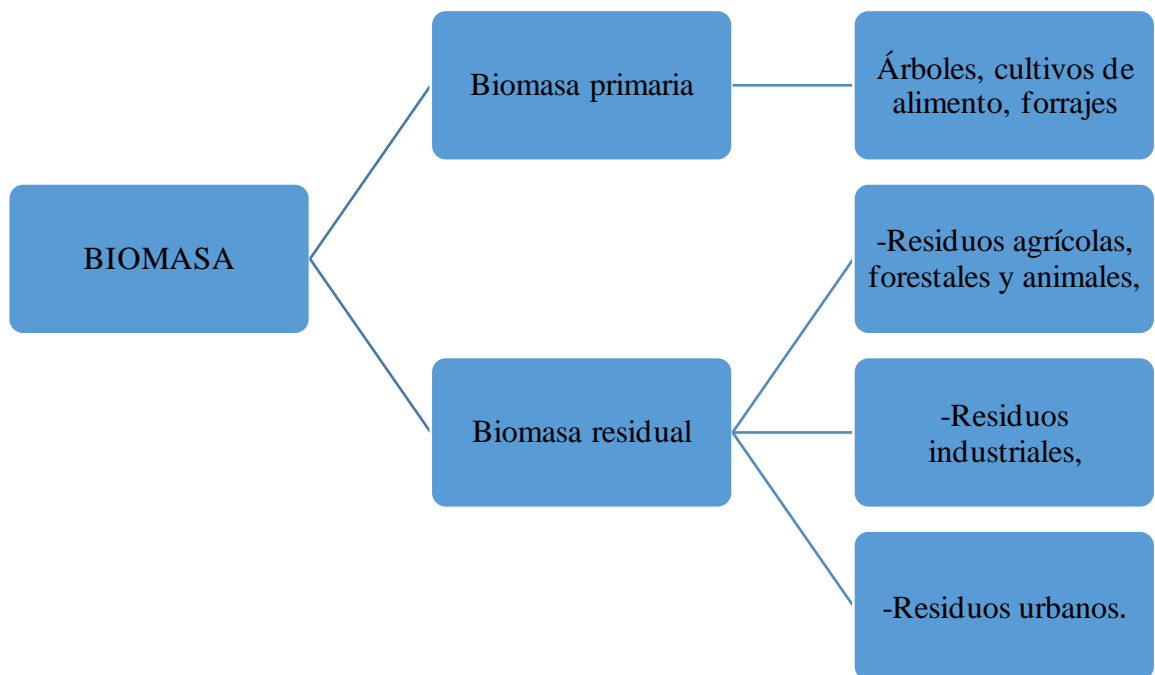


Figura 2: Tipos de biomasa. (Arrieta, 2016)

3.4.4. La planta de banano (*Musa paradisiaca*) como fuente de biomasa.

Los componentes que se obtienen producto de procesos como la siembra, cosecha y comercialización del banano, generan grandes cantidades de residuos, que son destinados principalmente para compostaje, sin embargo, en su mayoría simplemente son eliminados como un residuo sin un aprovechamiento.

Mientras tanto se generan residuos orgánicos como el raquis de bananos no exportados, pseudotallo y hojas, producto de procesos de cosecha y post cosecha, para aumentar la materia orgánica y la actividad biológica en el suelo, demostrando que el principal uso que se obtiene de estos constituyentes está orientados principalmente a la producción de biomasa como abono, aplicando técnicas tradicionales en las que se adiciona una porción de biomasa directamente al suelo, permitiendo un aumento considerable en los nutrientes de éste, generando así un ahorro en fertilizantes y la disminución del impacto generado por un inapropiado manejo (CIDET, 2008). Distintos excedentes, resultado de actividades productivas de cosecha como hojas y pseudotallo de banano (*Musa paradisiaca*) son

considerados como fuentes de alimento que sustituyen al forraje rico en proteínas, siendo una alternativa en muchos países tropicales, sobre todo en la época seca.

El Ecuador como un país que mantiene su fortaleza en el banano (*Musa paradisiaca*) y su sustento en las exportaciones, posee alrededor de 180 mil hectáreas de plantaciones de banano (*Musa paradisiaca*), lo que nos permite analizar el panorama de la producción de biomasa, que no obtiene un valor agregado post cosecha, tomado un estimado que cada año se produce alrededor de 351 031 ton. de residuos libres provenientes de plantaciones de banano (*Musa paradisiaca*) (Carchi, 2014).

Debido a la abundancia de dichos residuos se ve la necesidad de buscar tecnologías que se sustentan en la utilización de residuos del cultivo del banano (*Musa paradisiaca*), un ejemplo puntual son las experiencias realizadas con microorganismos en la producción de pre-humus y fermentación de residuos. También existen productos manufacturados artesanales de los excedentes orgánicos bien es un ejemplo el papel del raquis del banano (*Musa paradisiaca*) (Carchi, 2014).

3.5. Composición química de los residuos del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*)

Según el estudio de Predes y Álvarez (2010) el análisis proximal de los residuos del cultivo de banano en base seca son los siguientes:

Tabla 3: *Contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa de los residuos lignocelulósicos del cultivo de banano, en base seca.*

Residuo de banana	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)
Hojas	8,5	36,3	27,39
Pseudotallo	5,2	35,3	24,9
Raquis	9,85	30,6	15,7

Predes & Álvarez, 2010

3.5.1. Componentes de los residuos lignocelulósicos del banano

Los componentes constituyentes que se encuentran en su mayoría en los residuos lignocelulósicos del banano, se interrelacionan entre sí como se muestra en la figura 3, la celulosa se presenta en forma de alargadas fibras entrelazadas por la hemicelulosa, formando una especie de red en torno a las dos. “La lignina se halla situada entre las cuerdas formadas por la unión de celulosa y hemicelulosa” (Álvarez, 2013).

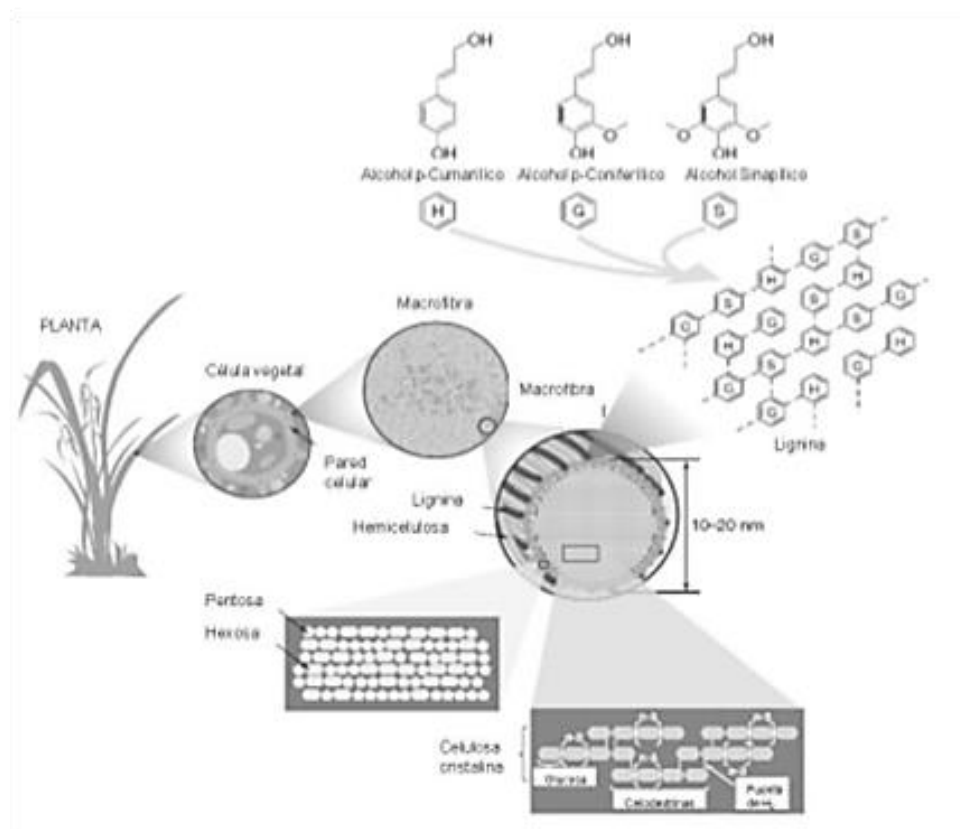


Figura 3: Estructura de la lignocelulosa. La celulosa, la hemicelulosa y la lignina forman estructuras llamadas micro fibrillas, organizadas en microfibras que regulan la estabilidad de la pared celular de las plantas. (Rubín, 2008)

Esta estructura se presenta como respuesta a una necesidad de los vegetales, en donde la pared celular permite crear y sostener la estructura aérea de las plantas, las mismas que asimilan radiación solar. Tomando en cuenta el esquema, existen tejidos con células lignificadas que brindan la planta tallos, de mayor esbeltez y mayor resistencia mecánica, además de mejorar su regulación hídrica y su resistencia ante los patógenos. “En un porcentaje mayoritario existen vegetales que están constituidos por polisacáridos o más

bien llamados Holoceulosas, que son polímeros lineales de elevado peso molecular y mantiene un alto grado de polimerización de las hemicelulosas que resultan fácilmente extraíbles a los álcalis” (Casillas, 2010).

“La celulosa, hemicelulosa y lignina, constituyen más del 75 % del material vegetal, y están constituidos por polímeros orgánicos de alto peso molecular que varía los porcentajes de acuerdo a la edad y la etapa de crecimiento de la planta” (Palacios, 2007).

3.5.2. Celulosa.

La celulosa es un polisacárido de alto peso molecular, y es el principal componente de la membrana celular poli disperso y distribuido de manera lineal, con una estructura fibrosa de color blanco, muy estable y resistente al ataque químico, también a la tracción mecánica y que se encuentra en la gran mayoría de las plantas y es considerado el polímero mayoritario del planeta (García, 2013).

Observada desde un microscopio la celulosa es una fibra vegetal muy vistosa similar a un cabello humano, su longitud y espesor varía según el tipo de estructura de la planta. Constituye una fuente de glucosa prácticamente inagotable que se renueva de forma continua mediante la fotosíntesis.



Figura 4: Celulosa en los vegetales. (Estrada, 2014)

3.5.3. Estructura de la celulosa.

La celulosa es un polímero de cadena lineal, constituido por unidades anhidro glucosa (β -D-glucosa), entrelazadas en cadenas de glucano. Las unidades anhidro glucosa, están conformadas a través de enlaces β -(1,4)-glucosídicos siendo un material insoluble en agua. Por presentar enlaces asimétricos se puede considerar a la celulosa como un poli acetal de la dímera celobiosa (4-O- β -D-glucopiranosil- β -D-glucopiranosil) (Figura 5), que no existe de forma natural, solo puede obtenerse por hidrólisis parcial de la celulosa (Casillas, 2010).

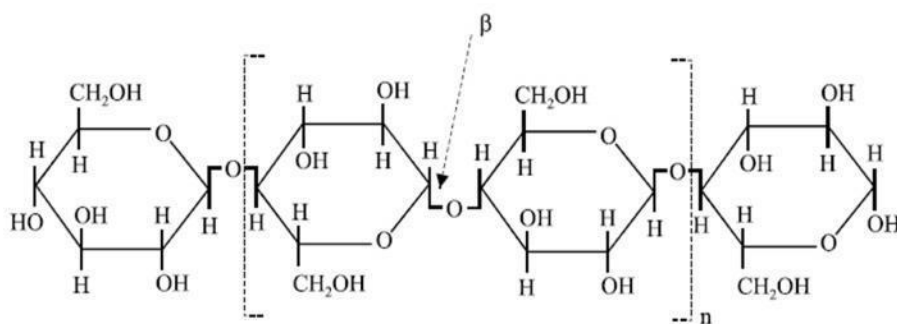


Figura 5: Estructura primaria de la celulosa. (Casillas, 2010).

La conformación más estable piranósica en la celobiosa, es la bien conocida por la forma de silla, donde los grupos $-\text{CH}_2\text{OH}$, $-\text{OH}$ y los enlaces glucosídicos se encuentran alineados y los hidrógenos en posición transversal axial. De este hecho es en donde los grupos $-\text{OH}$ se dispersan de manera lateral lo que permite a la celulosa formar uniones intermoleculares e intramoleculares, por los puentes de hidrogeno, mismos que son responsables de la alta cohesión molecular en la celulosa (Casillas, 2010).

3.5.4. Hemicelulosa.

Las hemicelulosas son polímeros constituidos por monosacáridos en los que se destacan D-manosa, D-glucosa, D-galactosa, y ácido D-galacturónico, además de dos pentosas D-xilosa y L-arabinosa, que aparecen en las paredes celulares como amorfa. Las hemicelulosas en su mayoría se presentan como heteropolisacáridos, poseen una especie de columna vertebral formada por una cadena plana de azúcares, unidos casi siempre por

enlaces β -1,4. Aunque las unidades con la cual se constituyen, la estructura y el contenido total de la hemicelulosa tiende a variar entre los tipos de especies, que influyen incluso según el tejido anatómico y fisiológico del organismo vegetal (Gutiérrez & del Rio, 2010)

3.5.5. Estructura de la hemicelulosa.

Las hemicelulosas son polímeros constituidos por monosacáridos en los que se destacan D-manosa, D-glucosa, D-galactosa, y ácido D-galacturónico, además de dos pentosas D-xilosa y L-arabinosa, que aparecen en las paredes celulares como amorfa. Las hemicelulosas en su mayoría se presentan como heteropolisacáridos, poseen una especie de columna vertebral formada por una cadena plana de azúcares, unidos casi siempre por enlaces β -1,4. Aunque las unidades con la cual se constituyen, la estructura y el contenido total de la hemicelulosa tiende a variar entre los tipos de especies, que influyen incluso según el tejido anatómico y fisiológico del organismo vegetal (Gutiérrez & del Rio, 2010)

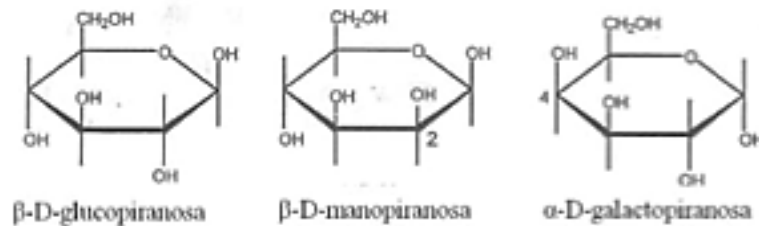


Figura 6: Representación de Hawort de las principales hexosas presentes en las hemicelulosas. (Gutiérrez & del Rio, 2010)

3.5.6. Lignina.

La lignina detrás de la celulosa y hemicelulosa, es el tercer biopolímero más abundante en la Tierra, se encuentra principalmente en la lámina media de la pared celular y en las capas de la pared celular, es un polímero aromático amorfo ramificado, con funciones de soporte estructural, rigidez, impermeabilidad y protección a los polisacáridos estructurales (celulosa y hemicelulosa) y es altamente resistente a la degradación química y biológica (Gutiérrez & del Rio, 2010).

3.5.7. Estructura de la lignina.

Conformada de monómeros que forman la lignina, son los denominados alcoholes cinamílicos, que se diferencian por presentar el anillo aromático denominados monolignoles. Así, el alcohol p-cumarílico que da lugar a las unidades p-hidroxifenilo (unidades H) no presenta ningún sustituyente; el alcohol coniferílico, que da lugar a las unidades guayacilo, que son los precursores en la biosíntesis de lignina y se diferencian en la sustitución con un grupo metoxilo (-OMe) en las posiciones 3 y 5 (Gutiérrez & del Rio, 2010).

Debido a su estructura la lignina es altamente resistente a la degradación, por las experiencias obtenidas a partir de otros trabajos, se tiene conocimiento que los únicos organismos capaces de mineralizarla eficientemente, llevándola a CO₂ y H₂O como productos finales son los hongos causantes de pudrición blanca.

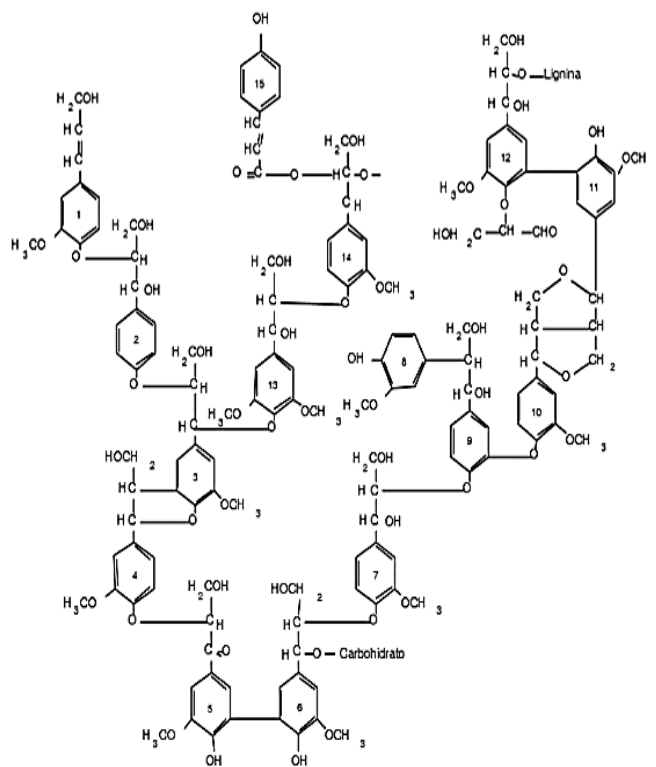


Figura 7: Estructura de la lignina. (Domínguez, 2003)

3.5.8. Constituyentes minoritarios.

Los componentes minoritarios representan una pequeña parte porcentual, a pesar de que se mantienen presentes en menor proporción, hay la existencia de otros compuestos que poseen directa influencia en las propiedades y en los procesos de conversión de la biomasa lignocelulósica (Zhao et al., 2007).

