UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRION

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO DE ABASTO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUACHO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AMBIENTAL

WESLY CHRISTIAN ARELLANO ROMERO

HUACHO – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRION

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO DE ABASTO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUACHO"

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador

CHÁVEZ BARBERY, LUIS MIGUEL
INGENIERO AGRÓNOMO
C.I.P. Nº 24794 – DNZ-053

Ing. Luis Miguel Chavez Barbery

Presidente

FREDY ROMAN
PAREDES AGUIRRE
INGENIERO QUIMICO
CIP Nº 96123

Ing. Fredy Román Paredes Aguirre

Secretario

Ing. Eroncio Mendoza Nieto

Vocal

VICTOR RAUL COCA RAMIREZ
INGENIERO QUIMICO
Reg. del Colegio de Ingenieros Nº 48044

Ing. Víctor Raúl Coca Ramírez

Asesor

HUACHO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi madre por enseñarme que todo sacrificio tiene su recompensa, por brindarme el ejemplo de persona a seguir, por dar lo mejor de sí para que hoy pueda ser una persona de bien, estoy eternamente agradecido.

A mí amada hija y pareja por ser la inspiración de cada día de buscar ser alguien mejor, cada una de las anécdotas vividas es lo que más atesoro en mi corazón, sé que un futuro hermoso nos depara el tiempo.

A mis amigos, compañeros y familiares que de una u otra manera me han apoyado para lograr mis objetivos trazados.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión por haberme permitido realizar mi formación profesional, así como a todos los docentes que compartieron su conocimiento en el desarrollo de cada clase.

A mi asesor, Ing. Víctor Raúl Coca Ramírez, por su tiempo, dedicación, conocimientos y espacio brindado en el desarrollo de todo el proyecto.

A mi madre, suegra y pareja por ser el apoyo incondicional para realizar todos mis planes en la vida.

Finalmente agradezco a todas las personas que de alguna forma han sido participes de mi desarrollo profesional, tanto en aulas y en contextos laborales y que me han permitido aprender y fortalecer mi formación, mi agradecimiento y estima personal entera.

INDICE

DEDICATORIA iii

AGRADECIMIENTOS iv

INDICE v

INDICE DE TABLAS ix

INDICE DE FIGURAS x

RESUMEN xii

ABSTRAC xiv

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1 Descripción de la realidad problemática 2

1.2 Formulación del Problema 3

1.2.1 Problema general. 3

1.2.2 Problemas específicos. 3

1.3 Objetivos 4

1.3.1 Objetivo general. 4

1.3.2 Objetivos específicos. 4

1.4 Justificación 4

1.5 Delimitación 5

1.6 Viabilidad 5

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 6

2.1 Antecedentes de la Investigación 6

2.1.1 Antecedentes Internacionales. 6

2.1.2 Antecedentes nacionales.....9
2.2 Bases teóricas 12
2.2.1 Restos sólidos orgánicos. 12
2.2.2 Biocombustible.....18
2.2.3 Bioetanol. 19
2.2.4 Fuentes de generación de bioetanol.....22
2.2.5 Proceso de obtención del bioetanol. 23
2.2.6 Fermentación. 24
2.2.7 Destilación.....26
2.2.8 Deshidratación del etanol. 27
2.3 Definiciones Conceptuales 30
2.4 Hipótesis de investigación.....31
2.4.1 Hipótesis general. 31
2.4.2 Hipótesis específicas 31
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....33
3.1 Diseño Metodológico 33
3.1.1 Tipo. 33
3.1.2 Nivel. 34
3.1.3 Diseño.....34
3.1.4 Enfoque. 35
3.2 Población y Muestra.....35
3.2.1 Población.....35
3.2.2 Muestra.....35

3.3 Operacionalización de Variables e Indicadores 35

3.4 Técnicas e instrumentos para la obtención de datos.....36

3.5 Técnicas para el procesamiento de la información. 37

3.6 Método de análisis de Datos.....37

3.6.1 Metodología para medir la Celulosa de los residuos.....37

3.6.2 Metodología para medir el porcentaje de Humedad de los residuos.....37

3.6.3 Metodología para medir la densidad de los residuos. 38

3.6.4 Metodología para calcular el rendimiento del bioetanol. 38

CAPITULO IV: RESULTADOS.....40

4.1 Caracterización de los restos orgánicos.....40

4.1.1 Determinación de Celulosa. 40

4.1.2 Determinación del porcentaje de Humedad. 40

4.1.3 Determinación de la Densidad. 41

4.2 Caracterización del ácido sulfúrico (H_2SO_4).....41

4.3 Balance por componente 42

4.4 Hidrolisis acida.....43

4.5 Fermentación 44

4.6 Destilación.....45

4.6.1 Determinación de bioetanol por refractometría.....46

4.6.2 Determinación de etanol aplicando el método de densidad. 47

4.7 Concentración del Bioetanol 48

4.8 Rendimiento del bioetanol.....50

4.9 Cálculos para él % de conversión.....51

4.10 Análisis estadístico 53

CAPITULO V: DISCUSION, CONCLUSION Y RECOMENDACIONES 58

5.1 Discusión 58

5.2 Conclusión 58

5.3 Recomendación 59

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

ANEXOS 64

Anexo I: Procedimiento 64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Análisis respecto a las características fisicoquímicas del bioetanol y gasolina*20

Tabla 2. *Cuadro de Operacionalización* 36

Tabla 3. *Porcentaje calculada de celulosa en cada componente* 40

Tabla 4. *Porcentaje de humedad calculada en cada componente* 40

Tabla 5. *Densidad Calculada* 41

Tabla 6. *Características fisicoquímicas del Ácido Sulfúrico* 41

Tabla 7. *Cantidad de residuos establecidos para la Hidrolisis Acida* 43

Tabla 8. *Preparación del Ácido sulfúrico y tiempo de Hidrolisis* 43

Tabla 9. *Cantidad de Ácido y agua empleada en cada muestra* 44

Tabla 10. *Parámetros calculados en el multímetro* 44

Tabla 11. *Parámetros calculados en el multímetro* 45

Tabla 12. *Parámetros calculados experimentalmente después de la fermentación* 45

Tabla 13. *Índice de refracción* 46

Tabla 14. *Volumen total de etanol obtenido* 47

Tabla 15. *Volumen de etanol en cada muestra* 47

Tabla 16. *Porcentaje de etanol obtenido en cada muestra* 48

Tabla 17. *Parámetros Básicos en la Hidrolisis y fermentación* 48

Tabla 18. *Cantidad total de etanol presente en el destilado* 49

Tabla 19. *Comparacion entre ambos métodos* 50

Tabla 20. *Rendimiento de Bioetanol* 50

Tabla 21. *Porcentaje de Conversión* 52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los restos orgánicos respecto a la fuente obtenida. *12*

Figura 2. Distribución de los restos orgánicos respecto a la fuente obtenida. *13*

Figura 3. Formación de los restos solidos a nivel nacional. *14*

Figura 4. Composición física de restos sólidos en Lima. *15*

Figura 5. Forma vivida de los habitantes. *16*

Figura 6. Cambios climáticos en el año. *16*

Figura 7. Forma de vivir de los habitantes. *17*

Figura 8. Generación de residuos en la semana. *17*

Figura 9. Actividad de los habitantes a lo largo de las vacaciones. *18*

Figura 10. Bases primarias para la obtención de bioetanol. *23*

Figura 11. Proceso de la obtención de etanol. *23*

Figura 12. Ruta metabólica de la fermentación. *26*

Figura 13. Destilado del alcohol. *29*

Figura 14. Mercado de abastos de la municipalidad distrital. *33*

Figura 15. Diagrama respecto a la extracción de bioetanol a través de los restos orgánicos. *34*

Figura 16. Balance de componentes en la Hidrolisis. *42*

Figura 17. Balance de componentes en la Fermentación. *42*

Figura 18. Índice de refracción vs concentración. *46*

Figura 19. Curva de Calibración. Absorbancia vs concentración de etanol obtenida. ... *49*

Figura 20. Rendimiento del bioetanol. *51*

Figura 21. Porcentaje de conversión. *52*

Figura 22. Porcentaje de rendimiento vs cantidad de enzima. *54*

Figura 23. Porcentaje de rendimiento vs cantidad de enzima. *54*

Figura 24. Porcentaje de rendimiento vs ácido sulfúrico. *55*

Figura 25. Porcentaje de conversión vs proporción de enzima. *56*

Figura 26. Porcentaje de conversión vs proporción de enzima. *57*

Figura 27. Porcentaje de conversión vs concentración de ácido sulfúrico. *57*

Figura 28. Selección y recepción de materia prima.....*64*

Figura 29. Picado de materia prima. *65*

Figura 31. Reducción del tamaño. *65*

Figura 32. Pesado de los residuos orgánicos. *66*

Figura 33. Dilución del ácido sulfúrico. *66*

Figura 34. Hidrolización de cada muestra. *67*

Figura 35. Hidrólisis ácida diluida en las 6 muestras. *67*

Figura 36. Preparación de la levadura. *68*

Figura 37. Fermentación de las muestras. *68*

Figura 38. Destilación de los fermentados. *69*

Figura 39. Muestras de bioetanol destiladas.....*69*

Obtención de bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos del mercado de abasto de la Municipalidad Distrital de Huacho

Wesly Christian Arellano Romero[1], Víctor Raúl Coca Ramirez[2]

RESUMEN

Objetivo: La finalidad de este proyecto de investigación es obtener bioetanol a través de los residuos sólidos orgánicos del mercado de abasto de la Municipalidad Distrital de Huacho. **Materiales y Métodos:** La metodología empleada para la realización del proyecto consistió en la recolección de los residuos, seguidamente la selección y molienda de la materia prima, posteriormente se sometió a una Hidrolisis acida, empleando diversas concentraciones de ácido sulfúrico, posteriormente se llevó al proceso de fermentación variando de manera óptima las diversas concentraciones de levadura empleada a las muestras, finalmente se cuantifico el producto para la caracterización fisicoquímica de las diversas muestras de etanol obtenido. **Resultados:** Los resultados obtenidos indicaron de manera significativa que la pureza adquirida del alcohol obtenido estuvo comprendida dentro de un rango de 10 a 30°, siendo la base inicial 200 gramos de materia orgánica, las concentraciones de ácido sulfúrico empleadas fueron de 3, 5 y 7 molar, sometidas a una temperatura de hidrolisis de 90°C durante un tiempo de hidrolisis 2 a 3 días, la proporción de levadura empleada fue de 4 y 8 por ciento y el tiempo de fermentación de 7 a 12 días. **Conclusión:** Si se logró obtener bioetanol a partir de los residuos sólidos urbanos del mercado de abasto de la Municipalidad Distrital de Huacho, siendo el método más eficaz

[1] Tesista. Facultas de Ingenieria Agrarias, -Industrias Alimentarias y Ambiental. Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion, Huacho, Perú.