3.5.9. Otras sustancias.

Son aquellas que no forman parte de la pared vegetal representando el 4% del peso en materia seca, siendo agentes intermediarios metabólicos o forman parte de los mecanismos de defensa frente a los ataques microbianos. “Al ser compuestos que se pueden extraer por lavado con agua o con solventes orgánicos. Se incluyen dentro de este grupo: carbohidratos de bajo peso molecular, terpenos, ligninas solubles, ceras” (Gutiérrez & del Río, 2010).

3.6. Hidrolisis.

Es un tipo de reacción principal que se lleva a partir de la hidrolización de hemicelulosa, misma que produce xilano en forma de glucano, al ser expuestas a diferentes sustancias ya sea en base ácida o alcalina, ayudan a romper las cadenas de polisacáridos que conforman la biomasa y las transforma en monómeros elementales (Viñals et al., 2012).

3.6.1. Hidrolisis alcalina de los residuos biomásicos.

Corresponde a un proceso que se fundamenta en la saponificación de los enlaces que unen xilanos de la hemicelulosa con otros componentes, siendo un factor determinante el contenido de lignina del material a tratar (Binder et al., 2009). La hidrolisis alcalina que se produce con la utilización de hidróxido de sodio diluido da como resultado una expansión de la estructura de la hemicelulosa, permitiendo un incremento en el área de superficie interna, misma que es causante de la separación de las uniones estructurales entre la lignina

y los carbohidratos. La ruptura empieza con la deprotonación de grupos hidroxilo o éter en el carbono α de un monómero, dando lugar a la formación del correspondiente ácido conjugado, esta especie puede producir la ruptura de los enlaces α y β o condensarse en otros monómeros (Viñals et al., 2012).

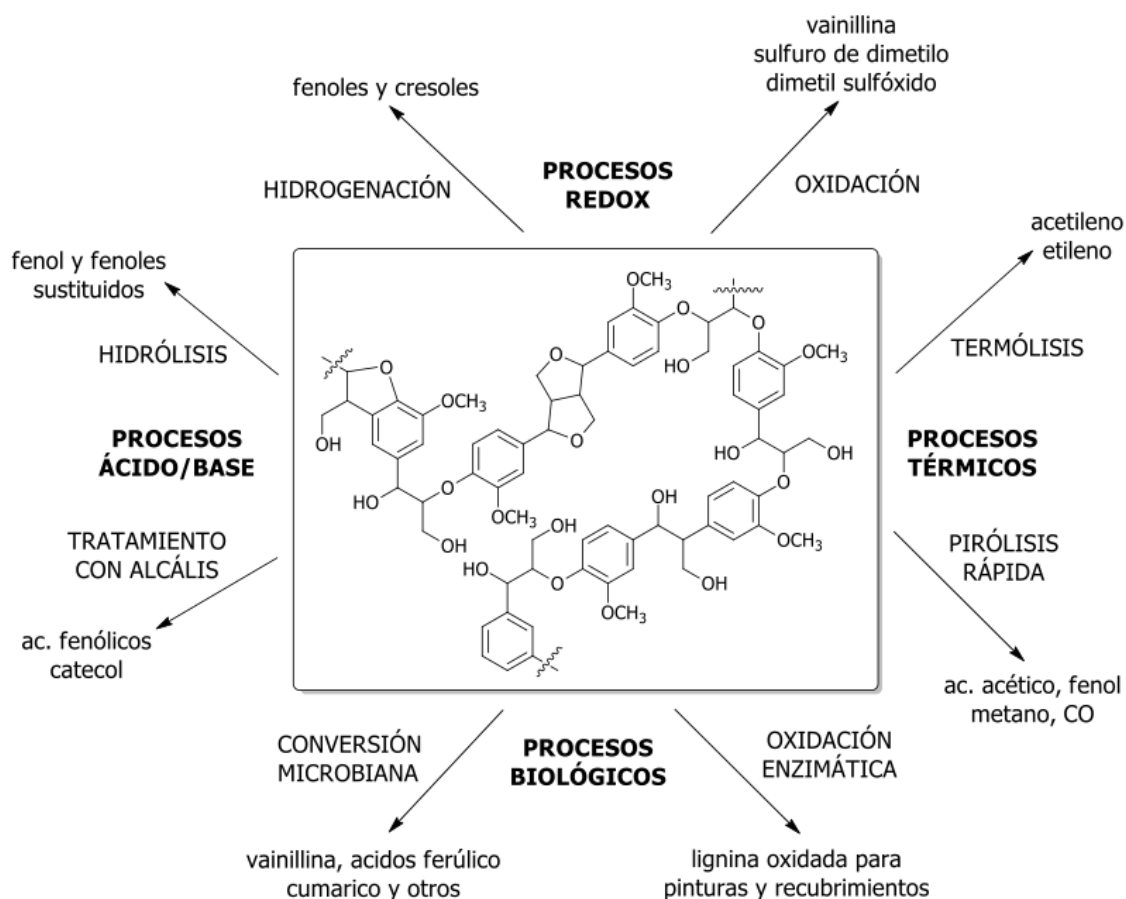


Figura 8: Esquema representativo de diferentes procesos de transformación de la lignina. (Binder et al., 2009)

3.6.2. Factores que afectan la hidrólisis alcalina.

La experimentación en base a la hidrólisis de un polímero es complicada, debido a que ingresan factores que intervienen con los materiales lignocelulósicos como su tamaño, forma de partículas, y el tipo de estructura, si es de origen de maderas blandas o duras, factores que son determinantes para la efectividad de los ensayos.

3.7. Enzimas.

Consideradas moléculas proteicas sintetizadoras, que trabajan como catalizadores biológicos para las reacciones del metabolismo celular, para proporcionar los medios para que realicen sus funciones de acelerar o retardar una reacción química, sin estar relacionada de manera directa (Thomson & Martin, 2007). Al no relacionarse de manera directa las enzimas no sufren alteraciones en el balance energético de las reacciones en las cuales intervienen, ni modifican, el equilibrio de la reacción, pero consiguen acelerar el proceso incluso millones de veces.

Existen reacciones que se produce bajo condiciones controladas de una enzima, o de un catalizador en general, alcanza el equilibrio mucho más rápido que la correspondiente reacción no catalizada. Al igual que ocurre con otros catalizadores, las enzimas no son consumidas por las reacciones que catalizan, ni alteran su equilibrio químico. Sin embargo, las enzimas difieren de otros catalizadores por ser más específicas (Rosbaco, 2016).

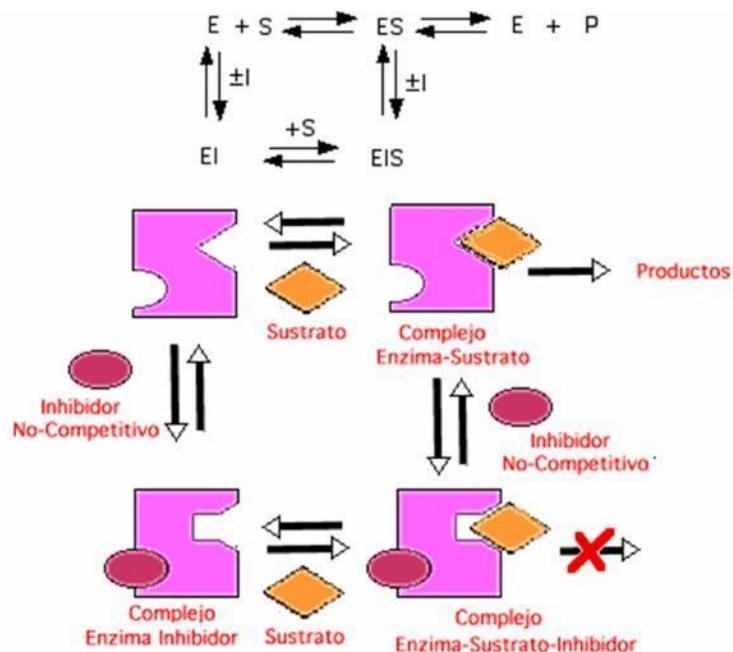


Figura 9: Inhibición enzimática. (Rosbaco, 2016)

Las enzimas manejan un mecanismo básico dónde las reacciones químicas se dan a partir de la unión del sustrato en el centro activo de la enzima, en donde la enzima genera una serie de cambios en la distribución de los electrones en los enlaces químicos del sustrato con lo que conlleva a la formación de productos (Rosbaco, 2016).

3.7.1. Características de las enzimas como catalizadores.

En el estudio de Chandel et al. (2012) se describe a las enzimas como catalizadores centrados de manera puntual en aspectos característicos como:

- Las enzimas son relativamente más rápidas incluso en condiciones adversas o extremas con relación a los tratamientos no enzimáticos correspondientes.
- Mantiene un amplio rango con reacciones catalizadas lo que le permite abarcar mucho más tipo de reacciones que con los catalizadores químicos.
- Debido a los rendimientos, las enzimas son específicas en el tipo de reacción catalizada, es decir existen moléculas con condiciones de sustrato que maneja distintas posibilidades reactivas por la capacidad que posee la enzima para consolidarse al sustrato y así ir formando grupos activos que beneficien el estado de la transición.
- Las enzimas tienen un régimen de la cantidad de controles tanto pasivos como los abruptos, así como el control velocidad de síntesis y degradación.

3.7.2. Enzimas celulasas.

Las enzimas consideradas como proteínas cumplen la función de catalizar reacciones químicas, sin desfavorecer energéticamente o modificar el sentido de los equilibrios químicos. Las enzimas celulasas se originan a partir de un complejo enzimático que actúa de forma sinérgica. (Mitsuzawa et al., 2009).

Parte del complejo enzimático se forma por tres tipos de enzimas:

- Endoglucanasas: estas atacan las regiones internas de baja cristalinidad en las fibras de celulosa, creando cadenas libres de enlaces.

- Exoglucanasas o celobiohidrasas: degradan las moléculas por la eliminación de unidades de celobiosa desde los extremos de las cadenas.
- β -glucosidasas: hidrolizan celobiosa para producir glucosa (Mitsuzawa et al., 2009).

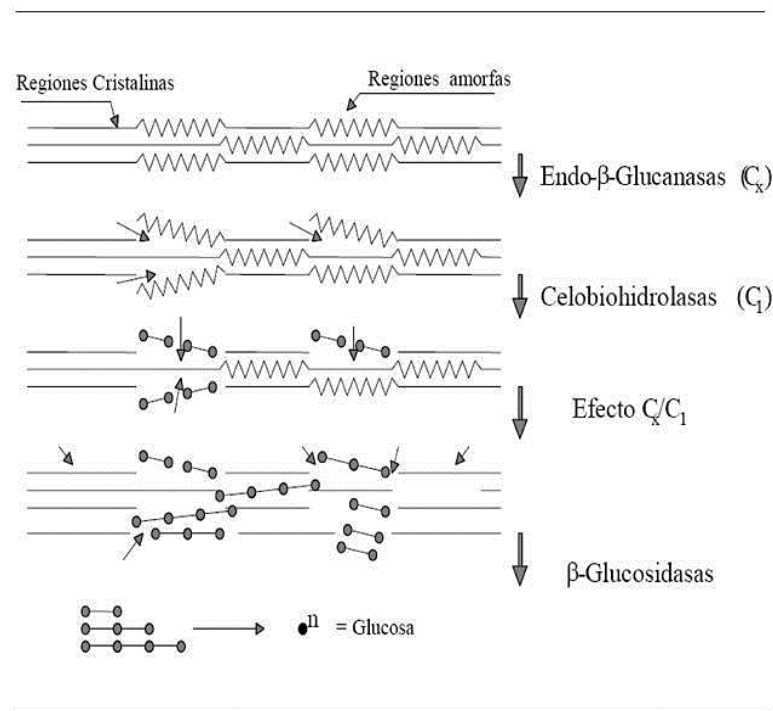


Figura 10: Mecanismo de hidrólisis enzimática de la celulosa. (Mitsuzawa et al., 2009)

3.7.3. Actividad enzimática.

La efectividad enzimática para los sistemas vivos en donde se evalúa de manera directa la reducción gradual del sustrato que conforma la aparición de un producto formado en la reacción. La reacción catalizada enzimáticamente es desarrollada en ambientes cuidadosamente controlados, monitoreando muestras de control en ciertos lapsos de tiempo.

Para el caso de las enzimas celulasas se mantienen técnicas estandarizadas a distintos factores (pH, temperatura y condiciones de sustrato) que se basan en la conversión de una cantidad arbitraria de sustrato, en un lapso definido de tiempo y con una cantidad determinada de enzima (Illanes, 2008).

3.7.4. Unión de la enzima con el sustrato.

En todas las reacciones catalizadas por enzimas, en la que interviene una molécula, se modifica específicamente y la acción catalizadora de la proteína la cual se le ha denominado centro activo.

La interacción que existe entre la enzima y sustrato se realiza a través de enlaces débiles entre la molécula de sustrato y el centro activo, a relación directa si mayor es el número de enlaces mayor será la especificidad de la enzima y por ende mayor sus capacidades en los sustratos próximos. En la actualidad existen estudios de los cambios de la morfología tanto del sustrato como del centro activo (Pérez & Noriega, 2011).

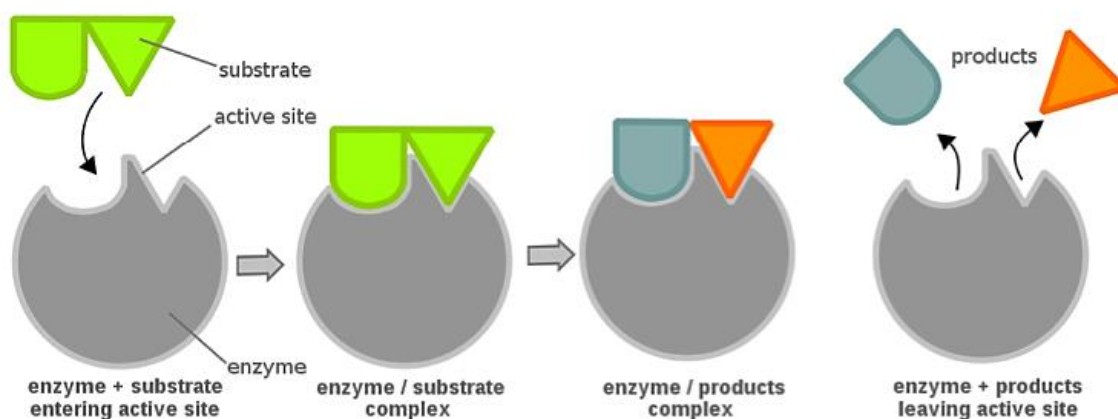


Figura 11: Formación del complejo enzima-sustrato. (Pérez & Noriega, 2011)

El mecanismo básico por el cual las enzimas catalizan reacciones químicas comienza con la unión del sustrato (o sustratos) al sitio activo de la enzima. La unión del sustrato a la enzima provoca cambios en la distribución de los electrones en los enlaces químicos del sustrato y

Finalmente, hace que las reacciones conduzcan a la formación de productos. Los productos se liberan de la superficie de la enzima para regenerar la enzima para otro ciclo de reacción.

Hay dos principales consideraciones en lo que respecta al mecanismo de acción de la enzima: especificidad de sustrato y el poder catalítico (Thomson & Martin, 2007).

3.7.5. Hidrolisis enzimática de residuos celulósicos.

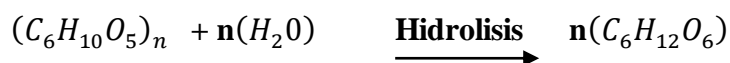
La hidrolisis enzimática de los residuos celulósicos se basa en la absorción de las enzimas celulasas en la superficie de la celulosa, mismas que se encargan de la degradación de la celulosa a azúcares fermentables o glucosa y la deserción de las celulasas (Saparrat et al., 2007).

Entre los procesos de conversión existen las potencialidades en materia de residuos celulósicos como:

- Dar el tratamiento adecuado a la generación de desechos.
- Disminuir el impacto del ambiente por la contaminación.
- Dejar de lado la dependencia de los combustibles fósiles, con la generación conveniente y renovable de energía en forma de etanol (Thomson & Martin, 2007).

En la última década el estudio orientado en la hidrólisis con enzimas, se convierte en recurso innovador en la búsqueda de la sacarificación de subproductos celulósicos por las relativas ventajas que muestran al proceso de obtener subproductos (Thomson & Martin, 2007). “La hidrólisis completa de la celulosa consiste en el rompimiento de los enlaces entre moléculas de glucosa, a cada unidad se añade una molécula de agua, produciéndose el azúcar glucosa” (Pérez & Noriega, 2011).

La reacción es:



3.7.6. Efecto de pH en la actividad de las enzimas.

El efecto del pH se relaciona de manera directa en la eficiencia de las enzimas, con el medio y el factor de los procesos catalíticos, en donde detallan que la concentración de iones de hidrógeno del medio tiene que ser ajustado a un pH que se encuentra en un rango de (3 – 7), como un medio de acción que presenta las condiciones para que las enzimas actúen, sin embargo, el rango más óptimo es un pH 7 en el proceso de hidrólisis donde actúan las enzimas (Lehninger & Nelson, 2006).