[2] Asesor. Facultas de Ingenieria Agrarias, -Industrias Alimentarias y Ambiental. Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion, Huacho, Perú.

para la determinación de alcohol obtenida con un margen de error del 0.01 % es el método del refractómetro.

Palabras claves: Bioetanol, refractómetro, fermentación, hidrolisis, destilación.

ABSTRAC

Objective: The main purpose of this research project is to obtain bioethanol through organic solid waste from the supply market of the District Municipality of Huacho. **Materials and methods:** The methodology used to carry out the project consisted of the collection of the waste, then the selection and grinding of the raw material, then it was subjected to an acid hydrolysis, using various concentrations of sulfuric acid, then it was taken to the fermentation process varying from optimally the various concentrations of yeast used in the samples, finally the product was quantified for the physicochemical characterization of the various samples of ethanol obtained. **Results:** The results obtained significantly indicated that the acquired purity of the alcohol obtained was within a range of 10 to 30 °, the initial base being 200 grams of organic matter, the concentrations of sulfuric acid used were 3, 5 and 7 molar, subjected to a hydrolysis temperature of 90 ° C for a hydrolysis time of 2 to 3 days, the proportion of yeast used was 4 and 8 percent and the fermentation time was 7 to 12 days. **Conclusion:** If it was possible to obtain bioethanol from urban solid waste from the supply market of the District Municipality of Huacho, the most effective method for the determination of alcohol obtained with a margin of error of 0.01% is the refractometer method.

Keywords: Bioethanol, refractometer, fermentation, hydrolysis, distillation.

INTRODUCCIÓN

El tema principal de investigación se basa en la obtención de bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos, reaprovechando de manera adecuada y optima los residuos desperdiciados y no aprovechados por el mercado de abasto de la Municipalidad Distrital de Huacho.

La investigación realizada y plasmada en este proyecto de investigación es de vital importancia porque muestra de manera objetiva el aporte optimo en función a la alternativa de solución de cierta problemática que surge en el mecanismo de gestión de los residuos sólidos orgánicos producidos en los mercados de abasto dentro de las localidades, permitiendo que estos residuos se puedan aprovechar como un potencial insumo para una producción con valor agregado. Asimismo, ellos sirven como insumo primario para la obtención del bioetanol, como fuente de energía, el que a su vez permite reducir la dependencia a los combustibles fósiles, lo que corresponde una solución alterna de incidencia en el ámbito social y económico.

La investigación se basará en una comparación detallada de diferentes tipos de muestras de bioetanol obtenidas a base de residuos sólidos orgánicos, los cuales seguirán el siguiente mecanismo de obtención: primeramente se recolectara los residuos sólidos orgánicos, posteriormente se someterá a una Hidrolisis acida, empleando diversas concentraciones de ácido sulfúrico, seguidamente se procederá a fermentar la muestra variando de manera óptima las diversas concentraciones de levadura , luego se cuantificara el producto para la caracterización fisicoquímica de las diversas muestras de etanol obtenido.

Lo que se espera obtener con la investigación realizada es determinar de manera óptima el método más preciso en función a la determinación de alcohol, así mismo también encontrar cual de todas las variantes aplicadas a las diversas muestras presenta una mayor y óptima concentración de alcohol obtenida.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Entre los principales problemas por los que atraviesa nuestra sociedad hoy en día, encuentran la crisis energética y la contaminación ambiental. La crisis energética debido al decaimiento de las reservas de oro negro y la contaminación ambiental ocasionada por un crecimiento desmedido de la población y que no tiene una cultura de lo que es vivir en armonía con su medio ambiente.

En la actualidad existen esfuerzos denodados por tratar de solucionar la problemática de la crisis energética, como es aprovechar las diferentes formas de energía no convencionales como son la energía solar, eólica, hidráulica, la biomasa, etc. Obteniendo de esta forma energía 100% renovable y que no sólo dan solución a la crisis energética, sino que también son formas de energía limpias, sustentables y amigables con su medio ambiente. (www.minam.gob.pe)

Asimismo, si se da un tratamiento inadecuado a los RSU contribuye a la proliferación de fauna con un potencial de trasmisión de enfermedades infecciosas como son las ratas, cucarachas moscas, mosquitos, entre otros.

Se estima que del total de RSU generados por las grandes urbes, entre el 50 y 60 % está compuesto por materia orgánica. El crecimiento casi exponencial de estos residuos ha hecho que se busquen alternativas de solución para un tratamiento y gestión adecuada de ellos logrando así valorizar y reducir el impacto a causa de un tratamiento final deficiente que se le brinda.

Una de estas alternativas es la de producir biocombustibles a partir de los RSU, logrando de esta manera reducir la contaminación ambiental que estos acarrean y a la vez sustituir los combustibles fósiles los cuales son considerados como los principales generadores de: gases de invernadero, derrames en ecosistemas, extinción de especies, etc.

En nuestra localidad existen hogares, mercados y establecimientos que generan residuos orgánicos (frutas, verduras, carne, cascaras, huesos, cartones, papeles, chala, etc.), y estas son acumuladas en bolsas de plástico hasta que los camiones recolectores de basura los recojan y los lleven hasta los botaderos para que no afecte a la ciudad. Pero mientras estos residuos son depositados en los botaderos, estos residuos van contaminando al medio ambiente que lo rodea, hasta la espera de su degradación por la naturaleza.

Puesto que los residuos están definidos en el marco de una problemática a solucionar. Se requiere de bioetanol carburante a partir de residuos orgánicos con el fin de reducir el efecto negativo a causa de los residuos y combustibles fósiles en el ambiente, transformando dicho tratamiento en un proceso sustentable. Adicionalmente, como alternativa sostenible se obtendría la producción de un combustible alterno y verde.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general.

¿Se podrá obtener bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado de abastos de la Municipalidad Distrital de Huacho?

1.2.2 Problemas específicos.

¿Cuál es el método más apropiado para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos en la obtención del bioetanol a partir de ellos?

¿Cuáles son los parámetros de análisis utilizadas para la generación del bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos?

¿Cuáles son las cualidades fisicoquímicas de los residuos sólidos orgánicos seleccionados para la obtención de bioetanol?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Obtención de bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos del mercado de abastos de la Municipalidad Distrital de Huacho.

1.3.2 Objetivos específicos.

Determinar el método más apropiado para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos en la obtención del bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos.

Determinar los parámetros de análisis utilizados para la obtención del bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos.

Señalar las características fisicoquímicas de los residuos sólidos orgánicos seleccionados para la obtención de bioetanol.

1.4 Justificación

La justificación de la tesis se debe a que aporta una alternativa de solución de cierta problemática que surge en el mecanismo de gestión de los residuos sólidos orgánicos producidos en los mercados de abasto dentro de las localidades, permitiendo que estos residuos se puedan aprovechar como una potencial insumo para una producción con valor agregado, ya que se concentra los componentes como carbohidratos insolubles y azúcares fermentables solubles que están en la capacidad de ser hidrolizados posteriormente a carbohidratos más simples como galactosa, glucosa, etc. Asimismo, ellos sirven como insumo primario para la obtención del bioetanol, como fuente de energía, el que a su vez permite reducir la dependencia a los combustibles fósiles, lo que corresponde una solución alterna de incidencia en el ámbito social y económico.

1.5 Delimitación

Dicho estudio es llevado en los ambientes de la UNJFSC, ubicada en Huacho, realizada en el año 2018.

Nos brindara ayuda como patrón de aplicación, con la finalidad de un adecuado uso y utilización de los residuos sólidos recolectados en los mercados de abastos de las municipalidades distritales o provinciales del país, específicamente en la Municipalidad Distrital de la ciudad de Huacho.

1.6 Viabilidad

El proyecto de investigación posee viabilidad optima debido a que cuenta con los medios necesarios posibles para efectuar de manera adecuada la investigación, se tendrá asesoría por personas que poseen conocimientos previos al tema, del mismo modo se posee la información necesaria y tiempo disponible, con la finalidad de terminar este proyecto de pregrado.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

Santos Aguilar, J. y Zabala García, D. (2016) en su tesis de pregrado: Evaluación de la producción de etanol a partir de residuos orgánicos y sus diferentes mezclas, generados en la empresa de alimentos SAS S.A.C. realizado en la Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia; concluyeron en los siguientes:

Que las disoluciones de los diversos residuos empleados se proyectaron en función a la proporción de celulosa existente, brindando diferentes uniones entre lulo, maracuyá y Limón, quienes presentan una proporción de celulosa que se encuentran entre 6.9 a 8.9 %. Las frutas como el mango y la mora quienes presentan una elevada proporción de celulosa de 17,95 y 16,63, se sometieron a un mezclado óptimo.

La enzima denominada Multifect B, presento una elevada y optima acción durante el proceso de filtrado siendo este de 40,187 µmol/mL*h, que, a comparación de las diversas fuentes de investigación, se sostuvo como la más alta obtenida. No obstante, dicha enzima no presento óptimos rendimientos en el proceso de hidrolisis respecto a los restos de frutas, teniendo en cuenta que el maracuyá obtuvo mayor porcentaje de conversión siendo este de 0.461%.

Para el mecanismo de hidrolisis cuya temperatura estubo entre un rango de 48°- 52°C, con un acondicionamiento basico de 0,5N empleando el hidroxido de sodio,se dio a conocer que el que presento mayor rendimiento de C_2H_5OH fue la combinación de el Limón y el lulo, siendo este de 9.63 g de etanol/kg de sustrato, este análisis fue evaluado y examinado de un conjunto de muestras de 9, tanto solas como combinadas.