Por ende, el porcentaje de efectividad en su ensayo se ve regido al control del pH y temperatura.

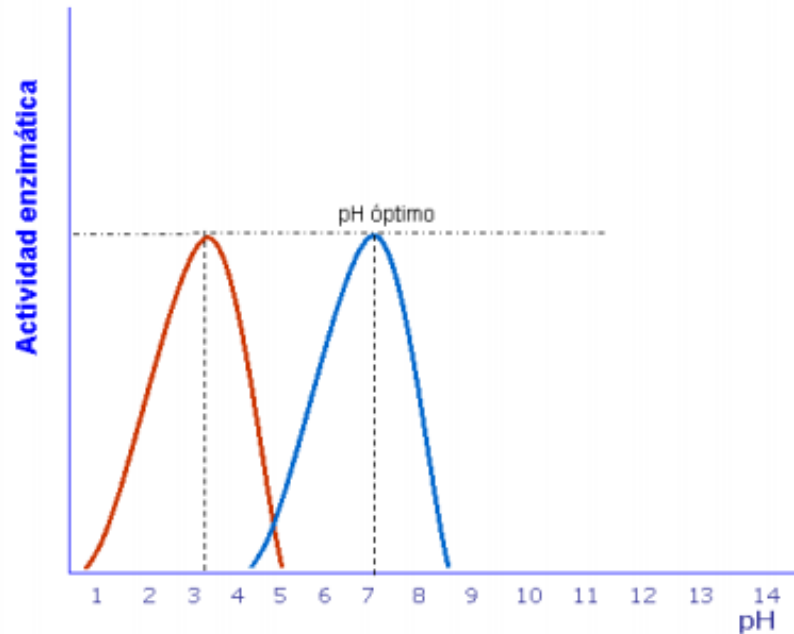


Figura 12: Descripción de la influencia del pH en la actividad enzimática. (Lehninger & Nelson, 2006)

3.8. Fermentación.

Existen conceptos de fermentación que se fundamentan desde el punto de vista microbiológico y bioquímico, donde es un proceso intervenido por agentes como (microorganismos o cambios químicos) que produce reducciones y oxidaciones que generan energía. Una fermentación se consolida a partir de tres etapas que se desarrolla a partir de la preparación del inóculo pasando por la selección del medio de cultivo para la producción de biomasa de interés (Macedo & Brigham, 2014).

3.8.1. Productos finales de la fermentación.

Según el estudio de Oviedo (2009), las fermentaciones se pueden clasificar tomando en cuenta las variables de los productos finales

- Células microbianas (biomasa).
- Metabolitos microbianos (enzimas, etanol, butanol, acetona, ácidos orgánicos, etc.).

3.8.2. Selección de un agente fermentador

Según el estudio de Ríos y Risco (2006), en un proceso experimental el éxito o fracaso radica en la selección acertada de un agente con las condiciones aptas para un proceso fermentativo, que inicia con el microorganismo utilizado, en la elección del mismo se deberían tener en cuenta ciertos criterios generales que se indican a continuación:

- Mantener una genéticamente estable.
- Ser óptimo con relación a su crecimiento.
- Satisfacer los requerimientos nutricionales a partir de medios de cultivo y su costo debe ser relativamente asequible.
- Ser optimo en la reducción de tiempo dentro del proceso fermentativo

3.8.2.1. *Sacharomyces cerevisiae*

Conocido como levadura de cerveza, es un microorganismo unicelular eucariota que pertenece al reino fungí, al ser un hongo que carece de patogenicidad permite su manipulación con las mínimas precauciones lo que no representa un peligro potencial en ensayos de investigación. Además, presenta condiciones metabólicas características que son utilizadas en el punto donde la escasez de nutrientes permite obtener un mayor rendimiento energético (Karp, 2008).

3.8.3. Proceso de fermentación.

El proceso de fermentación implica el empleo de microorganismos que modifican el medio para formar productos nuevos como consecuencia de las actividades catabólicas y anabólicas. (Garzón et al., 2016).

Pues bien, el proceso de fermentación se realiza en condiciones anaeróbicas o aerobias, donde ciertos microorganismos causantes de la degradación de materia orgánica disocian

las moléculas de glucosa y obtienen la energía necesaria para sobrevivir, produciendo el alcohol y CO₂ como desechos de la fermentación.

En definitiva, la eficacia de la fermentación siempre se ve regida sobre el tratamiento preliminar como a la concentración de azúcar, el pH y la temperatura que se requieren para fermentar.

3.8.4. Factores que influyen en el proceso de fermentación.

3.8.4.1. Grados Brix.

Los grados Brix considerados un parámetro que mide la cantidad de sólidos solubles (ácidos, azúcares y compuestos solubles en agua) presentes en una solución, se muestra como un factor determinante en la experimentación, por ende, si el grado Brix es muy alto la fermentación no se efectuará por condiciones adversas mayores en el que rige la presión osmótica sobre las levaduras no permitiendo realizar sus funciones (Apaza, 2015).

3.8.4.2. pH.

En el estudio presentado por Acosta (2012), menciona que el proceso de fermentación considerado, es un importante paso en la obtención de alcoholes que maneja factores que se relacionan directamente con las condiciones de desarrollo óptimo de la levadura, sin embargo el potencial de hidrógeno es un factor que controla la proliferación y contaminación bacteriana, así como los medios necesarios para que las levaduras muestren su rendimiento alcohólico en base al medio en el que se desarrolla, lo que garantiza que para el proceso de fermentación, la levadura (*Sacharomyces cerevisiae*) se desarrolla en un medio ácido.

3.8.4.3. Temperatura.

En la mayoría de procesos de fermentación, la temperatura es una variable que beneficia al proceso de descomposición de los azúcares que es producida por una reacción sostenida y con

ello el desprendimiento de calor, por ende las temperaturas oscilan entre 20 a 45 °C considerado un rango constante, con la cual la velocidad de crecimiento se mantiene estable, por otro lado a temperaturas más bajas la fermentación es lenta o prácticamente nula y si el proceso muestra temperaturas por encima de los 40 °C se puede detener debido a la inhibición de las levaduras (Ribéreau et al., 2006).

3.8.5. Productos obtenidos por fermentación.

En el estudio de Roque (2008) presenta resultados favorables en cuanto a su investigación de producción de bioetanol, que surge a raíz de la biomasa y puede ser complemento al utilizarse con otro tipo de combustibles. Por ende, la aplicación de la biomasa vegetal para la generación de combustibles, se considera como una alternativa que va en desarrollo a medida que la fuente de los combustibles fósiles va agotando sus recursos, con una gran repercusión a escala mundial, lo que genera ventajas en el uso de energías renovables, mismas que se detallan a continuación:

- Surgen a partir de fuentes renovables de energía como son los cultivos agrícolas.
- Aporta una reducción de fuentes de energía producto de combustibles fósiles.
- Reduce de manera significativa las cantidades de emisiones nocivas que afectan al planeta.

3.9. Producción de bio etanol.

El Bio etanol es el producto de la fermentación de azúcares simples seguido por un proceso de destilación y purificación, que se puede producir a base de residuos orgánicos en donde los hidratos de carbono son convertidos a etanol por un agente fermentador (Sánchez, 2010).

Considerado un compuesto químico de apariencia incolora e inflamable, en condiciones de temperatura y presión, tiene un punto de ebullición de 78.4 °C que presenta constituyentes iniciales como sacarosa, almidón y celulosa, (Fernández & Vázquez, 2017).



CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales equipos e insumos

4.1.1. Equipos

Los equipos empleados se detallan a continuación:

Equipo-Modelo	Fotografía
Extractor para separación cuantitativa de sustancias por medio de solventes VELP®-SER 148	
Balanza analítica ADAM®-PW254	
Estufa MEMMERT®- SNB 300	

Molino RETSCH®- GM 200



Plato de calentamiento DAIHAN®- MSH 20D



pH metro HORIBA -F 71



Baño María WVR-W41750435



Bomba calorimétrica PARR®
-6100



Refractómetro KRÜSS - DR301-95



Densitómetro METTLER TOLED- 30PX



Reactivos

Ácido sulfúrico H_2SO_4
Ácido acético Glacial CH_3COOH
Hidróxido de potasio KOH

Insumos

Enzimas celulasas (Cellulase)
Levadura (*Sacharomyces cerevisiae*)

4.2. Metodología

4.2.1. Fase de campo

4.2.1.1. Localización del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra en las inmediaciones de la compañía de economía mixta Mercado Mayorista



Figura 13: Mapa de ubicación y zonificación de área. (Autor)

4.2.1.2. Carácter y diseño de la investigación

Se utilizó un método evaluativo basado en la producción de las unidades muestréales determinadas dentro de la empresa, por lo cual se realizaron visitas previas a las instalaciones del mercado con el fin de realizar una observación previa a la aplicación de los instrumentos de recolección de datos y establecer así un análisis estadístico simple para la obtención de información (Hernández et al., 2003).

Una vez adquirido el conocimiento de las inmediaciones y la situación actual, se direccionó el diseño hacia un modelo no paramétrico, planteando que bajo una situación dada sin introducir ningún elemento que varíe el comportamiento de las variables en estudio (Alvitres, 2000).

4.2.2. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

4.2.2.1. Acceso a la información primaria

Según el estudio de Ruiz (2012) optó por el acceso a la información primaria, debido a que los actores están involucrados de manera directa, mismos que son considerados unidades muestréales de generación, almacenamiento y transporte del residuo orgánico específico en el estudio.

4.2.2.2.Muestra

Para la determinación de la muestra se fundamentó en la fórmula matemática para el cálculo del número de muestra.

Dónde:

$$n = \frac{Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \times N \times \sigma^2}{(N - 1) \times E^2 + Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \times \sigma^2}$$

Figura 14: Fórmula para calcular la muestra en estudios descriptivos. (Aguilar, 2005)

Tabla 4: Datos para determinar el tamaño de la muestra.

Variable	Significado	VALOR
N	Universo (unidades muestréales)	12
Z _{1-α/2}	Nivel de confianza	1,96
A	Desviación estándar	0,25
E	Error permisible	0,0583
	Porcentaje de contingencia	90%

Autor

CÁLCULOS:

$$n = \frac{1,96^2 \times 12 \times 0,25^2}{(12 - 1) \times 0,0583^2 + 1,96^2 \times 0,25^2}$$

$$n = \frac{2,85}{0,2753} = 10,35 = 10 \text{ unidades muestréales}$$

El tamaño de la muestra se determinó en base a un análisis visual de las bodegas que sólo se dedican al expendio y comercialización exclusivo de banano (*Musa paradisiaca*), con la ayuda de un plano de las instalaciones, se seccionó en cuatro bloques en donde el primer bloque, corresponde a los comerciantes que sólo se dedican al expendio y comercialización de banano y los bloques restantes, son aquellos donde se realizan otras actividades económicas.

MAPA TOMA DE MUESTRA

PLANTA GENERAL

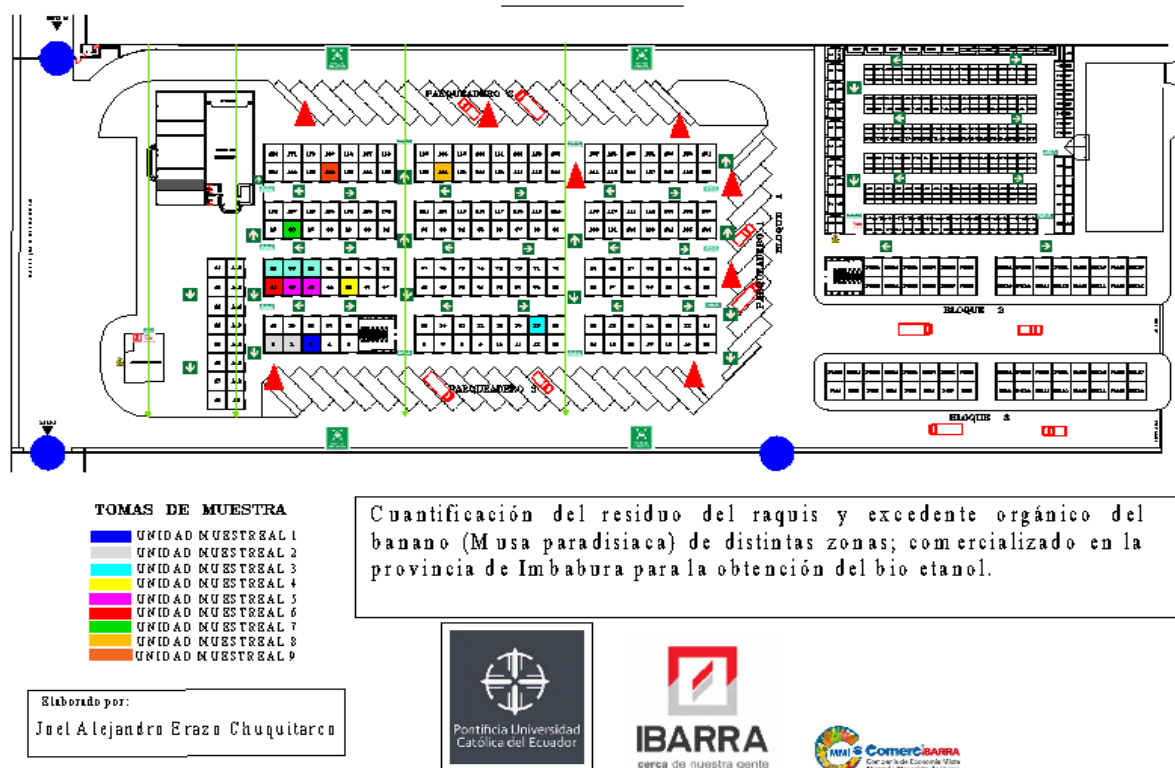


Figura 15: Mapa de distribución y toma de muestras. (Autor)

4.2.3. Diseño del muestreo sobre el manejo de los residuos orgánicos

El diseño se adecuó a las condiciones dadas del sitio, basadas a partir de encuestas a los actores involucrados, lo que permitió lograr obtener la máxima cantidad de información con respecto a los aspectos involucrados en el trabajo de investigación (Misterio Del Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

4.2.4. Diseño de la entrevista

Se adaptó al trabajo de investigación el diseño de una entrevista abierta, considerada como una técnica útil para compilar información de forma empírica, acerca de las áreas muestrales que se manejan en el estudio dentro del empresa privada. En la que se aplicó

encuestas estructuradas con preguntas abiertas y cerradas, lo que permitió aclarar el panorama de la compilación de información y la obtención de datos (Campos et al., 2003).

4.2.5. Entrevista

Aplicado el modelo de encuesta para obtener resultados reales sobre el tratamiento de los residuos orgánicos, la encuesta se estructuró a partir del origen del producto, los días de abastecimiento, los días de mayor incidencia de expendio del producto, tipo de manejo que se brinda a partir de su disposición final, y sobre el conocimiento del valor agregado que se les puede dar a partir de su disposición final, con la ayuda de preguntas cerradas para el diagnóstico situacional (Bolaños, 2011).



Figura 16: Realización de la encuesta sobre el residuo generado. (Autor)

4.2.6. Resultados de la encuesta

De acuerdo al fundamento planteado se recolectó la información necesaria de la cantidad de productores que ingresan con la materia prima a las instalaciones, la cantidad neta de cada productor y los días de incidencia que recibe el producto, cada bodega se destina específicamente a la comercialización del producto estudiado (Campos et al., 2003). Ya recolectada la información tanto de los productores como de los lugares que expenden el banano (*Musa paradisiaca*), se procede a recolectar los datos de la cantidad de excedente orgánico que se desecha diariamente con relación al número de bodegas existentes en las instalaciones del mercado.