El aumento del fermento durante el mecanismo de leudar respecto a todas las muestras examinadas concluyo con un tiempo estimado de 110 horas. El tiempo fue dividido en dos procesos, el primero fue la inoculación del mecanismo de fermentación, la cual no se registró ningún aumento de vital importancia, dicho proceso conocido como la etapa de ajuste duro un aproximado de 30 horas iniciales, luego en tiempo mayores a 48 horas se logró alcanzar la etapa exponencial.

La aplicación para el avanze de cualquier plan empresarial regida mediantes la siguiente naturaleza de funcion, no es viable respecto a su economia, esto se debe a que los rendimientos reportados durante este proceso fueron demaciado bajos, 4,78 a 9,63 g de etanol/kg de sustrato, debido a que el monto mínimo para la elaboración y obtención de etanol fue de 1682,18 $/mL, a diferencia que el bioetanol de mercado cuyo precio fue de 2033,98 pesos/L.

Patron Noches, A. y Rodríguez Bermejo, A. (2014) en su tesis de pregrado: *Diseño de un bioreactor para la producción de bioetanol a partir de desechos orgánicos a escala de laboratorio,* realizado en la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia; llegaron a las conclusiones:

El plan empleado ayudo a reconocer de manera adecuada los parámetros necesarios a cubrir, del mismo modo también guiar de manera adecuada una ejecución exitosa de un mecanismo de obtención de bioetanol en comparación a las características metodológicas del mecanismo, así mismo también el plan presenta mejoras a nivel económicas para el boceto del biorreactor fácil, pero optimo y adecuado para la obtención de bioetanol.

Mientras se realizaba el diseño se hallaron diversas caracteristicas de vital importancia, entre ellas tenemos la sencillez del instrumento, la sencillez comercial de los componentes

empleados y utilizados en un bioreactor, analisis y calculos de dimensiones respecto al mecanismo de agitacion, el cual se elaboro con un debido mecanismo de acuerdo a la fabricacion de reactores, asi mismo tambien poseendo de manera adecuada y precisa los diversos criterios, que se necesita para el mecanismo que se empleara dentro del biorreactor.

El mecanismo empleado se efectua a traves de diversos criterios extrictos de operatividad, asi mismo tambien la decoracion y mantenimiento,teniendo en cuenta que la opcion optima sea la mas adecuada, cumpliendo parametros vitales deacuerdo a la sencillez en la fabricacion, esto mas que todo con el fin de conseguir su construncion con herramientas comerciales y de sencillo paso, asi mismo se disminuyo la potencia del motor brindando su autoseleccion y generando un mecanismo de facil desmonte.

La fuerza necesaria empleada dentro del mecanismo de agitacion ronda entre los 109 Watts o 0.14 Hp.

Las rotaciones empleadas por minutos requeridas para el funcionamiento homogéneo de la mezcla son de 120 rpm o 2 r/s

El impulsor escogido es servomotor cuyo código es HF-SE102BJW1-S100 de Mitsubishi, con la finalidad de manipular la velocidad y posición del motor, esto más que todo tiene el fin de brindar un óptimo y absoluto control de dirección y posición de mezcla dentro de biorreactor.

Montoya Gómez, N. (2012) en su tesis de maestria: *Análisis de la Viabilidad de Obtención de Bioetanol a partir de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU)* realizado en la Universidad de Castilla – La Mancha, Ciudad Real, España; llegó a la conclusión:

La reutilización de los restos de solidos orgánicos, ofrecen una elevada polución ambiental beneficiosa, en conclusión, la óptima utilización de los residuos es viable para la obtención de compuestos con el fin del desarrollo del país.

Los restos orgánicos son muy amplios, ya que de acuerdo con lo examinado brinda una óptima proporción elevada de RSU, no obstante, una pequeña proporción es la aplicada y valorizada a través de diversas acciones, entre ellas la nutrición animal y obtención de fertilizantes, con el fin de mejorar los suelos agrícolas respecto a futuras cosechas.

Respecto a cada etapa analizada e investigada de acuerdo con el laboratorio de la UCLM, residuo de la primera fase, se cogieron diversos ensayos líquidos constantes, esto con la finalidad de indagar la transformación de los mecanismos internos en los procesos y las propiedades de los diversos compuestos ocasionados en el mecanismo del proceso. En pocas palabras, se empleó un mecanismo, en donde la obtención de etanol fue óptima y por lo consiguiente es de vital importancia efectuar más ensayos con el fin de estandarizar una normativa y corroborar el rendimiento dentro del biorreactor.

No obstante, la proporción orgánica de los restos solidos FORSU, está formada por diversas complejidades moleculares, que brindan una necesidad de dinero, con la finalidad de analizar las diversas modificaciones con anterioridad para una óptima degradación acida, que me brindan la estabilización principal para la obtención de óptimos resultados.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Carrasco Carnero, M. y Zuñiga Zuñiga, F. (2016) en su tesis de pregrado: *Obtención de Bioetanol por digestión enzimática de Aspergillus niger y Bacillus subtilis en bagazo de caña de azúcar, bagazo de malta y mezcla de estos, en sistemas de fermentación con Saccharomyces cerevisiae y Zymomonas mobilis* realizado en la Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú; llegaron a las conclusiones que:

En diferentes pruebas de rizosfera compuestas por cultivo de cebolla, se separó y analizo en función a las diversas propiedades macroscópicas que se basa en crecimiento respecto a un

medio TSA, microscópicas y bioquímicas en compuestos de citrato-Simon, y aumento de cloruro de sodio al 6.5%, disminución de nitratos, aumento de manitol salado, como diversos compuestos moleculares nativos, con la finalidad de saber cuál es la cabida hidrolítica.

Se encontró la temperatura adecuada respecto al aumento de Bacillus, Zymomonas y Saccharomyces, la cual fue de 38°C, no obstante, la Aspergillus obtuvo una temperatura de 19.5°C, lo cual se concluyó que se podía aumentar de manera óptima 4 cepas respecto a la temperatura de 26°C.

Se paralizo aproximadamente 490 ml de enzima respecto a cada mecanismo en sodium alginate, con la finalidad de obtener pellets, cuyo diámetro promedio fue de 0.5cm.

Se realizó y efectuó un óptimo diseño en función al biorreactor a nivel de escala menor, cuya funcionalidad es efectuar la hidrolisis a partir de los microorganismos empleados para la obtención de etanol a través de transformación alcohólica, teniendo como base principal el bagazo de caña y malta.

Despues de la destilacion, se consiguio aproximadamente 160 mL respecto a la materia prima emplada la cual el bagazo de caña, seguidamente 181 mL respecto al bagazo de malta y por ultimo se obtuvo 174 ml como producto final respecto a la mezcla de ambas muestras, lo cual nos brinda una adecuada relacion respecto a los diversos azucares obtenidos luego de la hidrolizis, asi mismo tambien del etanol adquirido.

Escalante Calderón, J. y Fuentes Aquije, H. (2013) en su tesis de pregrado: *Estudio experimental de obtención de bioetanol a partir de residuos agrícolas de banano orgánico en Piura* realizado en la Universidad de Piura, Piura, Perú; llegaron a las conclusiones que:

Al comparar diversos acondicionamientos SE y LHW, se logró obtener una óptima degradación respecto a la hemicelulosa encontrada en todas las pruebas analizadas, lo único

variable fue el grado obtenido, la degradación se examinó de acuerdo con la reducción del pH, lo cual sería de vital importancia para ser utilizado como un indicador en función al a CH_3COOH ocasionado.

En terminos medio, para los diversos acondicionamientos de SE y LHW, se pudo observar a simple vista que la que poseía un mayor grado de degradación es en el pseudotallo, esto más que todo es producido o generado respecto a que posee una menor cantidad de hemicelulosa respecto a los otros compuestos examinados.

Pérez Dantas A., Paredes Del Aguila, D. y Pereyra Orbe, J. (2013) en su tesis de pregrado: *Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta para obtener bioetanol a partir del maíz (Zea Mayz) en la Región Loreto* realizado en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú; concluyeron:

Después de haber sido estudiado de manera óptima la demanda del etanol anhidro, se decidió en cálculos que tenía un monto de 6 788 814 L, en función al año 2015 dando a entender que ese monto producido era a nivel regional. El plan tendrá una cabida de 2.030.670 L en cada año.

Se realizo de manera fija el procedimiento analizado del la producion de etanol carburante,usando como base el maiz, se utilizo el mecanismo de sacarificacion y el SSF, seguidamente se utilizo para la eliminacion de agua , tamicez , luego se procedio a realizar los calculos respectivos en funcion al diseño de produccion.

Se efectuó el análisis respecto a la polución ambiental, originado por cada compuesto con la finalidad de mitigar los problemas de transporte, clima y residuos provocados por este.

El monto necesario para la inversión calculada fue de US $ 1794 916, cuyo financiamiento rebalsa el 90% respecto a COFIDE y BANCO CONTIENTAL, (US $ 1 615 424.4); de la

igual manera la cantidad restante será aportado por los accionistas de dichas instalaciones (US $ 179 491.6).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Restos sólidos orgánicos.

Flores, D. (2001), define a los restos sólidos orgánicos (RSO) como restos provocados por algún producto orgánico, por lo general su descomposición se da de manera natural. El tiempo de degradación es rápida, lo que los convierte en diversos tipos de compuestos orgánicas, entre ellos tenemos por ejemplo las frutas, residuos de alimentos o verduras, los residuos como el papel, presentan una degradación mucho más lenta. (Franco, s.f.)

Según Flores, D. (2001), los RSO se pueden distribuir en diversas formas, no obstantes ambas maneras tienen una relación respecto al origen de generación y sus propiedades físicas.

De acuerdo con su generación:

Estos restos orgánicos se clasifican en:

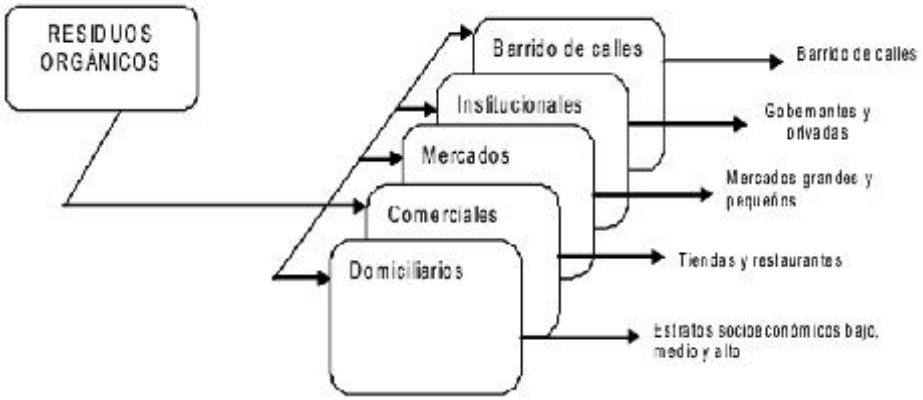

Figura 1. Distribución de los restos orgánicos respecto a la fuente obtenida.