4.2.7. Determinación de la generación de los residuos orgánicos

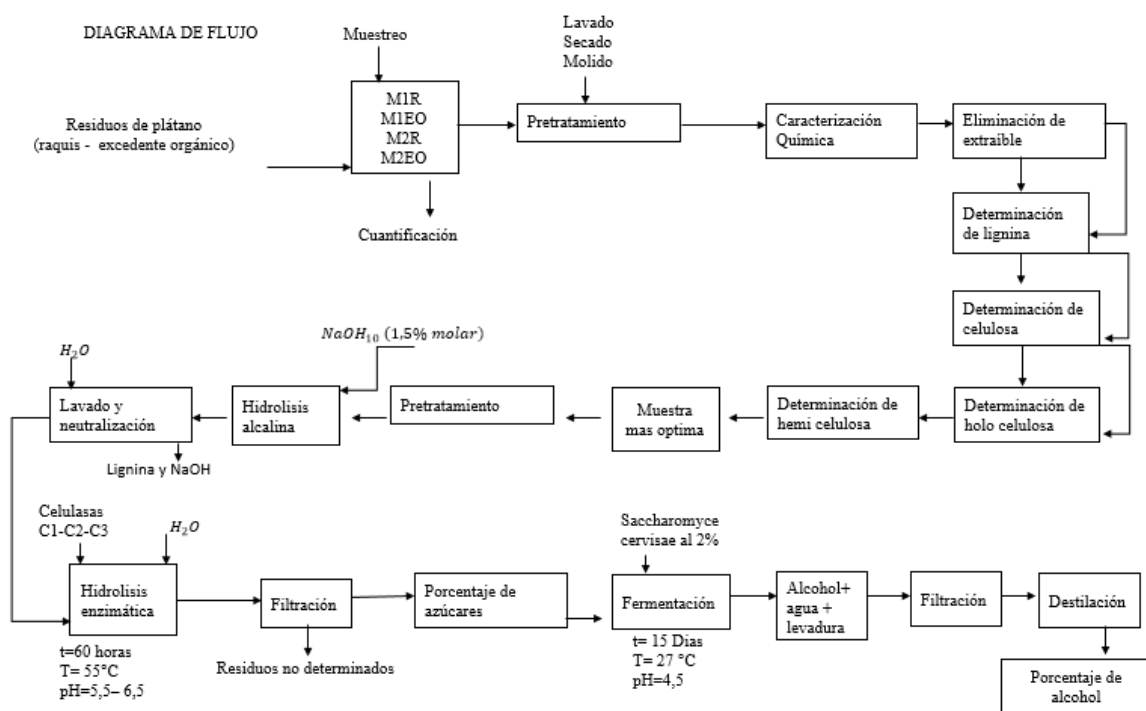
Las unidades muestréales serán analizadas al termino de las actividades comerciales, todas las unidades muestréales serán tomadas de acuerdo al tratamiento que se le haya asignado, se tomara de manera secuencial los tratamientos analizando la cantidad (kg) con una balanza, logrando así tener la cantidad de excedente orgánico diario en kg/día. Este proceso se realizará durante un mes para así obtener la cantidad de excedente orgánico kg/mes para tabular en tabla y tener los resultados aproximados (Heysen, 2019).

4.2.8. Análisis estadístico empleado

Para la tabulación de datos se empleó la hoja de cálculo y el uso de la estadística descriptiva como media, modas, pruebas estadísticas no paramétricas, así como cálculos porcentuales y tablas de distribución de frecuencia.

4.3. Fase de Experimentación

4.3.1. Diagrama de flujo de la metodología utilizada en la experimentación



4.3.2. Selección de la muestra

De los resultados obtenidos en el levantamiento de la línea base a partir de las encuestas se identificó que, dentro de las inmediaciones del Mercado Mayorista, las personas que se dedican al expendio de banano (*Musa paradisiaca*) que se abastecen de productos que son originarios de la costa y productos que son endémicos de la provincia.

Así logrando identificar M1R(residuos del raquis del banano endémico de la provincia que se obtienen como resultado de las actividades comerciales), EO1 (residuos del excedente orgánico que se obtiene como resultado de las actividades comerciales del banano endémico de la provincia), así como M2R (residuos del raquis del banano que se obtienen como resultado de las actividades comerciales provenientes de la costa), EO2(residuos del excedente orgánico que se obtiene como resultado de las actividades comerciales provenientes de la costa)



Figura 17: Identificación de la muestra. (Autor)

4.3.3. Muestreo

Las muestras identificadas fueron tomadas y pesadas por separado in situ en fundas debidamente rotuladas con el peso real, evitando que las muestras contengan hongos, insectos o que presenten deterioro microbiológico para posteriormente ser transportadas al

laboratorio y realizarlas por separado (Informe De Análisis Proyecto Producción De Hidrógeno, 2015).

4.3.4. Pretratamiento de la muestra – eliminación de la humedad

La preparación de la muestra, se realizó empleando los equipos del laboratorio de bromatología de la Pontificia Universidad Católica Sede Ibarra, de la escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

Para eliminar el contenido de humedad de las muestras, se lavó, escurrió y se quitó la corteza, para colocar cantidades de 10 kilogramos de cada una en bandejas elaboradas con papel reciclado, para posteriormente ingresarlas a la estufa, manteniéndolas por 24 horas a una temperatura de 105 °C, debido que la cantidad de humedad de la muestra representaba alrededor del 90% en su estructura (Palacios, 2016).



Figura 18: Preparación y tratamiento de las muestras. (Autor)

4.3.5. Triturado

Se refiere al tratamiento que facilita el manejo de la muestra superficie – volumen (S/V) e incrementa la velocidad de cualquier tratamiento físico o químico al momento de su experimentación.

Una vez terminado el proceso de secado, se tomó una porción de la muestra la cual fue llevada a una trituradora de cuchillas, incrementando gradualmente las revoluciones para ir

disminuyendo el tamaño de partícula de la muestra, hasta que el producto sea uniforme. Una vez adecuada la técnica se repite los procesos para las consiguientes muestras (Palacios, 2016).



Figura 19: Triturado de las muestras. (Autor)

4.3.6. Caracterización química

Según el estudio de Palacios (2016), la caracterización química permitió determinar: Lignina, Holocelulosa, Celulosa y Poder calorífico. Dicho análisis se realizó en las inmediaciones del laboratorio de Bromatología de la Pontificia Universidad Católica de Ibarra, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

4.3.6.1. Eliminación de extraíbles

Se denomina a la técnica de eliminación, que extrae con agua o con solventes orgánicos los componentes que afectan próximos ensayos de caracterización química. Por lo que es necesario eliminarlos previo a la cuantificación de los constituyentes lignocelulósicos (Álvarez, 2013).

Según la técnica de TAPPI (2006) el procedimiento se fundamenta en la extracción de Lignina insoluble en ácido, aplicado en madera y pulpa con ciertas modificaciones que se implementaron de acuerdo a las condiciones que se manejaban dentro de laboratorio.

Previo al proceso de extracción se preparó el solvente compuesto por tolueno - etanol en solución conformada por 427 ml tolueno por cada litro de etanol, una vez preparado se prosiguió a elaborar cartuchos a partir de papel filtro en los cuales se colocó 4 g de la muestra.

Para inmediatamente utilizar el equipo de extracción de grasa con solventes de acuerdo al manual de operación, en el que detalla que previa a la utilización del equipo, los vasos de extracción deben estar tarados según el peso específico.

Los cartuchos con las muestras fueron colocados en los dedales que se ubicaban en la campana de extracción, para después programar la máquina de acuerdo a las especificaciones de la técnica. Se retiró la muestra y se lavó con agua caliente para eliminar la presencia de solvente. Se colocó cada muestra en su respectivo crisol y se llevó a la estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, posteriormente se trasladaron a un desecador y se determinó su peso en una balanza analítica hasta obtener peso constante (TAPPI, 2006).

Según CIDET (2008), para la determinación del porcentaje de extractivos dentro de cada muestra, se usó la siguiente formula, basada en la pérdida de peso de las muestras antes y después de la extracción y secado:

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{(PMo - PMf)}{PMo} \times 100$$

Dónde:

PMo: Peso de la muestra antes de la extracción y secado

PMf: Peso de la muestra después de la extracción y secado



Figura 20: Primera extracción en el equipo SER-143. (Autor)

4.3.6.2. Determinación de lignina

La lignina es considerada resistente a la hidrólisis ácida por lo que pasó por un ataque ácido reduciendo el residuo a una pequeña porción

Según la técnica de TAPPI (2006), llamada método Klason como una técnica especializada para obtener lignina, que inicia con la preparación de la solución H₂SO₄ al 72%, en un vaso de precipitación de 50 ml se colocó 1 g de la muestra libre de extraíbles y se adicionó 15 ml de la solución ácida sometiendo a continua agitación por un lapso de dos horas. Una vez que la muestra se torna de color negro se adicionó agua destilada hasta obtener una disolución al 4%, la misma se colocará en el plato de calentamiento a una temperatura de 80 °C por un lapso de cuatro horas. Una vez transcurrido el tiempo se decantó y se filtró la muestra y se realizó lavados de agua caliente para eliminar el residuo de ácido. Para finalizar la preparación de esta muestra se pesó y se etiquetó un crisol limpio y seco, se añadió el producto resultante de las actividades anteriores, se le llevó a la estufa a 105°C por un lapso de cuatro horas, posteriormente se trasladó el crisol con la muestra a un de secador y se determinó el peso hasta obtener peso constante.

Para la determinación del porcentaje de lignina se utiliza la siguiente formula, la que está basada en el peso del residuo que queda después del hidrólisis acida y secado de la muestra.

$$\% \text{ Lignina} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

Dónde:

PMo: Peso de la muestra antes de la hidrólisis ácida y secado

PMf: Peso de la muestra después de la hidrólisis ácida y secado



Figura 21: Muestras sometidas a tratamiento ácido para la obtención de lignina. (Autor)

4.3.6.3. Determinación de la Holocelulosa

Básicamente la Holocelulosa es el total de carbohidratos poliméricos que hay en el material lignocelulósico. Con el método que se emplea se logra una oxidación de la lignina mediante la acción del ácido, basado en la norma preestablecida ASTM D-1104, en un matraz de 250 ml, se pesó 2 g de la muestra libre de extraíble, en 150 ml de agua destilada se adicionó 0,2 ml de ácido acético glacial y 1 g de clorito de sodio el cual se acondicionó a baño María a un rango de temperatura de 75 a 85 °C, en el que se trató durante cuatro lapsos de media hora, añadiendo 0.2 ml de ácido acético glacial y 1 g de clorito de sodio por cada lapso de media hora. Una vez realizado este tratamiento se llevó las muestras a un baño de hielo hasta lograr una temperatura de 10°C monitoreados con un termómetro; alcanzada la temperatura se filtró la muestra y adicionalmente se realizó lavados con agua destilada fría hasta que las muestras se tornen de color amarillo a color blanco de manera gradual, se tomó las muestras en un crisol previamente pesado y etiquetado y se trasladó a la estufa a 105° por un lapso de cuatro horas, finalmente se colocaron en un desecador hasta obtener el peso constante (ASTM D1104-56, 1978).

Para efectos de cálculos se utilizó la siguiente fórmula, basada en el residuo seco que queda después del tratamiento con ácido acético y clorito de sodio y el secado en la estufa:

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

Dónde:

PMo: Peso de la muestra antes del tratamiento y secado

PMf: Peso de la muestra después del tratamiento y secado



Figura 22: Muestras aplicando el método de oxidación de lignina para la obtención de Holocelulosa. (Autor)

4.3.6.4. Determinación de la celulosa

La susceptibilidad de la celulosa a hidrólisis, así como la solubilidad en solución acuosa a un determinado porcentaje en peso de hidróxido de potasio (Escobar, 2005).

Según la técnica de TAPPI (2002) que detalla la preparación de una solución de hidróxido de potasio al 17.5% y la preparación de la solución de ácido acético al 10%, una vez listas las soluciones se pesó 1 g de la muestra tratada para la determinación de Holocelulosa en un matraz de 100 ml en el que se añadió 5 ml de hidróxido de sodio al 17.5% y se agitó para luego dejar reposar por un lapso de 30 minutos, se añadió 30 ml de agua, se agitó y se dejó reposar por un lapso de una hora, realizado este proceso, las muestras se filtraron al vacío en un crisol de fondo poroso, finalizado el proceso ya descrito, se realizó lavados con 5 ml de ácido acético al 10% y luego con 50 ml de agua destilada aplicando continuamente

vacío; una vez terminado el proceso se llevó a la estufa a una temperatura de 65 °C por un lapso de dos horas, para consiguientemente llevar a un desecador hasta obtener el peso constante.

El cálculo necesario para la determinación de celulosa se expresa en la siguiente formula, basada en el peso inicial de la muestra y el peso del residuo seco después del tratamiento que recibió la muestra:

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{PM_f}{PM_o} \times 100$$

Dónde:

PM_o: Peso de la muestra antes del tratamiento y secado

PM_f: Peso de la muestra después del tratamiento y secado



Figura 23: Muestras tratadas para la determinación de celulosa. (Autor)

4.3.6.5. Determinación de hemicelulosa

Basado en experiencias ya realizadas y de acuerdo a resultados obtenidos en dichas experiencias, no se tiene el conocimiento específico de un método palpable que determine la hemicelulosa, debido a que las mismas forman un complejo con uniones químicas con la

lignina, que es imposible de aislar sin considerables alteraciones. Por ende, para la determinación se planteó realizarlo por diferencia entre el porcentaje de Holocelulosa y celulosa (Núñez, 2008).

$$\% \text{ Hemilulosa} = \% \text{ Holocelulosa} - \% \text{ Celulosa}$$

4.3.7. Caracterización energética -Determinación del poder calorífico

La caracterización energética se realizó en el laboratorio de bromatología de la Pontificia Universidad Católica de Ibarra, debido a que el mismo dispone una bomba calorimétrica que nos dará directamente el resultado.

De acuerdo a la técnica pre establecida se pesaron 5 g de las muestras y se colocaron en el compactador para realizar la pastilla, misma que servirá para colocarlo en la bandeja de la cámara de combustión, de tal manera que estén en contacto con la mecha, la cual está directamente atada al cable de ignición. Una vez preparada la muestra se colocó 8 ml en el tanque de la cámara de combustión, se selló y presurizó con 20 atm de oxígeno por dos repeticiones, se verificó que el reservorio del equipo cuente con aproximadamente 2 l de agua, para posterior a esto colocar la cámara con la muestra dentro del equipo. Se programó e inició la máquina, se esperó alrededor de 15 minutos hasta que el equipo emite el resultado del poder calorífico de la muestra expresada en J /g.

4.4. Tratamiento y preparación de la muestra más óptima

Finalizada la caracterización química de las muestras iniciales, se seleccionó la muestra más óptima por los porcentajes más representativos.

Para seguir con el proceso de la investigación, se tomó 15 kg de la muestra distribuyendo en cortes muy finos y colocando en su respectiva bandeja para consiguientemente colocarlos en la estufa a una temperatura de 105 °C por 24 horas para la eliminación de humedad. Consecutivamente se trituró y tamizó la muestra hasta obtener un tamaño de partícula menor a 0.4 mm.

4.4.1. Hidrólisis alcalina

En el estudio de Espinoza (2013), se detalla que la concentración más óptima para la hidrólisis alcalina es de 1.5 mol a una temperatura de 70 °C, por lo que se preparó 1000 ml de la solución KOH en un vaso de precipitación, en el cual se colocó 100 g de la muestra y se llevó al plato agitador, sometiendo a una temperatura de 70°C por un lapso de tres horas como el tiempo más óptimo para la hidrólisis alcalina, luego se realiza un lavado y neutralización de la muestra.



Figura 24: Hidrólisis alcalina. (Autor)

4.4.2. Hidrólisis enzimática

Una vez con el sustrato producto del hidrólisis alcalina, se colocó 10 g en un matraz de 250 ml, se adicionó 50 ml de agua destilada con agitación constante hasta formar una solución homogénea, se ajustó el pH (5,5 y 6,5) con la ayuda de ácido sulfúrico al 10% y con una solución de carbonato de calcio. Se tomó la muestra llevándola a un baño térmico con la temperatura de 55 °C agitando constantemente con ayuda de un plato agitador por un lapso de una hora, una vez terminado el proceso anterior, se adicionó la enzima celulasa a una concentración del (1%, 2% y 3%) agitando constantemente, se debe monitorear debido a que la enzima al momento que actúa baja el potencial de hidrógeno y se debe ajustar hasta tener un medio homogéneo.

Una vez estabilizada la enzima, se introduce en baño María a 55 °C y se deja que actúen las enzimas por 48 horas, tiempo en el cual se tiene estimado que las enzimas pasan por un proceso de activación para realizar los procesos catalíticos (Paredes et al., 2010).



Figura 25: Colocación de las muestras en la incubadora para el tratamiento enzimático.
(Autor)

4.4.3. Fermentación

Una vez transcurrido el proceso catabólico de las enzimas se procede a medir las soluciones de 5, 5.5 y 6 grados Brix, colocando las muestras con las condiciones más óptimas para el proceso de fermentación en matraces de 250 ml. Se pesa la levadura en base al 1% de contenido de azúcares que mantiene la muestra, para ello se tomó un 10% de la muestra para el proceso de activación a una temperatura de 35° C por media hora, previo a colocar el 100% de la muestra. Mismo que se le adecúa la temperatura a 35 °C en el baño María por un lapso de 15 días. Para finalizar se controla los grados Brix de las muestras transcurridos los 15 días (Espinoza, 2013).

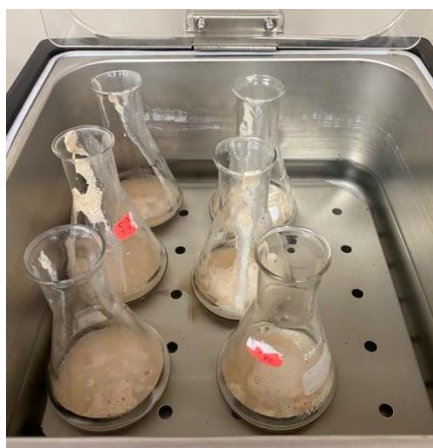


Figura 26: Proceso de fermentación. (Autor)

4.4.4. Destilación

En el estudio de Paredes et al. (2010) se menciona que “trascurrido el proceso de fermentación se miden los grados Brix y se evalúa los más óptimos para el proceso de destilación”, se procede a armar el equipo de destilación y con la ayuda de un densitómetro se mide el grado alcohólico que se obtiene de las muestras, concluido con éste proceso se procede a destilar y separar el contenido alcohólico.



Figura 27: Proceso de destilación. (Autor)

4.5. Metodología de la investigación

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial A* B conformado de 18 unidades experimentales (formado por 6 tratamientos y 3 repeticiones). El análisis se efectuó a través del programa IBM SPSS Statistics versión 24 (software de prueba Provisional) para las variables de estudio, las que constaron por posiciones, análisis de varianza con lo que se utilizó la prueba Shápiro – Wilk para la normalidad de errores, por último, se aplicó una prueba (TUKEY) con los datos de la concentración de enzimas y la producción de glucosa (Aguilar-Barojas, 2005).