Fuente: (Flores, 2001; p.10)

De acuerdo con sus propiedades físicas:

Estos restos orgánicos se clasifican en: (Flores, 2001)

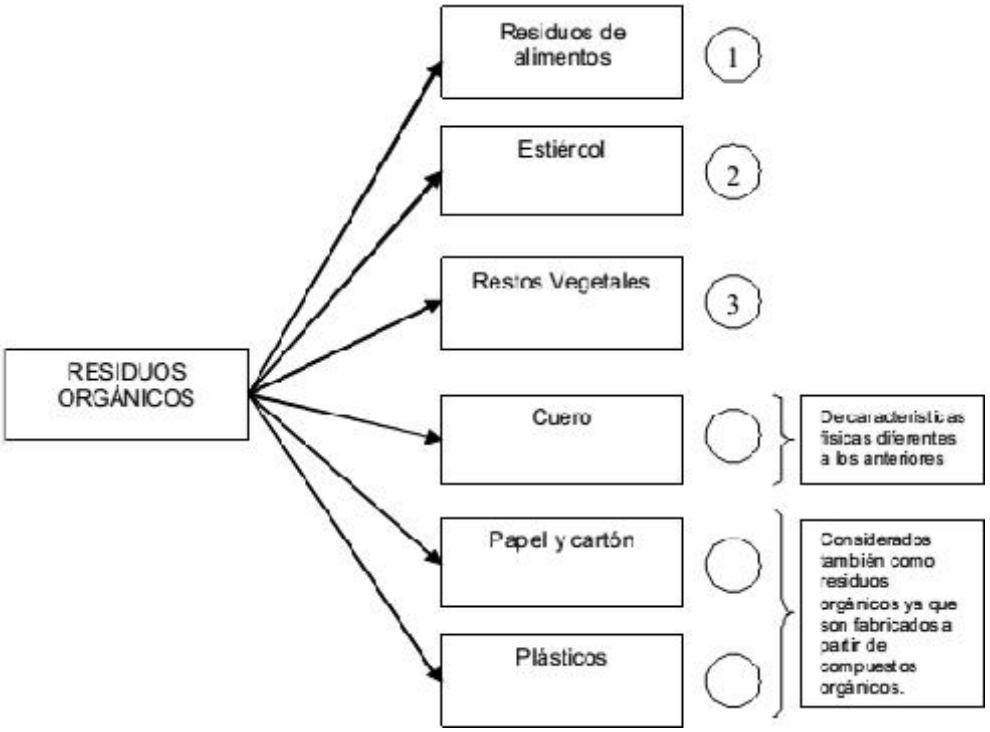

Figura 2. Distribución de los restos orgánicos respecto a la fuente obtenida.

Fuente: (Flores. 2001; p.11).

2.2.1.1 *Composición de los restos sólidos.*

Tipos de residuos	Año 2010	Año 2011
	(%)	
Restos orgánicos, de cocina y de alimentos	50,19	47,02
Huesos	1,78	1,68
Papel	3.95	4.95
Carton	3.77	3.65
Plastico	8.07	9.48
Vidrio	3.10	3.76
Jebe- caucho	0.19	0.43
Chatarra ferrosa y no ferrosa	2.59	3.07
Chatarra electronica	1.64	2.26
Madera, fibra dura vegetal y restos de jardín	2,08	2.78
cuero	0.93	0.58
textiles	1.32	1.45
Tetrapac	0.73	0.47
Otras no especificadas	3.30	0.97
Escombros inertes	5.74	4.51
Plumas, plasticos, ceniza, textil, loza y otros NR	4.79	0.98
Peligrosos	7.88	6.37

Figura 3. Formación de los restos solidos a nivel nacional.

Fuente: PAT-SNIP 2010-2011

En la Figura anterior se puede observar la formación de los restos solidos nacionales durante los años 2010-2011.

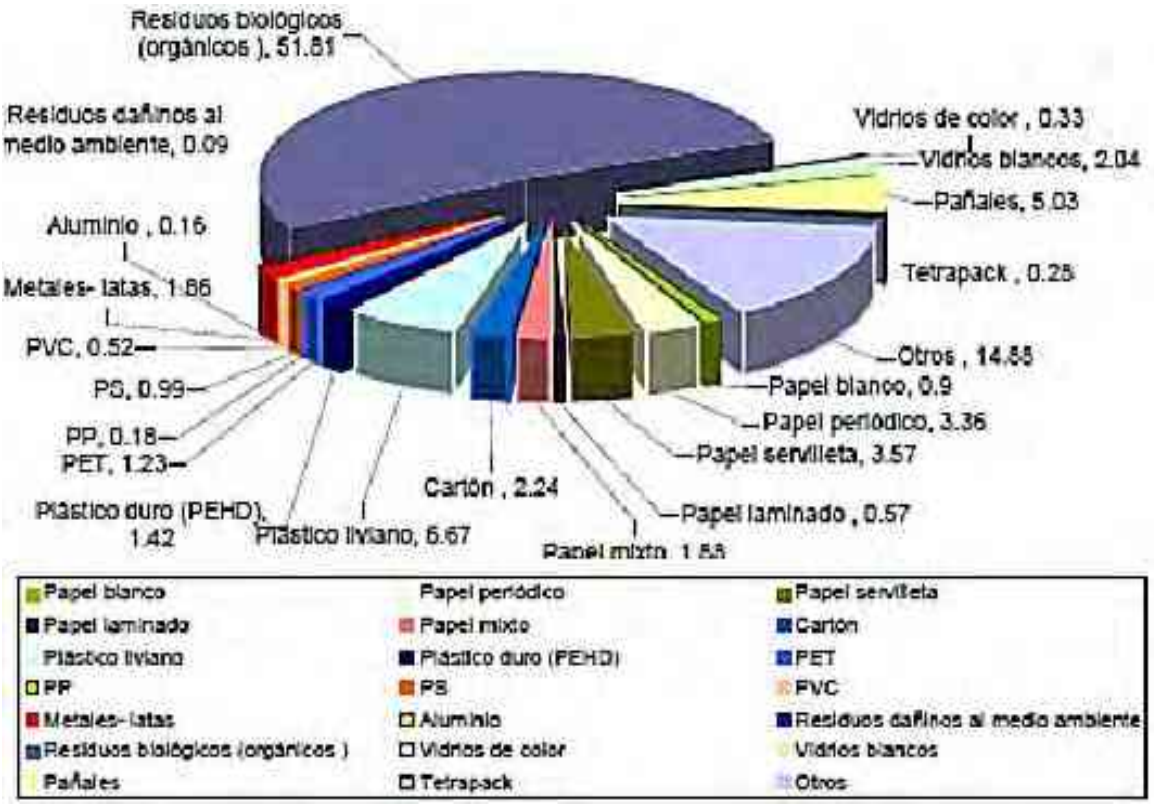

Figura 4. Composición física de restos sólidos en Lima.

Fuente: Santoyor, (2016)

2.2.1.2 *Residuos Orgánicos.*

De acuerdo con Forster C. (2005), indica que la aglomeración de los restos provoca un elevado problema para la gran mayoría de locales que son conscientes de la supresión de residuos orgánicos. Para resolver la gran mayoría de estos inconvenientes es de vital importancia poseer una estrategia respecto a la función de recoger y mecanismo de tratamiento que de una correlación entre vertido-medioambiente óptimo.

Los restos poseen por naturalidad compuestos energéticos. No obstante, se necesita un mecanismo capaz de reaprovechar ese compuesto de forma óptima y no contaminable, debido a que eso dejaría de ser un resto no aprovechable. En breve se muestran diversos factores que influyen de manera directa en la generación de restos:

1. **Forma vivida de los habitantes**

El aumento de restos orgánicos es directamente proporcional con la forma vivida de los habitantes, esto se debe a que se concibe nuevos escases de consumo.

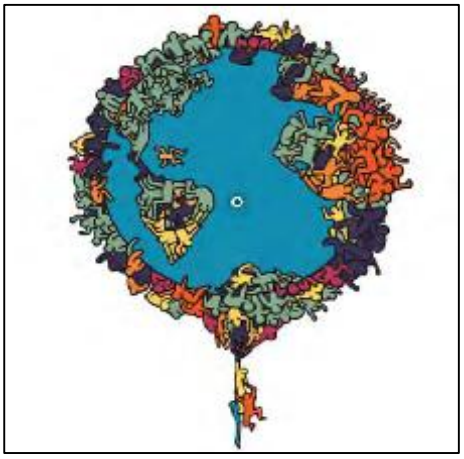

Figura 5. Forma vivida de los habitantes

Fuente: Banco de Imágenes: Fotos Libres de Derechos y Vectores - 123RF

2. **La era respecto al tiempo actual.**

Del mismo modo que la cantidad total de individuos dentro del planeta, la cantidad es mínima respecto a la producción de restos orgánicos en verano.

Figura 6. Cambios climáticos en el año.

Fuente. www. Academia.edu/cambios climáticos

3. Forma de vivir de los habitantes

Las diferentes maneras de vivir muestran distintas formas respecto al consumo de alimentos, por lo que provocan residuos, como, por ejemplo: áreas rurales (192 a 315 kg/habitantes x año;); áreas urbanas (297 a 412 kg/habitantes x año,); promedio territorial (315 kg/habitantes x año).

Figura 7. Forma de vivir de los habitantes.

Fuente: www.acedemia.edu

4. Fines de semana

Los sábados y domingo repercuten directamente en un gran aumento de producción de restos orgánicos.

Figura 8. Generación de residuos en la semana.

Fuente: www.acedemia.edu

5. Actividad de los habitantes a lo largo de las vacaciones

A través de diversos lapsos de tiempos como las vacaciones o días libres, se originan grandes cambios detectables a través de los servicios de recojo de restos orgánicos.

Figura 9. Actividad de los habitantes a lo largo de las vacaciones.

Fuente: www.academia.edu

2.2.2 Biocombustible.

De acuerdo con Dufey (2006), se define como biocombustible a la materia que son originados en función a la biomasa, con el fin de generar electricidad o transporte. Los cuales son provocados a través de diversos compuestos agrícolas, como la proporción óptima y adecuada de restos industriales. Los biocombustibles se clasifican en tres los cuales son:

Bioetanol

Biodiesel

Biogás

Los cuales brindan diversos beneficios en función a los biocombustibles, se ha visto de manera óptima y aumentada en gran cantidad de países, los cuales tienen planeado meter diversas políticas para el aumento de la cantidad proporcionada de los biocombustibles respecto a la energía. El aumento masivo respecto a la venta de biocombustibles ocasionaría de manera

óptima el aumento de cultivos en distintos países a nivel mundial. Por otra parte, el incremento económico aumentaría de manera óptima respecto a los biocombustibles, así mismo también un avance rural y una disminución considerable en función a los gases provocados por el proceso, los cuales son menores en función a los que se provocan en la quema de combustibles fósiles.

Un gigante problema respecto al crecimiento de los biocombustibles se basa en los grandes costos generados, en comparación a los combustibles tradicionales que se encuentran dentro del mercado. Los resultados demuestran que el precio ocasionado por los biocombustibles supera al doble de los normales. No obstante, estos precios pueden cambiar respecto o en función al nivel de biocombustible, de donde es originario y la técnica empleada.

2.2.3 Bioetanol.

Es un compuesto químico extraído a través de la descomposición de los azucares encontrados en diferentes productos orgánicos, así como los cereales o caña de azúcar. Estos azucares se hallan en la estructura de los carbohidratos como el almidón y celulosa. (Moheno, s.f.)

Los elementos importantes y de vital importante para la extracción de bioetanol son 3 y estos son el azúcar, los almidones y la biomasa. Normalmente el bioetanol es el más empleado para el aumento del octanaje y del mismo modo también aumentar de manera óptima la calidad en función a los gases de gasolina, al ser transformada en un biocombustible. La sacarosa como base principal para la obtención de etanol indica de manera adecuada la generación de bioetanol. Las mezclas energéticas se convierten en sacarosa y seguidamente se transforman en etanol a través de una fermentación. (Moheno, s.f.)

“El bioetanol es un recurso renovable biodegradable, reduce los niveles de CO_2, benceno y tolueno. Así mismo también aumenta el mejoramiento respecto a la calidad del aire”. (Siliceo, 2014).

Características fisicoquímicas del bioetanol

Tabla 1.

Análisis respecto a las características fisicoquímicas del bioetanol y gasolina

Característica	Unidades	Bioetanol	Gasolina
Estructura	-	CH_3CH_2OH	C_nH_m (n=4/12)
Peso molecular	Kg/mol	46.07	100/105
Estado de agregación	-	Líquido	Líquido
Oxígeno	% en peso	34.80	0
Densidad	kg/m^3	789	720/780
Disolubilidad en H_2O	%	100	0.1
Punto latente (vaporización)	kJ/kg	850	330
T° (Ebullición)	°C	78	30/215
T° (Fusión)	°C	-114	-
Energía calorífica interna	KJ/kg	28.225	43.500
Relación aire/combustible estequiométrica	-	9	14.5
Presión de vapor	kPa	15-17	49-65
T° (ignición)	°C	420	220
Grado de acidez	pK_a	15.9	NP
Inflamabilidad	°C	13	-43
Explosividad	%	3.3 a 19	1.2 a 7.6

Fuente: (Montiel y Romero, 2015)

Propiedades y ventajas del bioetanol

Escalante (2013) indica que:

Se muestra como un fluido a temperatura ambiente, no presenta color y es límpido.

Se degrada y posee un punto de vapor más alto que la gasolina.

La T° de ebullición es de 79°C y su calor de fusión es de 39 kJ/mol aproximadamente.

El etanol presenta mucho más O_2 en la mezcla, aumentando de manera óptima la eficiencia de combustión.

Crea un menor residuo de CO_2 en comparación a la gasolina.

Dantas (2013) menciona que:

La solución más óptima al caos energético que sufre actualmente en el país, y en el área rural al no ser exportador, es brindarle un óptimo empuje a la gran área de hectáreas.

Los biocarburantes brindan aproximadamente una misma proporción de CO_2 respecto a los carburantes fósiles, no obstante, ese mismo CO_2 es regresado a través del mecanismo de la fotosíntesis. A ese proceso se le conoce como "ciclo biogeoquímico del carbono", lo cual se basa en el CO_2 liberado en el entorno ambiental, regrese directamente al mismo sitio y el ciclo obtenga como respuesta un óptimo balance que es cero, con el fin de no ocasionar acumulaciones de emisiones no deseables.

Del mismo modo, la extracción y obtención de biocarburantes puede provocar diversos subproductos y un aumento optimo respecto al negocio.

Usos Industriales

"Hoy en día, el bioetanol, cumple la funcionalidad de ser utilizado como combustible, cuyo propósito basa en sustituir a los subproductos del petróleo, para ser mucho más específicos en las gasolinas" (Dantas et al., 2013).

Es empleado como principal activo en el sector farmacéutico, tiene propiedades de ser excelente disolvente, debido a que puede emplearse como no congelante, así mismo también sirve para la producción de varios fármacos, también en la producción de lociones o colonias, como base para la fabricación de estos mismos. (Montiel y Romero, 2015)

Sector de bebidas: principal compuesto psicoactivo en las diversas bebidas con alcohol, los efectos que posee este son depresivo en función al mecanismo nervioso central. Posee un proceso complejo, el cual presenta afecciones variadas al cerebro. Se metaboliza mediante el cuerpo, cuya función es brindar energía. (Montiel y Romero, 2015)

2.2.4 Fuentes de generación de bioetanol.

Hoy en día se poseen varias clases de bases como materias primas para la obtención de etanol a nivel industrial. Compuestos con el elevado contenido de azúcar, entre los cuales están la caña, remolacha o melazas, elevado compuesto de almidón, entre los cuales están la patata, maíz y camote, con un elevado compuesto de celulosa, entre los cuales están la madera y restos de las industrias, así como por ejemplo el suero de leche, lo que en conclusión se puede inducir que se extrae etanol a través de esos 3 posibles medios mencionados con anterioridad. (García, et al., 2004)

"Otro medio con el cual brinda diversos beneficios para una óptima obtención de etanol, son las algas, esto se debe más que todo a que los cultivos dentro de su propio mecanismo poseen y brindan un elevado potencial, lo que indicaría que su rendimiento es mucho mayor a los diferentes cultivos vistos con anterioridad (Montiel, 2010)".

Materia prima	Ejemplos
Azúcares	Sacarosa de cultivos sacáridos: caña de azúcar, remolacha, sorgo dulce. Azúcares invertidos y glucosas: melazas y otros residuos agroindustriales, como lactosas.
Almidón	Granos de cereales: maíz, sorgo, trigo, cebada. Productos procesados: harinas de trigo, cascarilla de maíz. Raíces almidonadas: yuca, papa, patata, alcachofa israelita
Celulosa	Residuos lignocelulósicos: aserrín, paja, residuos boscosos, lejía celulósica. Residuos urbanos e industriales: papel, fracciones celulósicas
Algas	Microlagas, macroalgas biomasa residual de microalgas

Figura 10. Bases primarias para la obtención de bioetanol.

Fuente: (Siliceo, 2014)

2.2.5 Proceso de obtención del bioetanol.

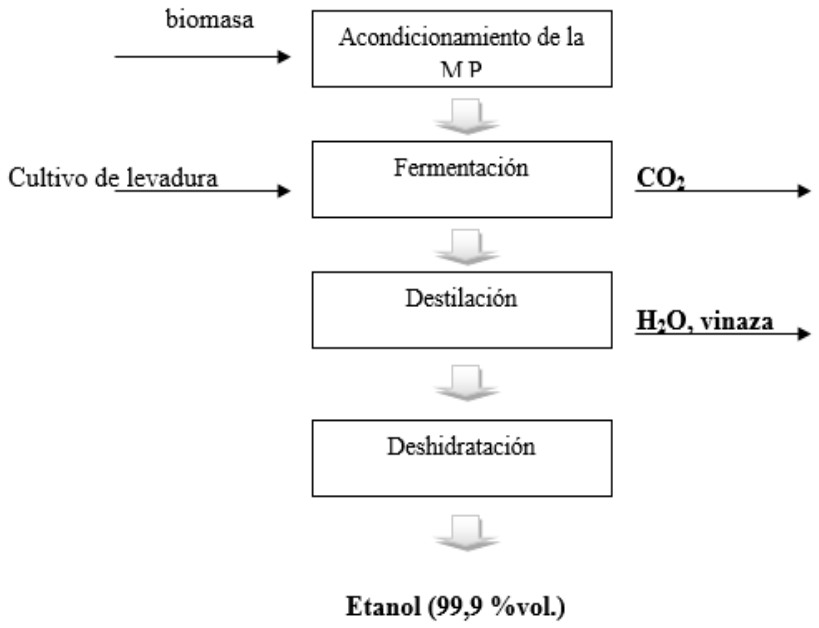

Figura 11. Proceso de la obtención de etanol.