4.5.1. Numero de tratamientos

	C1	C2	C3
pH1	pH1C1	pH1C2	pH1C3
pH2	pH2C1	pH2C2	pH2C3

4.5.2. Número de repeticiones

pH1C1	pH2C1	pH1C3	pH2C2	pH1C2	pH2C2
pH1C2	pH2C3	pH1C1	pH2C1	pH2C3	pH1C3
pH2C2	pH1C2	pH2C3	pH1C3	pH1C1	pH2C1

4.5.3. Variables independientes

Los ensayos experimentales se fundamentaron en la utilización de dos variables independientes mismas que corresponden a las concentraciones de enzimas y a los ajustes del pH.

4.5.4. Variables dependientes

Se formularon dos variables dependientes, consideradas por el porcentaje de azúcares en la experimentación y la otra variable es el porcentaje de bioetanol que se obtiene.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de la muestra y levantamiento de información en campo

5.1.1. Origen del producto

Al terminar la encuesta realizada en base a los fundamentos planteados anteriormente, se pudo evidenciar que, los comerciantes orientan sus actividades específicamente en la comercialización del banano (*Musa paradisiaca*). De los cuales el 55.56% tenía conocimiento que el banano (*Musa paradisiaca*) provenía de la región de la costa mientras que el 44.44% tenía el conocimiento que el banano (*Musa paradisiaca*) endémico de la zona aledaña a la provincia de Imbabura como se detalla la figura 28.

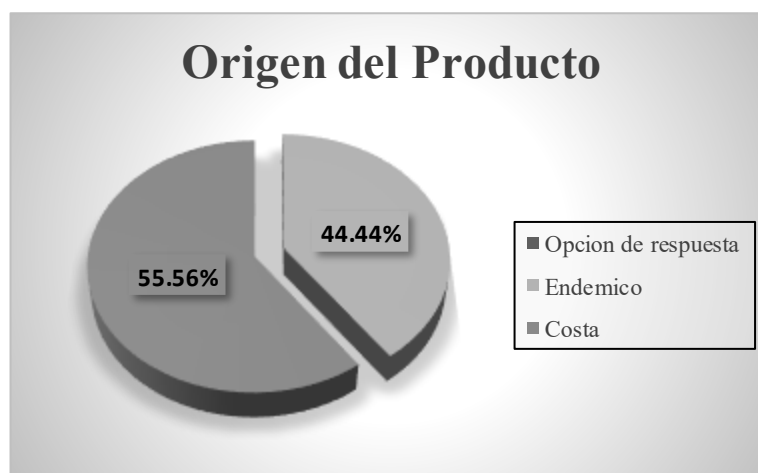


Figura 28: Origen del producto. (Autor)

5.1.2. Abastecimiento de producto

En la figura 29 se observa la incidencia en la que los productores ingresan a las inmediaciones para abastecer a los comerciantes dedicados al expendio de banano (*Musa paradisiaca*) (UM); en la que se detalla que los días de mayor abastecimiento de los comerciantes dedicados al expendio y comercialización del banano (*Musa paradisiaca*) se son los días: martes viernes y domingo, tomando en cuenta las necesidades de

comercialización basado en el mayor flujo de compradores que visitan las inmediaciones del mercado.

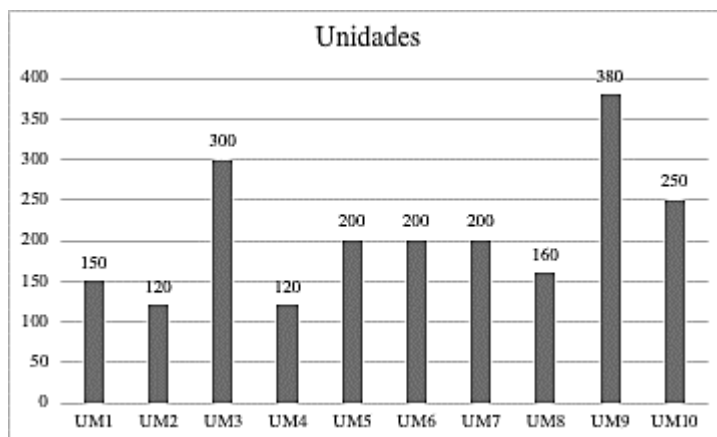


Figura 29: Abastecimiento del producto según los días. (Autor)

5.1.3. Número de unidades muestrales (UM)

El número de unidades de tallos adquiridos varía entre comerciantes (UM), de acuerdo al grado de aceptación que mantienen los compradores con relación al producto en términos de estado, calidad y color cómo lo detalla en la figura 30.

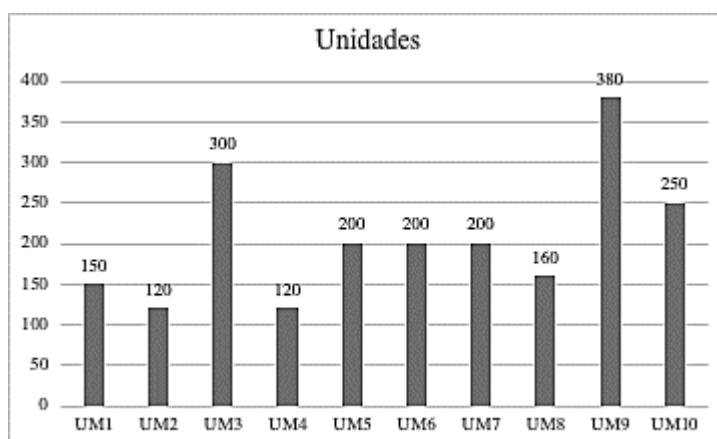


Figura 30: Abastecimiento del producto en base a la cantidad de tallos por UM. (Autor)

5.1.4. Tipo de residuo

De acuerdo a la figura 31 en la que se puede observar qué, una vez transcurridas las actividades comerciales el tipo de residuos que se generan está representado por el 90% del raquis del banano y el 10% del excedente orgánico de acuerdo con el levantamiento de información.

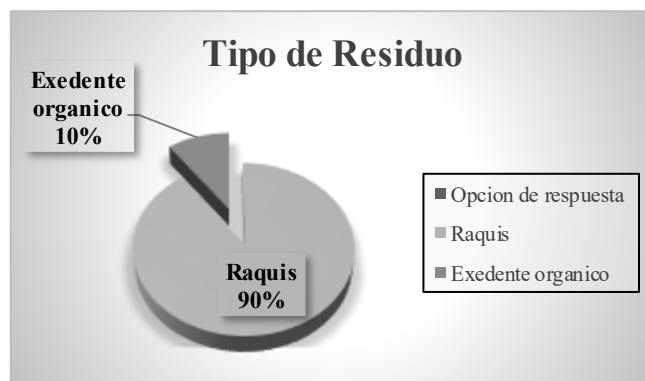


Figura 31: Tipo de residuo. (Autor)

5.1.5. Producción del residuo

Para calcular la generación de los residuos orgánicos de cada una de las unidades, se agruparon en base al peso diario y al peso generado durante una semana.

Como muestra la figura 32 de producción diaria se tomó en relación a la cantidad de residuo orgánico generado durante siete días para cada una de unidades muestrales, evidenciando que los días donde más residuo se produce es el lunes y jueves, seguido de los días miércoles, viernes y sábado donde se produce una cantidad media y el martes y domingo donde menos residuos se puede observar.

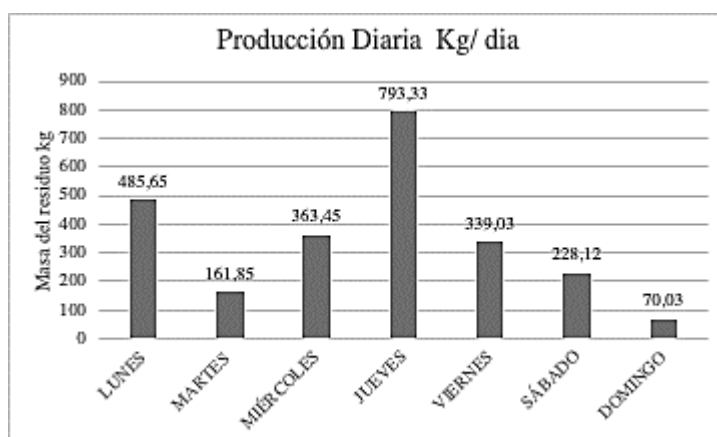


Figura 32: Producción diaria de residuo. (Autor)

Mientras que en la figura 33, se puede observar que existen unidades muestrales que son potenciales para la toma de datos en relación al peso en kilogramos de residuo de banano generado, conforme a la capacidad de expendio que presentan durante la semana.

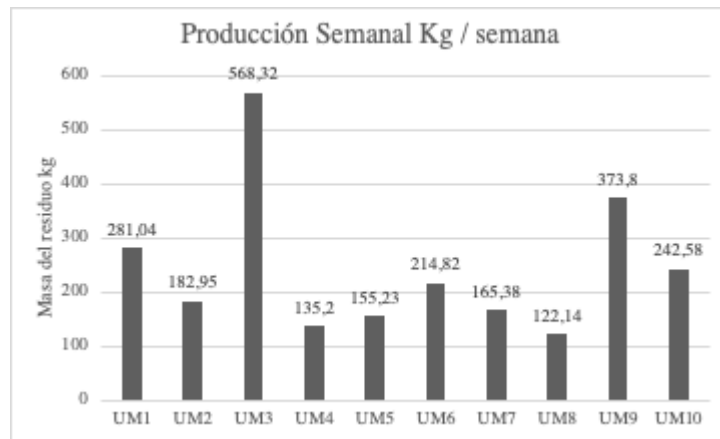


Figura 33: Producción semanal de residuo. (Autor)

5.1.6. Aplicaciones para el residuo

Está orientado principalmente al conocimiento que mantienen los comerciantes que se dedican a la comercialización del banano (*Musa paradisiaca*), en cuánto a las aplicaciones que se les puede brindar a los residuos generados de su actividad.

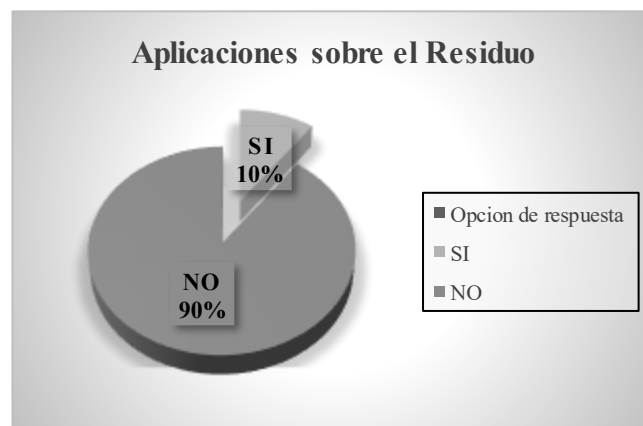


Figura 34: Aplicaciones que representa el residuo. (Autor)

Como muestra la figura 34, el 90% de los comerciantes desconoce las aplicaciones del residuo que generan las actividades comerciales de banano; mientras que el 10% aprovecha los residuos para uso propio o como reventa para actividades agropecuarias.

5.2. Caracterización

5.2.1. Caracterización química

Una vez realizados los ensayos correspondientes se aplicó los cálculos cuyos resultados de cada prueba se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 5: *Resultados de la caracterización química*

Muestra	% de Extraíbles	% de Lignina	% de Holocelulosa	% de Celulosa	% de Hemicelulosa
MR1	13,91	13,20	85,38	65,74	19,64
MEO1	21,00	6,13	75,60	57,74	17,86
MR2	14,20	11,09	80,21	64,13	16,08
MEO2	23,86	6,20	77,56	62,93	14,63

Autor

Una vez obtenido los resultados de las muestras de raquis y excedente orgánico del banano endémico de la provincia de Imbabura (MR1-MEO1) y las muestras de residuos o raquis del banano y excedente orgánico originario de la región de la costa (MR2-MEO2), se han organizado los resultados desde el más representativo al menos representativo de la siguiente manera: 23.86% (MEO2), 21,00% (MEO1), 14,20 % (MR2) y 13,91(MR1). Que comparando con la investigación realizada por Palacios (2016), se evidencia que los valores obtenidos demuestran ciertas semejanzas en el raquis del banano encontrando una diferencia de más el 3%.

En cuanto a los ensayos para la determinación de lignina, se valoró el resultado con mayor porcentaje en el cual se encuentra MR1(13,20%), seguido de MR2 (11,09%).

En lo que respecta a los ensayos de holocelulosa, el porcentaje corresponde a la suma de los valores obtenidos de celulosa y hemicelulosa, que en conjunto se obtiene un valor de 85,38 %. Siendo un valor que discrepa con otras investigaciones en la que expresan cantidades muy bajas en resultados del raquis representando el valor de 20,3%.

En el estudio de Palacios (2016), se observan claras excepciones respecto a los resultados obtenidos en la presente investigación, además existe coincidencia en los ensayos realizados al raquis del banano demostrando que contienen mayor porcentaje de polisacáridos.

En lo que se refiere a los ensayos realizados para la determinación de celulosa, se evidencia que existe un mayor porcentaje en M1R (65,74%) por lo que ésta muestra toma un valor significativo en la investigación; pero en mención al trabajo publicado por Palacios (2016), no presenta similitud en lo que se refiere al raquis, connotando una diferencia que representa un 22.43%.

La hemicelulosa, considerada el segundo componente más importante por su contenido después de la celulosa y que juntas permiten la obtención de biocombustible, los ensayos demuestran que en la muestra M1R (19,64%) se ha obtenido un valor con más diferencia entre los presentados de los distintos ensayos realizados (Palacios, 2016).

5.2.2. Poder calorífico

Los resultados obtenidos del análisis del poder calorífico de cada una de las muestras de residuos y las biomásas analizadas, son presentadas en la siguiente tabla:

Tabla 6: *Resultados del poder calorífico*

Muestra	Código	Poder Calorífico o calor total (Cal/g)
M1R	5142	5319
M1EO	5143	3171

M2R	5144	4025
M2EO	5145	3616

Autor

Los valores que competen al poder calorífico son los mismos que muestra la capacidad energética por la unidad de masa, por lo tanto, las muestras con mayor capacidad de energía son M1R, dando lugar a valores más significativos debido a que su composición estructural de cada muestra, lo que hace que los valores sean proporcionales al porcentaje de lignina obtenidos.

5.3. Experimentación

5.3.1. Evaluación del pH en la actividad enzimática

Para evaluar la efectividad de la hidrólisis enzimática en el proceso de experimentación, se tomó como parámetro el porcentaje de grados Brix producido por las enzimas en el momento que actúan como catalizadores transformando la celulosa en glucosa.

Según Paredes et al. (2010) en su estudio mencionan que las condiciones en cuanto a su especificidad garantizan la efectividad del hidrólisis, debido a que enzimas celulasas actúan en condiciones específicas u óptimas de pH y temperatura.

De acuerdo al modelo experimental, el sustrato se ajustó a un pH de 5.5 con el cual se desarrolló la hidrólisis enzimática, mostrando valores máximos de 4.9%, 5.4% y 5.6% de porcentaje de grados Brix en cada una de sus repeticiones como se detalla en la figura 35, que evalúa la producción del porcentaje Brix a distintas concentraciones de enzima, ajustando a un rango de pH específico.

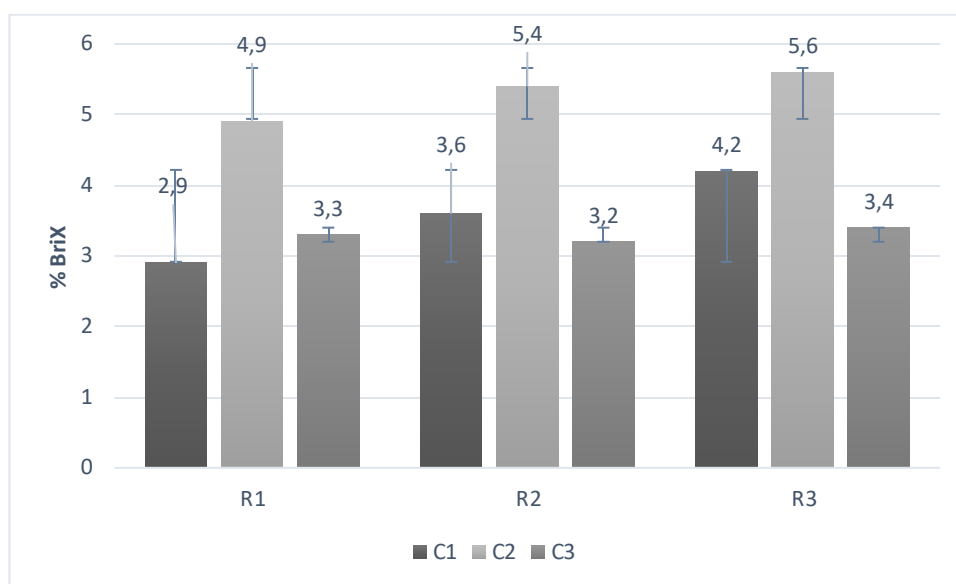


Figura 35: Evaluación del medio de acción en la actividad de las enzimas a un pH 5.5. (Autor)

En el segundo ensayo se modificó el sustrato ajustando el pH de 6.5, en el cual se desarrolló la hidrólisis enzimática mostrando valores máximos de: 3.2%, 2.9%, 2.7% porcentaje de grados Brix en cada una de sus repeticiones, como se detalla en la figura 36 que evalúa la producción de porcentaje de grados Brix a distintas concentraciones de enzima.