Fuente: (Escalante y Fuentes, 2013, p.18)

Para la extracción de alcohol a través de cualquier materia mencionada con anterioridad, se detalla de manera óptima la obtención de una mezcla de diversos azucares llamada mosto, cuya función principal es la de servir como base en los diversos mecanismos de fermentación que brindan como solución una disolución de etanol y agua, que posteriormente es sometida al proceso de destilación. (Escalante y Fuentes, 2013)

El mecanismo se basa en las diversas etapas como la molienda, obtencion, prensado y filtrado, con la finalidad de disminuir el tamano de la muestra y de esa menera obtener de manera optima una disolucion de diversos azucares que seguidamente se someteran a fermentacion, y por ultimo a la destilacion (Escalante y Fuentes, 2013)

2.2.6 Fermentación.

Es un mecanismo natural que es producido sin la necesidad de aire, por la acción de diversos microorganismos, cuyo fin es procesar los carbohidratos para convertirlos en alcohol y CO_2 en forma gaseosa, esto más que todo se presenta o da por mecanismo de las levaduras, con el propósito de obtener ATP. (Hernandez, 2018)

La fermentación de la descomposición anaeróbica de las cadenas de carbono lleva a cabo por enzimas, cuyos nombres se denominan levaduras. Normalmente se transforma una molécula de $C_6H_{12}O_6$ en 2 moléculas de C_2H_5OH y 2 moléculas de CO_2. (Escalante y Fuentes, 2013)

Actualmente existen varios tipos de fermentaciones, los cuales van respecto a la clase de organismos que los ocasionan, la más importante y conocida es la de fermentación alcohólica, que consiste en descomponer azúcar en alcohol y $C0_2$ a partir del siguiente mecanismo: (Hernandez, 2018, p.40)

$$C_6\ H_{12}O_6 \qquad 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Naturalmente el proceso de fermentación es un mecanismo no continuo, en el cual se emplean diversas células sin levadura, la fermentación es un mecanismo extenso debido a que las levaduras no solo descomponen los azucares, sino que también emplean otros compuestos con la finalidad de reproducirse. (Garzón, 2009)

La clase de levadura empleada constantemente es la *Saccharomyces cerevisiae*. Normalmente esta levadura cumple el mismo funcionamiento mencionado con anterioridad, la condición con la cual se desarrolla es anaeróbica, dando como resultado final 2 moles de adenosín trifosfato, por 1 mol de glucosa adquirida, así mismo también libera 2 moles de C_2H_5OH. Así mismo el microorganismo posee la cualidad de transformar las hexosas en dióxido de carbono, teniendo dependencia de las concentraciones de oxígeno en el ambiente. Por otro lado, las levaduras poseen una capacidad de aguantar concentraciones elevadas de etanol. (Escalante y Fuentes, 2013)

Los rendimientos empleados en función a la biomasa sobre el producto y sustrato sirven para examinar la factibilidad adecuada y optima respecto a la fermentación. El rendimiento especulativo respecto a la fermentación es de 0.512 g de C_2H_5OH y 0.491 g de dióxido de carbono por 1 mol de $C_6H_{12}O_6$, no obstante, es complicado llegar al rendimiento especulativo debido a que la levadura descompone la glucosa para la obtención de otros subproductos. El rendimiento empírico se encuentra entre un rango de 91 a 96 % respecto al especulativo, así mismo también los rendimientos industriales se establecen en un rango de 88 a 92 % respecto al especulativo. (Escalante y Fuentes, 2013)

“El fracaso de una fermentacion va en funcion a la eficacia del acondicionamiento incial, en pocas palabras a las densidades de los azucares, el pH y T° adecuadas” (Hernandez, 2018). Los compuestos vitales respecto a la fermentación son el C_2H_5OH y el dióxido de carbono, no

obstante, durante el mecanismo diversos compuestos no reaccionan, estos son el piruvato y el acetaldehído”, (Escalante y Fuentes, 2013)

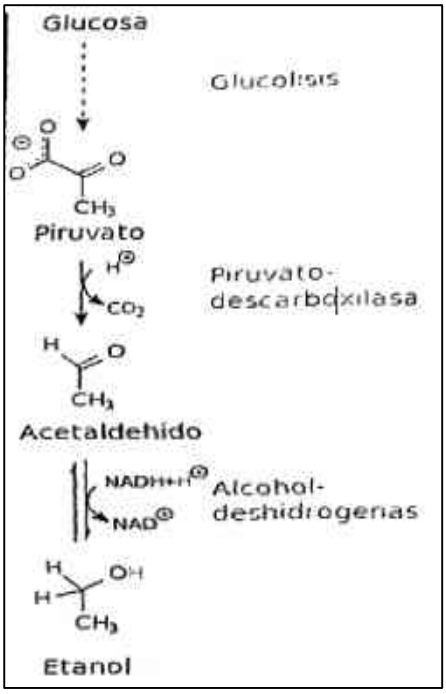

Figura 12. Ruta metabólica de la fermentación.

Fuente: (Arellano, 2015)

2.2.7 Destilación.

Se define destilación al mecanismo en el cual se separa diversos componentes a través de diversos puntos de ebullición, así mismo también al ser expuestos al calor, los líquidos más volátiles se evaporan”. (Escalante y fuentes, 2013)

El punto de vital importancia respecto a la destilación es la separación de compuestos que posee diversas presiones de vapor en función a una sola temperatura, en pocas palabras podemos concluir que la separación visual de solución presenta diferentes puntos de ebullición, para dejarlo claro indica que separa los compuestos más volátiles de los que son menos volátiles. (Hernández, 2018)

2.2.8 Deshidratación del etanol.

Se denomina deshidratación al mecanismo físico el cual se basa en la división de moléculas de agua, esto más que todo es utilizado para aumentar de manera óptima la pureza del etanol. Este proceso brinda una solución liquida de diversos componentes químicos a los cuales se les aumenta la temperatura, hasta el punto de ebullición del agua, a dichos compuestos se le denominan azeótropos. (Escalante y Fuentes, 2013).

Actualmente existes diferente mecanismo de deshidratación en función al etanol; en breve se muestra algunos: (Escalante y Fuentes, 2013)

Destilación bajo presión reducida

Destilación azeotrópica

Destilación con efecto salino

Destilación extractiva

Mecanismos híbridos

Alcohol a partir residuos orgánicos con almidón

Para la obtención de etanol a través de almidón es de vital importancia romper los enlaces que presenta este polisacárido para la extracción del jarabe, en donde es posible transformar en C_2H_5OH a través de las levaduras. No obstante, es necesario implementar una fase extra de hidrolisis respecto al biopolímero. Por lo que deduciendo a simple vista de cada 100g de almidón es posible extraer teóricamente 112g de $C_6H_{12}O_{12}$, lo cual se deduciría a simple vista la relación existente estequiométrica de 9 a 10. (Sánchez y Cardona, 2005)

Normalmente en la hidrolisis del almido se emplea la α-amilasa extraída de los diversos microorganismos Bacillis licheniformis, lo cual brinda un óptimo ambiente respecto a las suspensiones obtenidas por las diversas temperaturas que se encuentran entre un rango de 85 a

112°C, lo cual es necesario para la descomposición del almidón, condición optima y adecuada para el mecanismo enzimático. (Sánchez y Cardona, 2005)

La mezcla obtenida después de esta fase, es una disolución de almidón que está compuesta por dextrinas y mínimas proporciones de glucosa. El almidón diluido y triturado es puesto en sacarificación en temperaturas más bajas, las cuales están entre un rango de 61 a 72°C, con glucoamilasa extraída de Aspergillus niger o de especies de Rhizopus, (Sánchez y Cardona, 2005)

( ) ó

Alcohol a partir de biomasa lignocelulósicas

El desafío que posee la obtención de etanol a través de la biomasa lignocelulósica es el acondicionamiento e hidrolisis de la materia inicial. La estructura lignocelulósica está formada inicialmente de un complejo de hidratos de carbono formada de celulosa y lignina unida por diversas cadenas de hemicelulosa. (García y García, 2006)

El acondicionamiento posee como fin principal descomponer la matriz de tal forma que la celulosa disminuya de manera óptima el nivel de cristalinidad e incremente la celulosa sin forma, que viene a ser la más óptima respecto al ataque enzimático. Así mismo, en gran parte la hemicelulosa se hidroliza mediante el acondicionamiento y la lignina se descompone. (Sánchez y Cardona, 2005)

Seguidamente en la fase siguiente, la celulosa liberada es llevada a una óptima hidrolisis con diversas celulasas exógenas, cuyo propósito es obtener una mezcla con azucares compuestos por $C_6H_{12}O_6$, del mismo modo también pentosas obtenidas luego de la hidrolisis inicial. Los azucares son descompuestos y transformados en etanol a través de los microorganismos presentes en el proceso de Fermentación. (Sánchez y Cardona, 2005)

El mecanismo extenso puede ser visto de manera adecuada en el siguiente esquema:

Pretratamiento
→ + + ú

( ) → −
→

+ . → +

+ → +

Luego de todas las reacciones producidas dentro del reactor se producen 3 fases de la materia dentro del mismo gas (dióxido de carbono), líquido (agua y etanol) y solidos (material descompuesto por las bacterias y restos de comida no digeridas por las levaduras). (Sánchez y Cardona, 2005)

Para finalmente para obtener el alcohol se procede con el destilado del líquido por deferencia de punto de ebullición, llevando a temperaturas de entre 75 a 85°C (el etanol tienes una temperatura de ebullición de 78°C a 1 atm y el agua de 100°C a la misma presión) para la separar el etanol del agua. (Sánchez y Cardona, 2005)

Figura 13. Destilado del alcohol.

Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=KIqaiX6Q3k0

2.3 Definiciones Conceptuales

Bioetanol.

Sustancia liquida química extraída a través de la fermentación de azucares encontrados en vegetales, así como por ejemplo la caña de azúcar.

Biogás

Carburante que se obtiene a través de la descomposición de restos orgánicos, normalmente en un medio anaerobio.

Biopolímero.

Moléculas grandes presentes en los humanos, es considerado compuestos poliméricos a sustancias sintetizadas por los humanos.

Bioproceso

Mecanismo que emplea diversos compuestos como enzimas o microorganismos con el fin de adquirir los diversos cambios físicos óptimos.

Biorreactor

Recipiente que sirve para mantener constantemente un entorno biológicamente vivo. Así mismo también es receptáculo en donde se produce diversos procesos químicos en donde son involucrados diversos compuestos microorganismos, normalmente se da en un ambiente aeróbico o anaeróbico.

Dextrina

Cadenas de oligosacáridos que presentan baja masa molecular obtenida por la hidrolisis del almidón. Presentan igual estructura que los polisacáridos, no obstante, tienen un grupo de cadena más pequeña.

Fitotoxinas

Es una exotoxina producida por ciertas especies de plantas superiores; cualquier toxina de origen vegetal que puede ser toxica.

Fermentación

Mecanismo tradicional en donde se originan diversos compuestos a través de diversas acciones, en pocas palabras podría decirse que es un mecanismo de oxidación no completa.

Hemicelulosa

Polisacárido formado por varios monómeros, originado por diversos polisacáridos unidos a enlaces β formados por grupos lineales ramificados. Un ejemplo de estos monosacáridos es la glucosa.