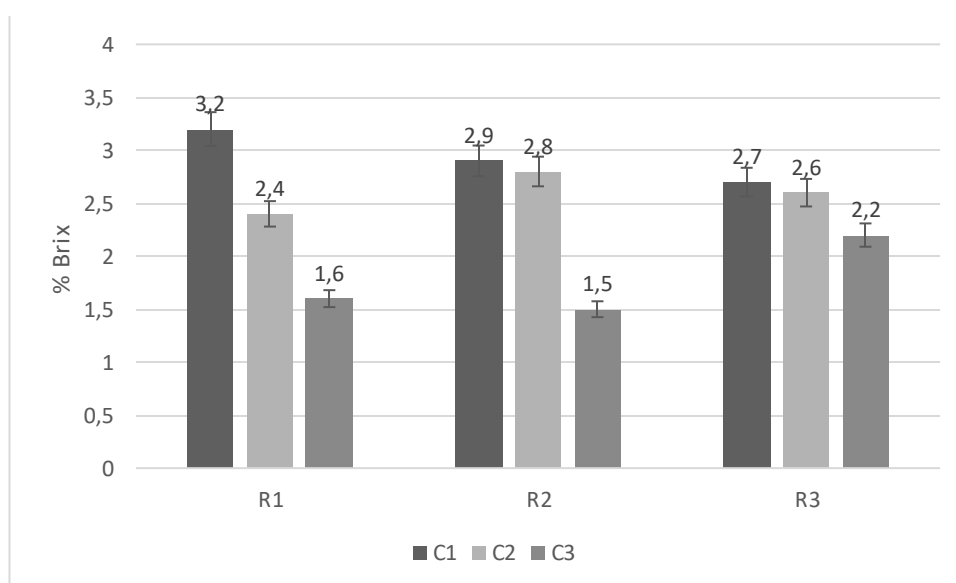


Figura 36: Evaluación del medio de acción en la actividad de las enzimas a un pH 6,5.

(Autor)

Al evaluar el medio de acción donde la concentración de enzimas en diferente pH, determina los procesos de conversión y coincide con el estudio de Espinoza (2013), que menciona el medio de acción y las condiciones de la enzima y que se evidencia en los ensayos realizados, donde el medio de acción influye de manera directa pero no presenta modificaciones en cuanto a la concentración que se adicionó al medio, como se evidencia en la figura 38 y 39. Sin embargo, al evaluar los mejores valores presentados en el porcentaje de grados Brix de la figura 38, se tiene que a un pH 5,5 muestra valores máximos de 4.9%, 5.4% y 5.6% en el Brix presentado en la muestra C2 (2%) en cada una de sus repeticiones (Paredes et al., 2010).

Al mismo tiempo se evalúa los mejores valores presentados en el porcentaje Brix en la figura 39, sin embargo, se tiene que a un pH 6.5 presenta una diferencia mostrando valores máximos de 3.2%, 2.9% 2.7% en cada una de sus repeticiones con referencia a la C1(1%). Mientras que la concentración C3(3%) que presenta mayor cantidad de enzima, no fue considerada debido a que se obtuvo valores reducidos en sus dos medios acción. Con lo que se puede concluir que la cantidad de enzimas que se adiciona al sustrato tiene una relación indirecta para la producción de grados Brix (Subhedar & Parag, 2013).

5.3.2. Evaluación del tiempo de acción de las enzimas

Según Salcedo et al. (2011), la acción sinérgica que presentan las enzimas, se plasma en el rendimiento y efectividad de la velocidad de hidrólisis, en ese sentido se evaluó la acción sinérgica de acuerdo a la evaluación del pH realizada en el ensayo de la figura 35, donde se menciona, que el medio que presenta mejores condiciones en los ensayos en cuanto a su rendimiento de porcentaje de grados Brix de la C2 en las repeticiones (R1, R2, R3) es el pH 5.5.

Tabla 7. *Evolución de la enzima en función del tiempo de PH1-C2.*

Nº	Tiempo	R1	R2	R3
1	12	1,3	1,5	1,8

2	24	1,9	1,8	2,7
3	36	2,5	2,8	3,4
4	48	3,3	3,3	4,6
5	60	3,8	4,1	5,5
6	72	4,9	5,4	5,6

Autor

De acuerdo con Carbonero (2015), las reacciones químicas que presentan condiciones homogéneas pueden ser aceleradas en presencia de un catalizador. Al comparar los ensayos preliminares con los mejores resultados, se toma como muestra representativa la concentración C2 (2%) de la enzima celulasa en función del tiempo durante la hidrólisis enzimática, la misma que presento valores representativos con lo cual se pudo evidenciar la relación cinética que presenta la enzima con en el medio de acción. La enzima inicia su proceso de reacción durante las primeras 12 horas, con la producción de porcentaje de grados Brix de 1,3 % en R1, 1,5% en R2 y 1,8% en R3; de acuerdo al avance del ensayo los valores del porcentaje Brix fueron tomados estableciendo un lapso de tiempo de 12 horas por cada medición con lo que se mostró un progreso de la reacción, donde las enzimas presentan estabilidad del porcentaje de grados Brix al transcurrir las 72 horas de la experimentación donde se obtuvieron valores máximos del porcentaje de 4,9 % en R1, 5,4 % en R2 y 5,6 % en R3 (Palacios, 2016).

Según Espinoza (2013), la concentración de enzima debe ser específica a los medios con las que actúan, estableciendo la relación directa a una concentración determinada y los medios requeridos de menor tiempo de acción de la enzima. Si la enzima no posee las condiciones necesarias, la cantidad específica de enzima no determinara el porcentaje de grados Brix en el menor tiempo.

5.3.3. Evaluación de % glucosa a distintas concentraciones de la enzima

DiPardo (2003), en sus estudios menciona que los materiales Lignocelulósicos deben pasar por un proceso de conversión de celulosa a azúcares simples por hidrólisis. La glucosa se puede determinar a partir del porcentaje de grados Brix resultante, el cual se fundamenta de un cálculo estequiométrico teórico, teniendo en cuenta que porcentaje Brix determinan la cantidad de azúcares totales, específicamente sacarosa presente en una muestra. Al ser la

sacarosa un disacárido que contiene en su estructura una molécula de fructosa y una molécula de glucosa, con dicho cálculo estequiométrico teórico, se obtuvo el valor de la glucosa presente en las muestras.

De acuerdo a la evaluación realizada en la figura 35 donde relaciona el medio específico para la acción de las enzimas y la concentración en el medio de acción de las enzimas, estableciendo como muestra más óptima el tratamiento pH1-C2, al que se efectuó el cálculo estequiométrico que evalúa el porcentaje de glucosa obtenida, mismo que presentó valores de: 25,78% en R1, 28,42% en R2 y 29,47% en R3 estableciendo que este tratamiento presento valores óptimos para el proceso fermentativo.

5.4. Resultados estadísticos de las pruebas realizadas.

Tabla 8: *Datos obtenidos prueba Shapiro-Wilk a través del programa SPSS*

Shapiro-Wilk		
Estadístico	gl	Sig.
0,944	18	0,335

Autor

De acuerdo a los análisis estadísticos con la prueba Shapiro- Wilk, se obtiene que la muestra presenta una significancia mayor a 0,05 en todos los tratamientos, demostrando que los datos de los 18 tratamientos provienen de una distribución normal.

Tabla 9: *Prueba de homogeneidad de varianza*

	Estadístico de			
	Levene	gl1	gl2	Sig.
GLUCOSA Se basa en la media	2,912	2	15	,085
Se basa en la mediana	2,526	2	15	,113
Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,526	2	6,992	,149

Se basa en la	2,849	2	15	,089
media recortada				

Autor

La Tabla 9 expone que, una vez ejecutada la prueba de Levene, se obtuvo una significancia superior a 0,05 en la media. Demostrando que los datos contienen una homogeneidad de varianza.

Tabla 10: ANOVA para Glucosa

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	12706336.667 ^a	5	2541267.333	17.233	,000
Intersección	91260050.000	1	91260050.000	618.875	,000
Concentraciones	12706336.667	5	2541267.333	17.233	,000041
Error	1769533.333	12	147461.111		
Total	105735920.000	18			
Total, corregido	14475870.000	17			

Autor

En la Tabla 10 la fuente modelo corregido recoge todos los efectos del modelo tomados conjuntamente (el de los factores, y el de la interacción). La significancia de esta fuente es inferior a 0.05, lo que indica que el modelo explica una parte de variabilidad. La fila Intersección se refiere a la constante del modelo y surge como el producto del número de casos por el cuadrado de la media total. Esta constante permitiría contrastar la hipótesis, en caso de ser de interés. Las dos siguientes filas dejan apreciar que tanto para el factor concentración como para el medio de acción, se obtuvo una significancia inferior a 0.05, por lo que se puede asumir que el medio de acción de la enzima y la concentración tienen un grado de variabilidad. Mientras que en la tercera fila de la interacción entre los dos factores también tiene una significancia inferior a 0.05, permitiendo aceptar un efecto pH –

Enzima en cada unidad experimental. Haciendo posible validar la hipótesis que los residuos lignocelulósicos producen glucosa a partir de un agente catalizador con una excelente producción de glucosa.

Tabla 11: *Prueba Tukey*

HSD Tukey			
CONCENTRACIONES	N	Subconjunto	
		1	2
C3	3	929.3333	
C1	3	1213.6667	
C2	3	1549.3762	
C3	3	1645.3241	
C1	3		2842.0000
C2	3		2947.0000

(Autor)

De acuerdo a la prueba Tukey, se deduce que la concentración uno y la concentración dos en un medio de acciones, son más efectivas a relación de las otras concentraciones estadísticamente fundamentada en la prueba TUKEY.

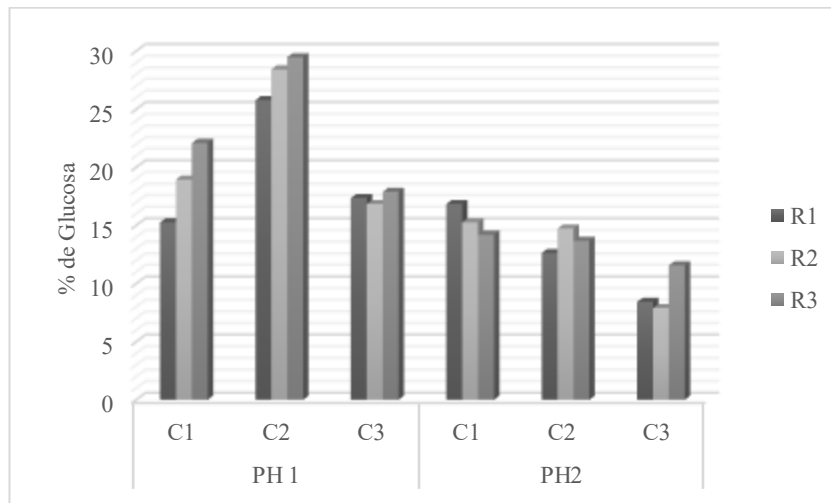


Figura 37: Evaluación de % de glucosa. (Autor)

De acuerdo al análisis estadístico, se observa seis subconjuntos representados por (C1, C2, C3) / (C1, C2, C3) dónde el subconjunto A representado por la C1 presenta valores representativos en cuanto a la producción de glucosa, mientras que, en el subconjunto B sus valores son más representativos en cuanto a la producción de glucosa con diferencia del subconjunto A. Reflejado en el análisis estadístico realizado a partir de la prueba Tukey y con la representación de la figura 37.

5.4.1. Evaluación del proceso fermentativo

En el estudio de Fajardo y Sarmiento (2007) se menciona, que la cantidad de grados Brix en un experimento es un factor determinante en las fases del ciclo de vida celular de las levaduras, en cuanto a su multiplicación celular (crecimiento exponencial) y fase estacionaria.

De acuerdo a la evaluación de glucosa se tomó el valor más representativo en base a la C2 en R3 con un porcentaje de glucosa de 29,47 % a partir del cálculo estequiométrico que se realizó a partir de los grados Brix obtenidos en los ensayos, que detalla que el medio y el tipo de concentración mantienen una efectividad en la producción de Glucosa, convirtiéndose en un factor determinante en la evaluación de la fermentación. Como se observa en la figura 38

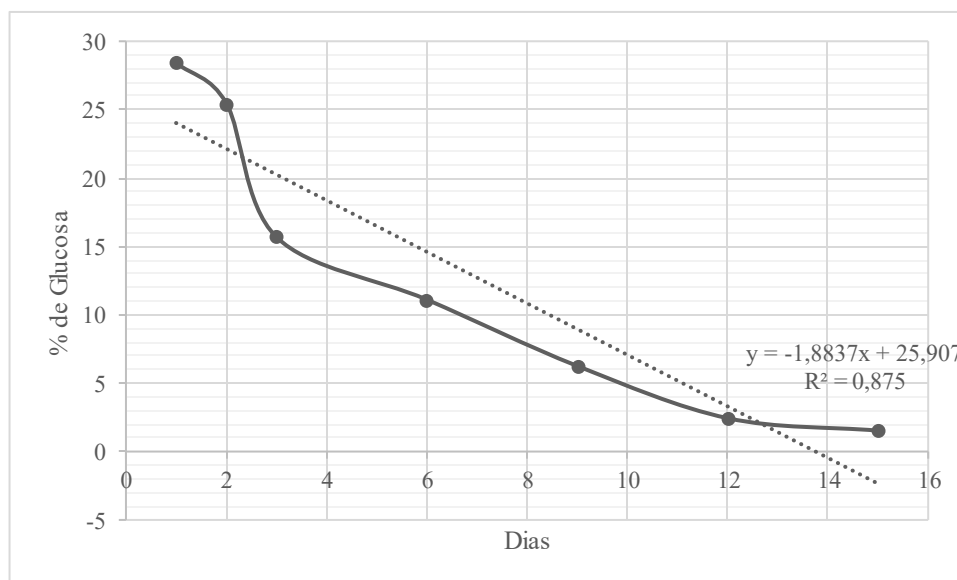


Figura 38: Evaluación de la efectividad de la levadura primer ensayo. (Autor)

Dado que las concentraciones altas de azúcares afectan los procesos de ósmosis dentro de la membrana celular, el rango óptimo de concentración de azúcar es de 20% a 25%, puesto que a concentraciones de 30% las levaduras empiezan a tener problemas en su proceso de respiración celular.

Según el estudio se observa que los ensayos se manejaron con un porcentaje de glucosa de entre el 20 al 28% donde se consideró que su proceso de ósmosis y funciones en la membrana celular se realizó de manera normal como se observa en la figura 38 donde las levaduras empiezan a realizar su proceso de fermentación para la obtención de alcohol, con lo que se concluye que la efectividad de la fermentación se evalúa con el tiempo de reducción de glucosa. En el ensayo realizado en la figura 38 se evidencia la disminución del porcentaje de glucosa que inicia el proceso de fermentación en su valor máximo de 29,47 %; terminando el proceso de la acción de levadura con un valor del 5% de glucosa, en el que se estabilizó observando que la conversión de azúcar en alcohol llega a un punto de equilibrio donde la acción de la levadura se mantiene constante con relación al porcentaje de glucosa, en los resultados obtenidos se observa que la cepa *Saccharomyces cerevisiae*. En el estudio de Hespell (1997), la alta producción de etanol con todos los azúcares en condiciones anaerobias donde la levadura actúa.

5.4.2. Evaluación del porcentaje de alcohol

Según Chianese y Zinamosca (1990), el principal objetivo de la destilación es separar los distintos componentes de una mezcla aprovechando para ello sus distintos grados de volatilidad. Otra función de la destilación es separar los elementos volátiles de los no volátiles.

La destilación se basa en dos métodos principales, el primero se fundamenta en el principio de acción en el momento que la mezcla se calienta a una temperatura constante. Este método es simple, pero tiene la desventaja que la obtención del alcohol es de una pureza limitada (Chianese & Zinamosca, 1990).

El segundo método es la destilación fraccionada considerada una técnica más efectiva para separar líquidos con puntos de ebullición similares. Este método se fundamenta en el principio del gradiente de temperaturas en la etapa del condensador del equipo; a menudo en esta técnica se utiliza un condensador vertical o una columna, Las fracciones se pueden purificar aún más mediante una segunda destilación.

A partir de la evaluación realizada en la figura 38 que menciona la efectividad de la levadura en el proceso de fermentación, como único ensayo realizado se procede a realizar el proceso de destilación para la obtención de alcohol.