Hidrolisis

Mecanismo cuyo propósito es convertir cadenas de gran tamaño en cadenas de fácil degrado, quebrando enlaces en medios acuosos.

Lignocelulosa

Componente de vital importancia ubicada en la pared celular de diversas plantas.

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general.

Es posible se obtener bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos del mercado de abastos de la Municipalidad Distrital de Huacho.

2.4.2 Hipótesis específicas .

Es factible que mediante un tratamiento adecuado de los residuos sólidos orgánicos se pueda obtener bioetanol.

Se puede determinar los parámetros óptimos que permitan una fermentación apropiada para la obtención de bioetanol.

Es posible una caracterización fisicoquímica de los residuos sólidos que permita la mejor selección para la obtención de bioetanol.

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño Metodológico

Geográficamente el área de estudio, el Mercado de abastos de la Municipalidad Distrital de Huacho, se encuentra ubicado entre la Av. Adán Acevedo, Jr. La Merced, Jr., Atahualpa, y Ca. Mercado Sur, con coordenadas Latitud: -11.10647; Longitud: -77.60957; en el Distrito de Huacho, provincia de Huaura. La parte empírica se llevará a cabo en los laboratorios de la UNJFSC.

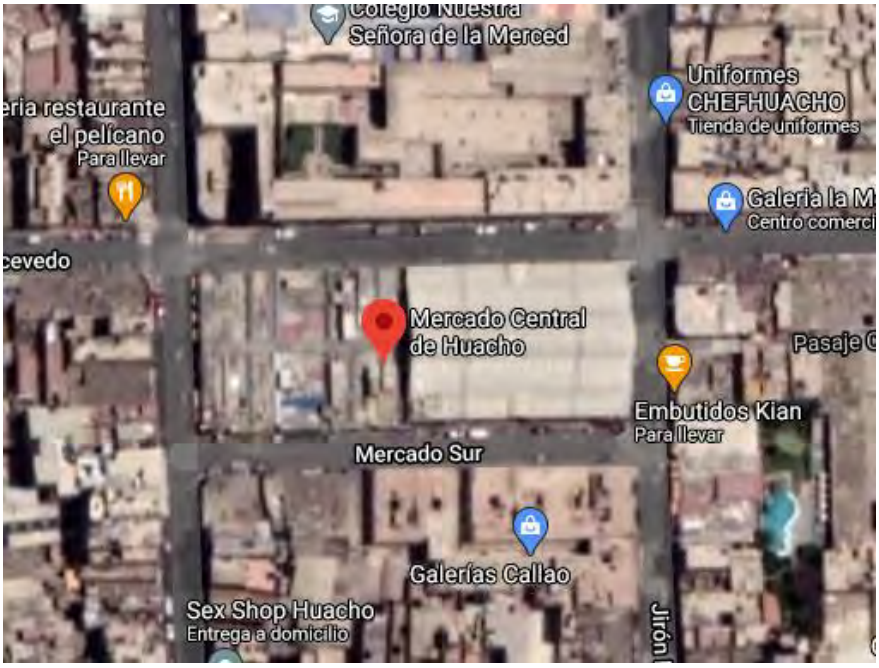

Figura 14. Mercado de abastos de la municipalidad distrital.

3.1.1 Tipo.

La investigación presente es de tipo Explicativa, cuyo fin es hallar la relación causa-efecto existente entre ambas variables las cuales son Residuos sólidos orgánicos y Obtención de bioetanol; de acuerdo con la cantidad de datos que se van a analizar es de tipo Cuantitativa; y por la cantidad y calidad de conocimientos a utilizar es Aplicativa.

3.1.2 Nivel.

El nivel de investigación es experimental a nivel de laboratorio.

3.1.3 Diseño.

La parte experimental se llevará a cabo en los laboratorios de la UNJFSC. En la siguiente figura se puede observar el diagrama de flujo respecto a la extracción del bioetanol a través de los residuos orgánicos y que consta de las siguientes etapas:

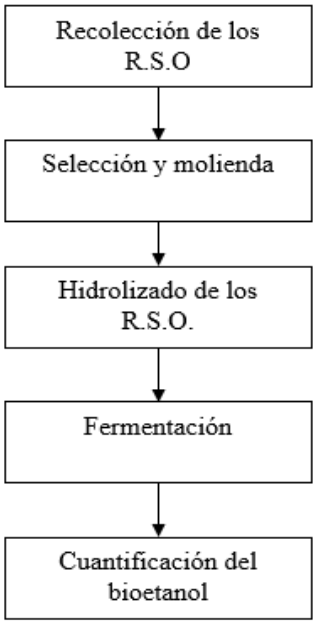

Figura 15. Diagrama respecto a la extracción de bioetanol a través de los restos orgánicos.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que los R.S.O. han sido recolectados, seleccionados y molidos se someten a un proceso de hidrolizado en medio ácido, a diferentes concentraciones, luego el hidrolizado se somete a un proceso de fermentación a diferentes concentraciones de levadura.

Mediante este procedimiento se pretende determinar los parámetros óptimos del proceso de obtención del bioetanol.

3.1.4 Enfoque.

De acuerdo con la naturaleza de la investigación el enfoque es de tipo cuantitativo, deductivo y aplicado.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

Se utilizará como población, los Residuos Sólidos Orgánicos provenientes del mercado de abasto de la Municipalidad de Huacho.

3.2.2 Muestra.

Las muestras se seleccionarán utilizando el método de muestreo aleatorio simple, el cual consiste en la selección al azar de muestras representativas, compuestas principalmente por residuos de frutas y verduras, las que posteriormente son sometidas al proceso de obtención del alcohol, de acuerdo con el diseño experimental.

Diseño Experimental

Se utilizará un diseño factorial de 3x2 en el que los factores de estudio son dos:

Factor A: Concentración de ácido (para el hidrolizado)

Nivel: a0: Concentración alta: 7 M

a1: Concentración media: 5 M

a2: Concentración baja: 3 M

Factor B: Concentración de levadura (para la fermentación)

Nivel: b0: Concentración alta: 16 g

b1: Concentración baja: 8 g

3.3 Operacionalización de Variables e Indicadores

V. Independiente (X1): Residuos Sólidos Orgánicos

V. Dependiente (Y1): Bioetanol

Tabla 2

Cuadro de Operacionalización

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Residuos Sólidos Orgánicos	Son restos ocasionados de diversos productos de naturaleza orgánico, absolutamente todos se descomponen de manera natural. Se descomponen de manera rápida en otros compuestos orgánicos.	Hidrolisis: Mecanismo cuyo propósito principal es convertir cadenas de azúcar en alcohol.	Hidrolisis ácida	Concentración
			Parámetros Fisicoquímicos	Temperatura(°C) PH °Brix % Humedad Densidad
Bioetanol	Es un compuesto formado a través de la fermentación de diversos residuos orgánicos en donde los azucares se descomponen para producir dicho alcohol.	Fermentación: Mecanismo en el cual hace que las cadenas de azucares se conviertan en diversos subproductos, los compuestos importantes que se obtienen de la fermentación es el ácido láctico, butírico, acético entre otros.	Parámetros Fisicoquímicos	Temperatura(°C) PH °Brix % Humedad Densidad
			Fermentación	Concentración

Fuente: Elaboración propia

3.4 Técnicas e instrumentos para la obtención de datos

La técnica empleada respecto a la obtención de datos se basará más que todo por la observación y el mecanismo empírico. Los materiales empleados se basan en las normas y reglamentos actuales en función al manejo de restos orgánicos, así como también a las referentes

a los protocolos, normas técnicas y reglamentos para los ensayos con los biocombustibles (bioetanol).

3.5 Técnicas para el procesamiento de la información.

Las técnicas usadas con mayor frecuencia dentro de la tesis son el análisis de datos, diagramas de flujo y los diversos programas como el Excel e InfoStat.

3.6 Método de análisis de Datos

3.6.1 Metodología para medir la Celulosa de los residuos.

Para calcular la celulosa en la muestra se empleó el método aplicado por Kirk et al (1996).

Primero se calculó el peso real de la muestra, posteriormente el peso después del secado y por último el peso después de la incineración, como se muestra a continuación de las seis muestras para posteriormente hallar su media:

$$\% = \frac{-}{} \; 100$$

$$\% = \frac{25{,}46 - 18{,}52}{40} \; 100 = 17{,}50\,\%$$

Para la segunda repetición el porcentaje de celulosa fue de 17,53 % y para la tercera repetición fue de 17,52 % sacando el promedio seria 17,51667 = 17,52%.

3.6.2 Metodología para medir el porcentaje de Humedad de los residuos.

Para determinar el porcentaje de humedad de cada componente se siguió el método empleado por Kirk et al (1996); los porcentajes contenidos de humedad en g/g, obtuvieron resultados por encima del 85 %. La zanahoria posee un aumento porcentaje de humedad siendo este 85,91 %. Esto se podría considerar como una posible desventaja respecto al mecanismo, esto se debe a que la base de materia prima está formada de un compuesto que no útil en el proceso.

Para el caso de la zanahoria, el peso de la primera, segunda y tercera muestra fueron de 40 gramos, y el porcentaje de humedad después del secado fue de 84,70%, 84,92%, 83,97% para cada muestra por lo que la media está dada por 84,53 %.

$$\% \quad = \frac{\quad - \quad}{} \quad 100$$

$$\% \quad = \frac{40 \quad - 6.12}{40} \quad 100 = 84{,}70\ \%$$

3.6.3 Metodología para medir la densidad de los residuos.

Para la medición de la densidad se aplicó el método convencional masa sobre volumen empleado así mismo se observó una peculiaridad, el cual indica que los dos compuestos de mayor masa molecular pertenecen a los dos componentes más con mayor y menor proporción de celulosa, para la cascara de mango, el elevado contenido de fibra es la viable explicación para su alta densidad en comparación a los otros componentes.