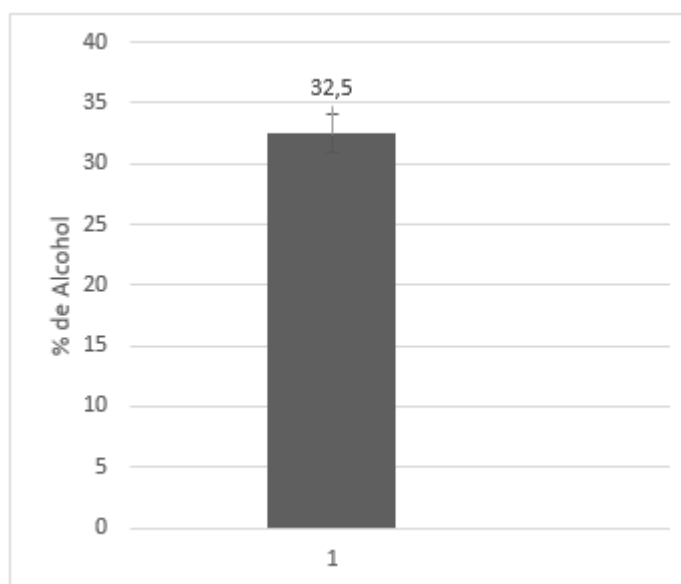


Figura 39: Alcohol obtenido terminado el proceso destilación. (Autor)

En la figura 39 se representa que una vez finalizado su proceso de destilación se obtiene el 32.5 % de alcohol.

5.5. Socialización

La socialización fue realizada en la compañía de economía mixta Mercado Mayorista de Ibarra durante el término de las actividades comerciales en el salón de actos, con los comerciantes que se dedican al expendio y comercialización de banano, además de la presencia de docentes de forma virtual por la plataforma ZOOM.

El propósito de la socialización fue exponer la investigación realizada, mostrando así, cuál es el efecto de las distintas concentraciones de enzimas en la producción de glucosa para la obtención de Bioetanol.

La investigación fue recibida de una manera grata de parte del foro, durante la exposición se entregó una encuesta a cada participante, viéndose reflejado entre los resultados más importantes que el 80% de los encuestados dieron una calificación muy alta considerando que el tema investigativo posee relevancia para algún actor o sector de la sociedad. El 75%

del foro cree que es muy alta la perspectiva de estudios complementarios a la investigación. El 90,3% de los encuestados creyeron que es muy alta la generación de beneficio para alguna organización, empresa, comunidad o institución. Y en función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, consideraron muy alto su cumplimiento un 50% de los encuestados. (Figura 40)

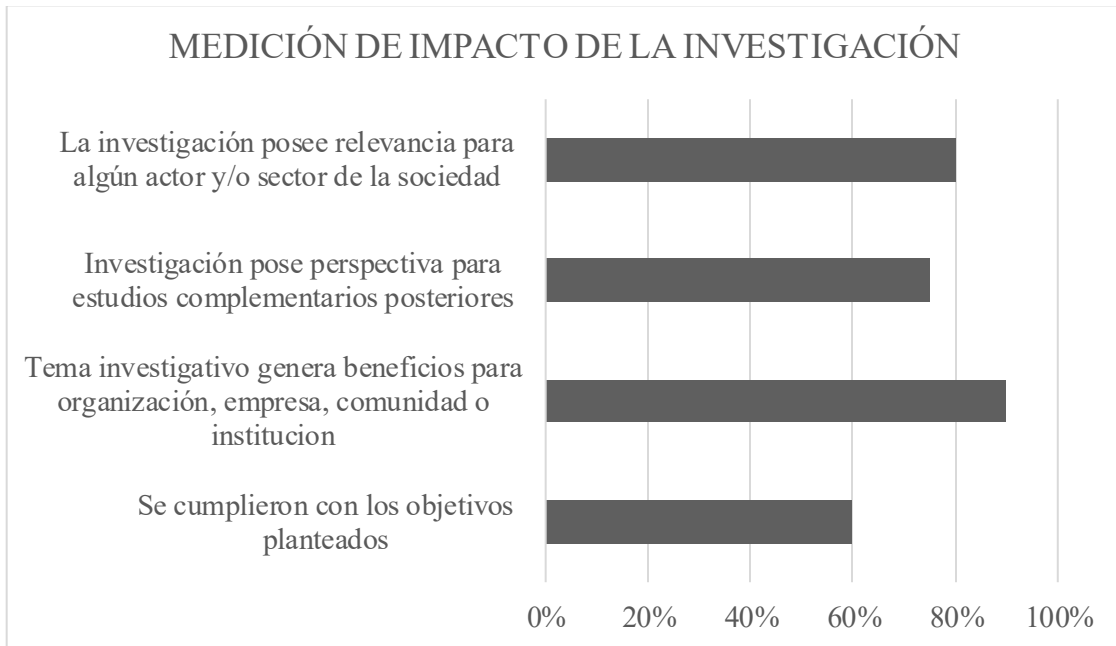


Figura 40: Medición de impactos de la investigación. (Autor)

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

- El presente estudio, realizado en la compañía de economía mixta Mercado Mayorista de Ibarra establece que existen residuos orgánicos específicos que son generados dentro de esta institución y que presentan una potencialidad a partir de una experimentación para obtener biocombustibles
- Las concentraciones de enzimas se ven afectadas de acuerdo al medio de acción en el cual son colocadas, ya que existe una relación indirecta, donde mayor cantidad de enzimas presenta menor eficiencia con lo que se concluye que el medio de acción cumple un factor determinante en la capacidad catalítica de las enzimas.
- El factor de glucosa es indispensable en cuanto al proceso de fermentación por la especificidad de las condiciones que presenta la levadura sobre la efectividad en la fermentación, y por consiguiente será un valor determinante para la obtención de alcohol.
- El porcentaje de alcohol que se obtiene en cada 100 ml de muestra es del 35% de alcohol en su forma más pura de destilación.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar más investigaciones en base a la utilización de enzimas como catalizadores para la obtención de glucosa.
- Incentivar a los comerciantes que se dedican a la venta y comercialización de banano dando a conocer los beneficios que obtendrán con el aprovechamiento de los residuos generados en el cultivo del plátano.
- De acuerdo a los costos generados por la adquisición de una enzima se recomienda utilizar medios alternativos para la producción de enzimas celulasas, ya sea por medios de cultivos de hongos, ya que los costos de producción serían relativamente menores a un costo comercial en la obtención de la enzima.
- Incentivar el uso de biocombustibles para la reducción del impacto que genera el cambio climático a causa del uso de combustibles fósiles

CAPITULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrocalidad. (2016). Análisis foliar del cultivo de banano. Quito.
<https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ter2.pdf>
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Secretaría de Salud del Estado de Tabasco México, 11(1–2), 333–338.
<https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Álvarez, A. (2013). Caracterización química de biomasa y su relación con el poder calorífico. Universidad de Oviedo, 2.
- Alvitres, V. (2000). Planificación de la investigación. Modelo científico, Peru, 200–205.
- Area, M., & Vallejos, E. (2012). Bio refinería a partir de residuos lignocelulósicos. Conversión de residuos a productos de alto valor, 191.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17633/4/UPS-CT008382.pdf>
- Arrieta, W. (2016). Diseño de un biodigestor doméstico para un aprovechamiento energético del estiércol de ganado. Universidad de Piura. Published.
<https://hdl.handle.net/11042/2575>
- ASTM D1104-56. (1978). Method of test for holocellulose in Wood. American Society for Testing and Materials. Published.
- Banco Central del Ecuador. (2017). Información estadística mensual (N.o 1988). Registro Oficial N° 332.
<https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>
- Bolaños, K. (2011). Situación actual del manejo de residuos sólidos en el Perú. Ministerio del Ambiente- Perú., Dirección General de Calidad Ambiental.
- Bušić, A., Marđetko, N., Kundas, S., Morzak, G., Belskaya, H., Ivančić ŠAntek, M., Komes, D., Novak, S., & ŠAntek, B. (2018). Bioethanol production from renewable raw materials and its separation and purification: A review. Food technology and biotechnology. University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology, 3(56), 289–311.
<http://www.ftb.com.hr/images/pdfarticles/2018/July-September/FTB-56-289.pdf>

- Bustamante, A. (2016, 23 abril). PRO ECUADOR [Comentario sobre el artículo “Exportaciones del banano en el ecuador”]. Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones del Ecuador. Ecuaxotics,. <https://www.linkedin.com/in/alejandra-bustamante-75318637/>
- Campos, J., Repullo, R., & Anguita, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos. *Aten Primaria*, 31(8), 140–144. <https://core.ac.uk/download/pdf/82245762.pdf>
- Carbonero, P. (2015). Enzimas. *Complementos de bioquímica industrias agrícolas*, 34, 7–12.
- Carchi, D. (2014). Aprovechamiento de los residuos agrícolas provenientes del cultivo de banano para obtener nanocelulosa. *Universidad de Cuenca*, 30–34.
- Cardona, C., Sanchez, O., Montoya, M., & Jullian, Q. (2015). Simulación de los procesos de obtención de bioetanol a partir de la caña de azúcar y maíz. *Scientia et técnica sigl XXI*, 11, 187–192.
- Casillas, M. (2010). Pretratamiento de biomasa celulósica para la obtención de etanol en el marco de una biorrefinería. *Universidad Politecnica de Madrid*, 3(4).
- Castillo, E., & Medina, L. (2014). Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de veracruz, México. *Instituto de Contaminación Ambiental*, 30(1), 81–90.
- Chianese, A., & Zinamosca, F. (1990). Ethanol dehydration by azeotropic distillation with a mixed-solvent entrainer. *The Chemical Engineering Journal*, 2(43), 59–65.
- CIDET. (2008). Alternativas de proyectos de energía para la región bananera de urabá. *Corporación centro de investigación y desarrollo tecnológico, Medellín*.
- Cuadro de datos de la población mundial. (2013). *Population Reference Bureau-PRB*. https://www.prb.org/pdf14/2013-population-data-sheet_spanish.pdf
- Dahnum, D., Octavia, S., Triwahyuni, E., & Nurdin, M. (2015). Comparison of SHF and SSF processes using enzyme and dry yeast for optimization of bioethanol production from empty fruit bunch. *Energy Procedia*, 68, 107–116.
- DiPardo, J. (2003). Outlook for biomass ethanol production and demand. *Forecasts*. Published.

- Escalante, J., & Fuentes, H. (2013). Estudio experimental de obtención de bioetanol a partir de residuos agrícolas de banano orgánico en piura. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Peru, 80–90.
- Escobar, R. (2005). Caracterización química de la madera del primer raleo de pino caribe. Biblioteca USAC. Published. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0947_Q.pdf
- Espinoza, J. (2013). Obtención de etanol mediante hidrólisis alcalina, enzimática y fermentación a partir del excedente orgánico del banano variedad musa paradisiaca. Universidad Central del Ecuador, Quito, 34–35. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1821/1/T-UCE-0017-44.pdf>
- Estrada, C. (2014). Celulosa. Universidad Nacional Autónoma de México. Published.
- Fajardo, C., & Sarmiento, F. (2007). Estudio de la evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *sacharomyces cerevisiae*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Fernández, R., & Vazquez, A. (2017). Estudio de la obtención de bio etanol a partir de diferentes tipos de biomasa lignocelulósica. Matriz de reacción y optimización, 70–74.
- Fernández, G., Gutierrez, F., Alfaro, G., del Rio, P., Bahilo, A., Sanchez, J., & Aracil, J. (2015). Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética. Madrid: Mundi-Prensa. Published.
- GAD San Miguel de Ibarra. (2014). Municipalidad de Ibarra plan de ordenamiento territorial (PDOT IBARRA). http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/IBARRA/INFORMACION_GAD/01%20CANTON%20IBARRA_PDOT/1%20Plan%20de%20Desarrollo%20y%20Ordenamiento%20Territorial%20del%20Cantón%20Ibarra/PARTE%201%20-%20PLAN%20IBARRA%202031.pdf
- GAD San Miguel Ibarra. (2020). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Ibarra. https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/estrategico/PDYOT_2020.pdf
- García, B. (2013). Obtención de celulosa microcristalina a partir del bagazo de caña de azúcar. ICIDCA, 57–63.

- Garzón, C., Catalina, S., & Hernadez, L. (2016). Estudio comparativo para la producción de etanol entre *saccharomyces cerevisiae* silvestre, *saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763 y *candida utilis* ATCC 9950. Catalina. Published. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1689/1/66182G345.pdf>.
- GlobalBioenergyStatistics. (2017). WorldBioenergyAssociation. <http://www.worldbioenergy.org/global-bioenergy-statistics/>
- Gutierrez, A., & del Rio, J. (2010). Composición química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas. omposición química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas. Published.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2003). Metodología de la investigación. McGraw-hill. Published.
- Hespell, R., Bothast, J., Dale, B., & Chen, Z. (1997). Fermentation of corn fibre sugars by an engineered xylose utilizing *sacchamyces* yeast strain. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 13(3), 341–346.
- Heysen, T. (2019). Cuantificación de residuos orgánicos domiciliarios generados en el centro poblado de puerto almendras, propuesta para la producción de compost. Facultad de agronomía escuela de formación profesional de ingeniería en gestión ambiental, Peru, 26–35.
- INEC. (2018, julio). Censo nacional agropecuario. Instituto nacionak de estadistica y censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- INIAP. (2016). Fortalecimiento de pequeños productores de banano; integración de los actores, manejo de plagas y estrategias de salud de los suelos. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 6–40. <https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2018/05/Proyecto%20Banano%20Orgánico.pdf>
- Informe De Análisis Proyecto Producción De Hidrógeno. (2015). Análisis proximal y elemental de los residuos de la planta de banano *musa cavendish*. Universidad de Cuenca. Published.
- Karp, G. (2008). *Biología celular y molecular*. Estudio de investigación biológica, 5, 571.

- Mao, C., Feng, Y., Wang, X., & Ren, G. (2015). Revisión de los logros de la investigación del biogás de la digestión anaeróbica. Elsevier, 541–544.
- Ministerio de Comercio exterior. (2017, diciembre). Informe sector bananero ecuador (N.o 061). <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-español-04dic17.pdf>
- Ministerio de comercio exterior. (2017, diciembre). Informe del sector bananero ecuatoriano. MCE.
- Misterio Del Ambiente Y Desarrollo Sostenible. (2015). Guía metodológica para la caracterización de los residuos sólidos urbanos. Gobierno nacional de Paraguay. Published. https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=182765
- Núñez, E. (2008). Obtenido químico de la madera y pulpa. Química de la Madera. Published. <http://www.cenunez.com.ar/archivos/69-PulpayPapelISextaParte.pdf>
- Palacios, M. (2016). Caracterización química de la biomasa procedente de las hojas, pseudotallo, raquis y pseudopeciolo de la planta de banano y su relación con el poder calorífico. Facultad de ciencias químicas escuela de ingeniería química, 50–55.
- Palacios, A. (2007). Utilización de residuos agroindustriales de la costa en la obtención de setas pleurotusostreatusvar florida y pleurotuspulmonariusvar florida [Tesis Ing, Alim.]. Universidad Técnica de Ambato-FCIAL, Ambato, Ecuador.
- Pandey, A., Larroche, C., Dussap, G., & Gnansounou, E. (2011). Biocombustibles: Materias primas alternativas y procesos de conversión. University Oxford. Published.
- Paredes, D., Alvarez, M., & Silva, M. (2010). Obtención de enzimas celulasas por fermentación sólida de hongos para ser utilizadas en el proceso de obtención de bioalcohol de residuos del cultivo de banano. Revista Tecnológica ESPOL, 23(1), 81–88.
- Perez, J., & Noriega, J. (2011). Fisiología general. Departamento de Fisiología y Farmacología. Published. <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/879/course/section/967/Tema%25202B-Bloque%2520I-Enzimas.pdf>

- Rafael Correa Delgado. (2012, septiembre). Decreto ejecutivo (N.o 1303). Presidente Constitucional de la Republica. <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00193.pdf>
- Rosbaco, J. (2016). Tratamiento con una enzima biologica para incrementar la produccion. Investigación de casos históricos. Published.
- Ruiz, J. (2012). Metodología de la investigación cualitativa. Bilbao: Universidad de Deusto. Published.
- Ruiz, P. (2012). Manejo de banano orgánico. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Published. http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-92645.pdf
- Salcedo, M., López, G., Flores, P., & Marina, L. (2011). Evaluación de enzimas para la hidrólisis de residuos (hojas y cogollos) de la cosecha caña de azúcar. Universidad Nacional de Colombia, 78(169), 182–190.
- Subhedar, B., & Parag, R. (2013). Intensification of enzymatic hydrolysis of lignocellulose using ultrasound for efficient bioethanol production. Dyna. Published.
- TAPPI. (2002). One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Technical association of the pulp and paper industry, T 212 om-02, 1–4.
- TAPPI. (2006). Acid-insoluble lignin in wood and pulp (reaffirmation of t 222 om-02). TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, 1–14.
- Tomás Pejó, M. (2010). Bioetanol de paja de trigo: Estrategias de integración de las etapas del proceso. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Published.
- Tracking clean energy progress. (2017). Tracking Clean Energy Progress. <https://www.ourenergypolicy.org/wpcontent/uploads/2017/05/TrackingCleanEnergyProgress2017.pdf>
- Universidad De Cuenca. (2015). Proyecto de producción de hidrógeno. Universidad de Cuenca. Published.
- Viñals, M., Bell, A., Michelena, G., & Ramil, M. (2012). Obtención de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar, 7–16.

Zhang, C., Su, H., Baeyens, J., & Tan, T. (2014). Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. Elsevier, 383–390.

CAPITULO IX

ANEXOS

Anexo 1: Levantamiento de información



ENCUESTA DE CUANTIFICACION DE RESIDUO

FECHA:

MUESTRA:

NOMBRE DEL PROPIETARIO:

- CONOCE EL ORIGEN DEL PRODUCTO

.....

- CUANTO TIEMPO USTED SE ENCUENTRA EN LA COMERCIALIZACION DEL BANANO

.....

- CUALES SON LOS DIAS DE ABASTECIMIENTO DEL PRODUCTO

.....

- SABE CUAL ES EL PESO APROXIMADO DE UNA UNIDAD

.....

- CUANTAS UNIDADES USTED RESIVE PARA EL EXPENDIO

.....

- QUE TIPO DE RESIDUO USTED POR LO GENERAL DESECHA

.....

- SABE CUAL ES EL PESO APROXIMADO DE LA UNIDAD DE RESIDUO

.....

- USTED SABE LA CANTIDAD DEL RESIDUO

.....

- TIENE ALGUN CONOCIMIENTO DEL APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO

.....

Anexo 2: Fotografías Experimentación

Preparación de la muestra



Preparación de la muestra



Secado de la muestra

Reducción de partícula de muestra

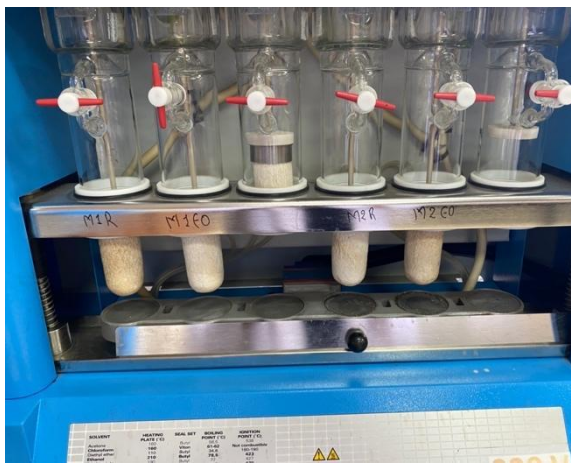


Triturado de la muestra



Tamizado de muestra con malla número
60-80-100 mm

Eliminación de Extraíble

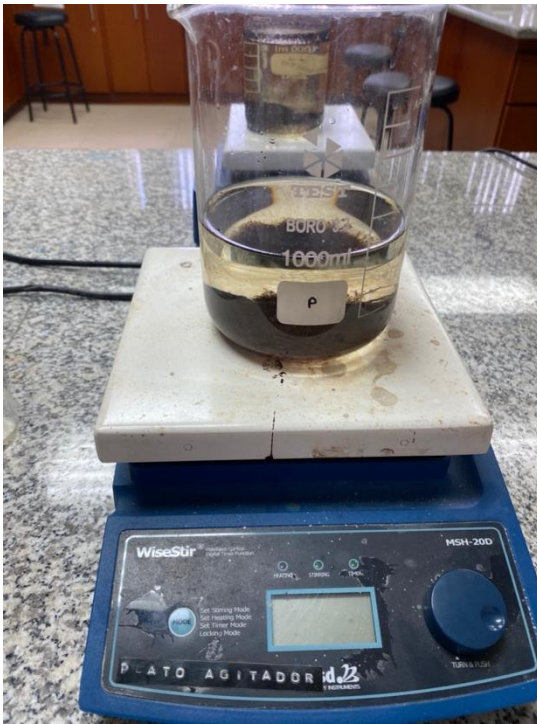


Colocación de las muestras en la máquina de extracción

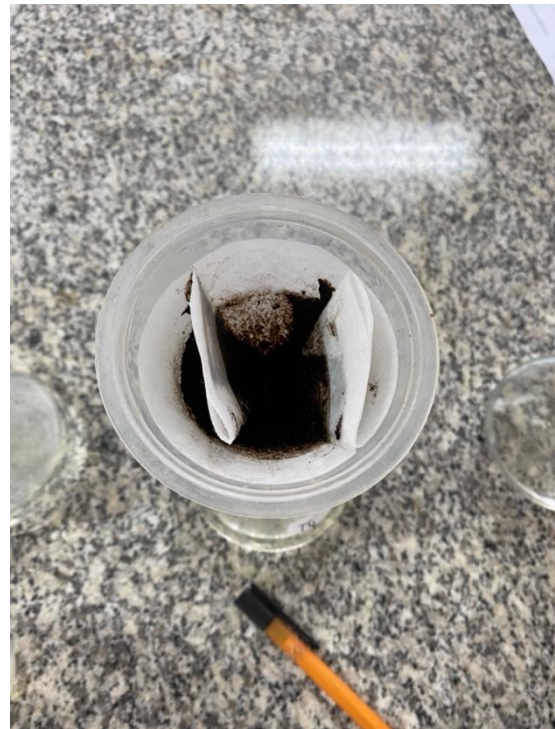


Finalización del proceso de extracción

Determinación de lignina

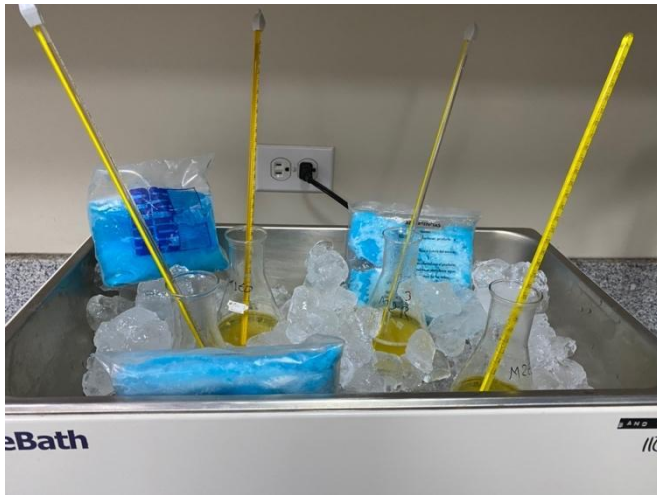


Muestra de Raquis y Excedente Orgánico aplicando una hidrolisis acida



Eliminación del ácido con lavados

Determinación de Holocelulosa



Enfriamiento de las muestras con un baño
De hielo

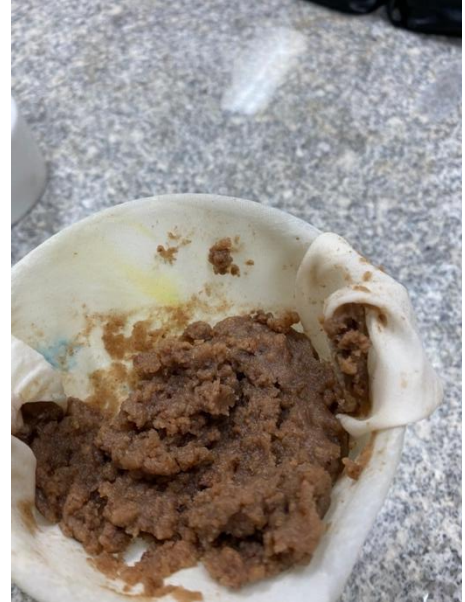


Muestras después del tratamiento
 NaClO_2 y CH_3COOH

Hidrólisis alcalina



Colocación de ecuación de las muestras en la hidrólisis alcalina a una temperatura y en constante movimiento en el plato calentador



Lavado y eliminación de residuos resultado de la hidrólisis alcalina

Hidrolisis enzimática.



Colocación de las concentraciones de enzima

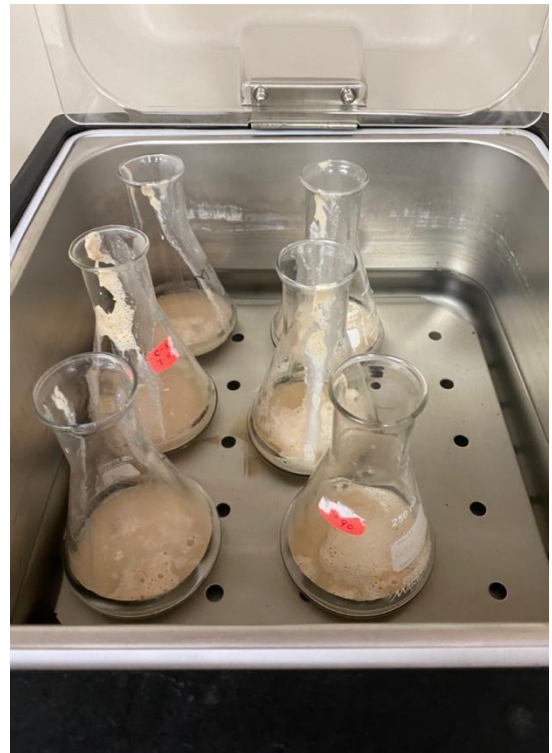


Resultado del proceso enzimático

Proceso de la fermentación.



Colocación de la levadura en un proceso de activación

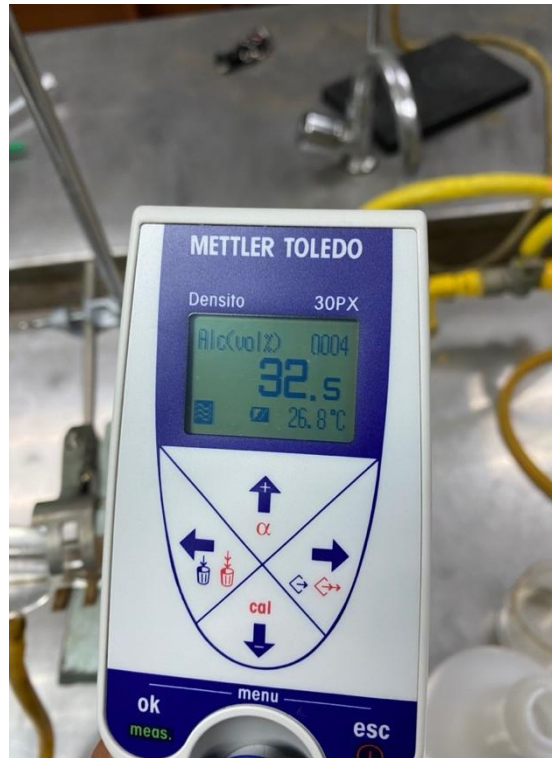


Colocación de la muestra con la levadura en la incubadora

Proceso de destilación.



Proceso de destilación de la muestra



Proceso de medir el grado alcohólico

Anexo: 3 Socialización

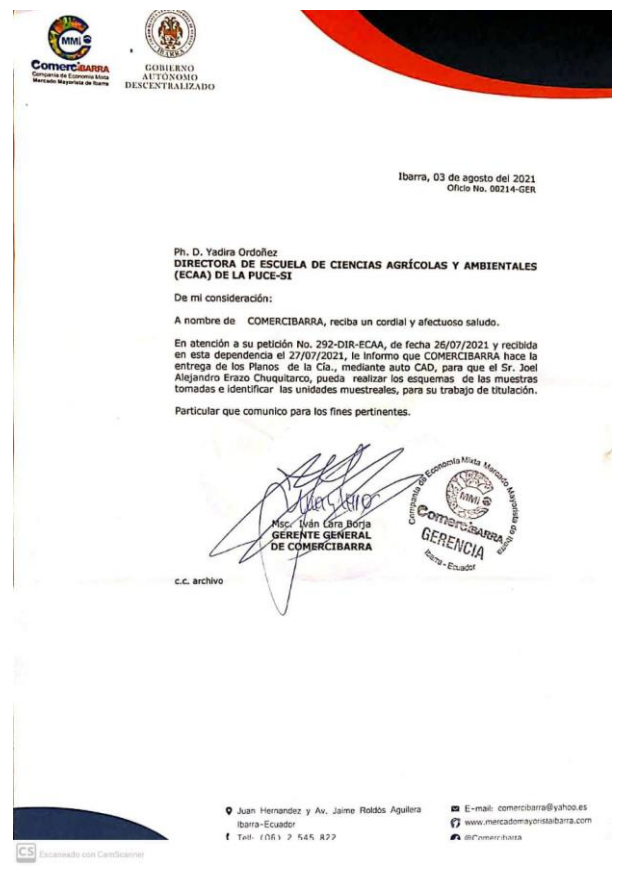
Socialización del proyecto

Socialización del proyecto a los comerciantes que se dedican al expendio y comercialización del banano dentro del Mercado Mayorista en la Provincia de Imbabura.



Anexo: 4 Oficios Presentados

Oficios de aceptación de la empresa de economía mixta Mercado Mayorista Ibarra



Anexo: 5 Cálculos

CÁLCULOS DETERMINACIÓN QUÍMICA

Eliminación de Extraíbles:

M1R

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{(PMo - PMf)}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{(4,0285 - 3,4680)}{4,0285} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{0,5605}{4,0285} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = 0,1391 \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = 13,91 \%$$

M1EO

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{(PMo - PMf)}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{(4,2860 - 3,3801)}{4,2860} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{0,9059}{4,2860} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = 0,2100 \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = 21,00 \%$$

M2R

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{(PMo - PMf)}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{(4,0168 - 3,4464)}{4,0168} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{0,5704}{4,0168} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = 0,1420 \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = 14,20 \%$$

M2EO

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{(PMo - PMf)}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{(4,1345 - 3,1477)}{4,1345} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = \frac{0,9868}{4,1345} \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = 0,2386 \times 100$$

$$\% \text{ Extractivos} = 23,86 \%$$

Cálculos para la determinación de lignina

M1R

$$\% \text{ Lignina} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = \frac{0,1435}{1,0387} \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = 0,1320 \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = 13,20 \%$$

M1EO

$$\% \text{ Lignina} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = \frac{0,0615}{1,0026} \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = 0,0613 \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = 6,13 \%$$

M2R

$$\% \text{ Lignina} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = \frac{0,1123}{1,0120} \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = 0,1109 \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = 11,09 \%$$

M2EO

$$\% \text{ Lignina} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = \frac{0,0622}{1,0023} \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = 0,062 \times 100$$

$$\% \text{ Lignina} = 6,20 \%$$

Cálculos para la determinación de Holocelulosa

M1R

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{1,7423}{2,0406} \times 100$$

$$\% \text{ Holocelulosa} = 0,8538 \times 100$$

$$\% \text{ Holocelulosa} = 85,38 \%$$

M1EO

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{1,5958}{2,1108} \times 100$$

$$\% \text{ Holocelulosa} = 0,7560 \times 100$$

$$\% \text{ Holocelulosa} = 75,60 \%$$

M2R

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{1,6262}{2,0272} \times 100$$

$$\% \text{ Holocelulosa} = 0,8021 \times 100$$

$$\% \text{ Holocelulosa} = 80,21 \%$$

M2EO

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Holoceulosa} = \frac{1,6512}{2,1289} \times 100$$

$$\% \text{ Holoceulosa} = 0,7756 \times 100$$

$$\% \text{ Holoceulosa} = 77,56 \%$$

Cálculos para la determinación de celulosa

M1R

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{0,7768}{1,1815} \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = 0,6574 \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = 65,74 \%$$

M1EO

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{0,2096}{0,3630} \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = 0,5774 \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = 57,74 \%$$

M2R

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{PMf}{PMo} \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{0,6508}{1,0148} \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = 0,6413 \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = 64,13 \%$$

M2EO

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{PM_f}{PM_o} \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{0,2325}{0,3694} \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = 0,6293 \times 100$$

$$\% \text{ Celulosa} = 62,93 \%$$

Cálculos para la determinación de hemicelulosa:

M1R

$$\% \text{ Hemicelulosa} = \% \text{ Holocelulosa} - \% \text{ Celulosa}$$

$$\% \text{ Hemicelulosa} = 85,38 - 65,74$$

$$\% \text{ Hemicelulosa} = 19,64$$

M1EO

$$\% \text{ Hemicelulosa} = \% \text{ Holocelulosa} - \% \text{ Celulosa}$$

$$\% \text{ Hemicelulosa} = 75,60 - 57,74$$

$$\% \text{ Hemicelulosa} = 17,86$$

M2R

$$\% \text{ Hemicelulosa} = \% \text{ Holocelulosa} - \% \text{ Celulosa}$$

$$\% \text{ Hemicelulosa} = 80,21 - 64,13$$

$$\% \text{ Hemicelulosa} = 16,08$$

M2EO

$$\% \text{ Hemicelulosa} = \% \text{ Holocelulosa} - \% \text{ Celulosa}$$

$$\% \text{ Hemicelulosa} = 77,56 - 62,93$$

$$\% \text{ Hemicelulosa} = 14,63$$

CALCULO DE % DE GLUCOSA

Relación estequiométrica entre glucosa y sacarosa.

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ mg de} \\
 \text{glucosa} \\
 \hline
 \end{array}
 \times \begin{array}{r}
 1 \text{ mmol} \\
 \text{glucosa} \\
 180.12 \text{ mg} \\
 \hline
 \end{array}
 \times \begin{array}{r}
 1 \text{ mmol de} \\
 \text{sacarosa} \\
 180.12 \text{ mg} \\
 \hline
 \end{array}
 \times \begin{array}{r}
 342.239 \text{ mg} \\
 \text{de sacarosa} \\
 1 \text{ mmol de} \\
 \text{glucosa} \\
 \hline
 \end{array}
 = 1.9$$

1 mg de glucosa representan a 1.9 mg de sacarosa en la reacción de hidrolisis

Determinación de glucosa.

2,9 Brix	1g Sacarosa	100 mg solución	100g solución
----------	-------------	-----------------	---------------

$$\begin{array}{r}
 1 \text{mg Glucosa} \\
 X \\
 \hline
 \end{array}
 \quad \left| \quad \begin{array}{r}
 1,9 \text{ mg Glucosa} \\
 2900 \text{mg} \\
 \hline
 \end{array}$$

X = 1526.31mg / 100g solución = 15,26 g