Aplicando la siguiente ecuación para la muestra cascara de yuca, el peso real de la muestra es de 60 gramos, el volumen inicial del agua es de 150 ml y el volumen final con la muestra es de 225 ml, con lo que su densidad es:

$$= \frac{\quad}{\quad - \quad}$$

$$= \frac{60}{225 \quad - 150} = 0{,}80 \frac{}{}$$

3.6.4 Metodología para calcular el rendimiento del bioetanol.

Después de haber determinado el etanol empleando el mecanismo de densidad y de refractómetria, se hace una comparación entre ambos, con la finalidad de hallar el mecanismo más adecuado para hallar el rendimiento. Se observó que el mecanismo de refractómetria es mucho más exacto ya que brindan un nivel de confianza elevado y esto se puede observar en los

datos obtenidos. En cambió el método de densidad no es un método muy preciso debido a que las concentraciones son demasiadas bajas por lo que podrían generar un cambio óptimo respecto a la densidad.

$$= \frac{\times \quad ó}{}$$

$$= \frac{(\quad \times \quad)}{0{,}2} = \frac{0{,}4 \quad 0{,}71 -}{0{,}2} = 1{,}42 \frac{}{}$$

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Caracterización de los restos orgánicos

En breve se muestra una relación de datos extraídos luego del mecanismo de caracterización:

4.1.1 Determinación de Celulosa.

Tabla 3

Porcentaje calculada de celulosa en cada componente

Residuo	n	% celulosa promedio	Mínimo	Máximo
Zanahoria	3	7,54 %	7,53 %	7,56 %
Cascara de yuca	3	6,57 %	6,55 %	6,58 %
Cascara de mango	3	17,52 %	17,50 %	17,53 %
Cascara de alverja	3	5,78 %	5,76 %	5,79 %
Choclo	3	9,43 %	9,42 %	9,45 %

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Determinación del porcentaje de Humedad.

Tabla 4

Porcentaje de humedad calculada en cada componente

Residuo	n	% Humedad	Mínimo	Máximo
Zanahoria	3	84,53 %	83,97 %	84,92 %
Cascara de yuca	3	72,12 %	72,11 %	72,13 %
Cascara de mango	3	69,89 %	68,89 %	68,90 %
Cascara de alverja	3	65,43 %	65,41 %	65,45 %
Choclo	3	37,56 %	37,54 %	37,58 %

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Determinación de la Densidad.

Tabla 5

Densidad Calculada

Tipo de Residuo	Densidad (g/ml)
Zanahoria	0,79
Cascara de yuca	0,80
Cascara de mango	1,047
Cascara de alverja	0,98
Choclo	0,69

Fuente: Elaboración propia

4.2 Caracterización del ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Tabla 6

Características fisicoquímicas del Ácido Sulfúrico

Característica fisicoquímica	Cantidad
Densidad	1,83 g/ml
Peso molecular	98,08 g/mol
T° fusión	283 K
T° ebullición	610 K
Viscosidad	26,7 cp.
Presión de vapor	0,001 mmHg

Fuente: www.Acidosulfurico.com

4.3 Balance por componente

Balance de Componentes en la Hidrolisis:

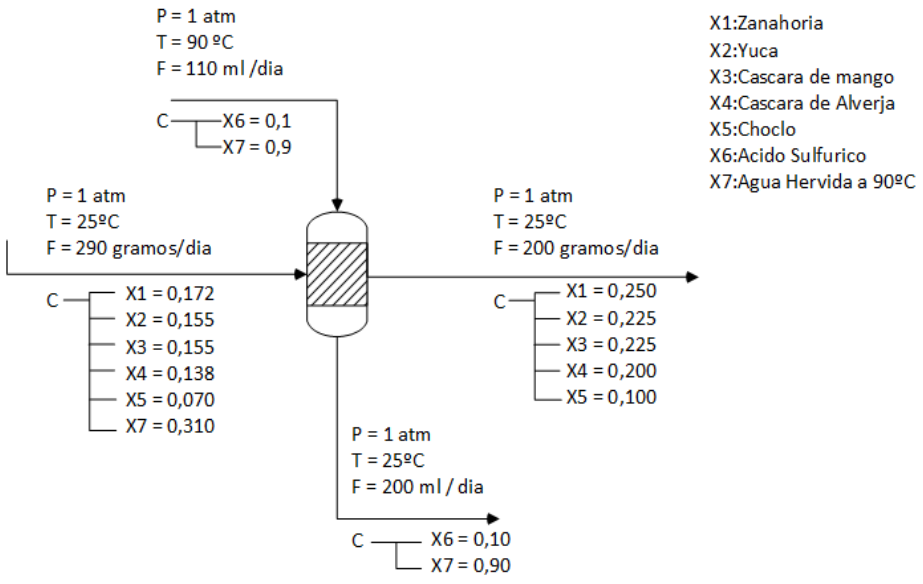

Figura 16. Balance de componentes en la Hidrolisis.

Balance de Componentes en la Fermentación

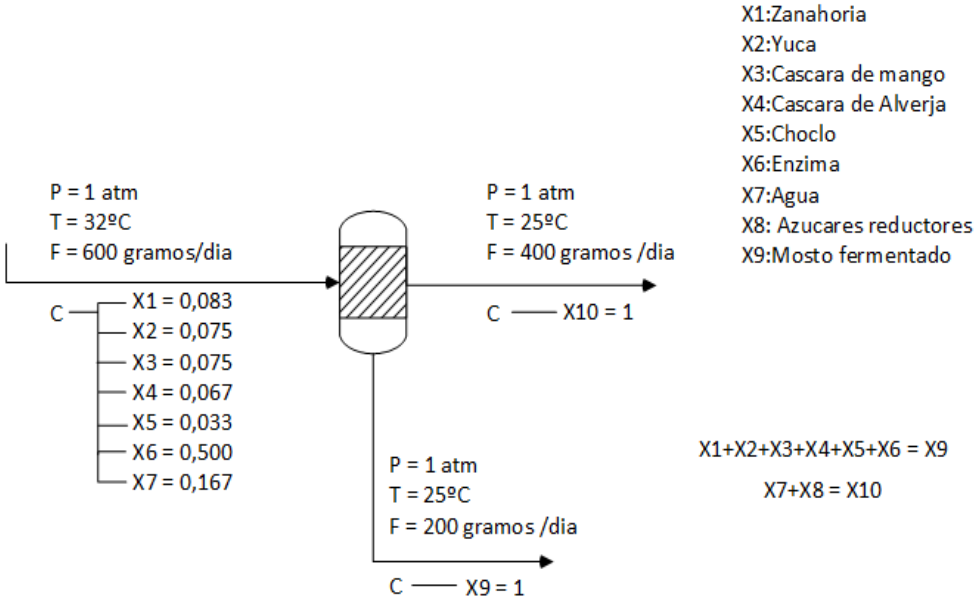

Figura 17. Balance de componentes en la Fermentación.

4.4 Hidrolisis acida

Cantidad de residuos establecidos para la Hidrólisis Acida

Tabla 7

Cantidad de residuos establecidos para la Hidrolisis Acida

N° muestra	Zanahoria (g)	Cascara de yuca (g)	Cascara de mango (g)	Cascara de alverja (g)	Choclo (g)	Total (g)
1	49,88	44,95	44,95	40,02	20,03	200
2	49,88	44,95	44,95	40,02	20,03	200
3	49,88	44,95	44,95	40,02	20,03	200
4	49,88	44,95	44,95	40,02	20,03	200
5	49,88	44,95	44,95	40,02	20,03	200
6	49,88	44,95	44,95	40,02	20,03	200

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se muestra la cantidad de ácido sulfúrico utilizado o empleado en la hidrolisis Acida para cada muestra, tanto en porcentaje, tiempo de hidrolisis, así como la cantidad en mililitros utilizada en este proceso.

Tabla 8

Preparación del Ácido sulfúrico y tiempo de Hidrolisis

N° muestra	Cantidad de Agua caliente a 90°C	Porcentaje de Acido empleado	Tiempo de Hidrolisis
1	100 ml	4,03 %	[2 – 3] días
2	100 ml	4,03 %	[2 – 3] días
3	100 ml	6,72 %	[2 – 3] días
4	100 ml	6,72 %	[2 – 3] días
5	100 ml	9,41 %	[2 – 3] días
6	100 ml	9,41 %	[2 – 3] días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Cantidad de Ácido y agua empleada en cada muestra

N° muestra	3 molar		5 molar		7 molar	
	Agua	**Acido**	**Agua**	**Acido**	**Agua**	**Acido**
1	100 ml	16,12 ml	0	0	0	0
2	100 ml	16,12 ml	0	0	0	0
3	0	0	100 ml	26,87 ml	0	0
4	0	0	100 ml	26,87 ml	0	0
5	0	0	0	0	100 ml	37,63 ml
6	0	0	0	0	100 ml	37,63 ml

Fuente: Elaboración propia

4.5 Fermentación

A continuación, se presentan los cuadros para cada una de las 6 fermentaciones y los tiempos intervalos de tiempo para cada muestra.

Parámetros calculados antes de la Fermentación

Tabla 10

Parámetros calculados en el multímetro

N° muestra	PH	Conductividad (us/cm)	Resistividad Kohm	Residuos solidos	Absorbancia
1	1,88	249,4	5,366	104	569
2	1,71	38,90	34,95	16,94	574
3	1,69	257,4	4,91	127,5	591
4	1,49	112,9	11,08	57,97	599
5	1,55	123,9	10,08	60	609
6	1,34	58,22	22,81	25,49	628

Fuente: Elaboración propia

Parámetros calculados con el multímetro después de la fermentación

Tabla 11

Parámetros calculados en el multímetro

N° muestra	Conductividad (us/cm)	Resistividad (Kohm)	Residuos sólidos (ppm)	Absorbancia (mV)	Temperatura (ºC)
1	108,1	11,55	51,84	526	21,4
2	59,48	21,02	28,66	579	21,4
3	71,34	17,33	35,58	636	21,4
4	52,91	23,98	24,65	702	21,4
5	66,03	13,26	46,98	784	21,4
6	154,2	8,031	75,78	863	21,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Parámetros calculados experimentalmente después de la fermentación

Concentración de H_2SO_4	Concentración de enzima	Grado de Alcohol	Volumen de alcohol obtenido (ml)	Peso de alcohol obtenido (g)	Densidad del Alcohol obtenido (g/ml)
3 molar	8 g	12	18	17,316	0,962
	16 g	15	21	19,761	0,941
5 molar	8 g	18	25	24,25	0,970
	16 g	20	31	29,636	0,956
7 molar	8 g	25	33	31,845	0,965
	16 g	30	35	34,055	0,973

Fuente: Elaboración propia

4.6 Destilación

Después de trascurrir el tiempo de destilación, el volumen resultante de la muestra destilada se sometió a dos diferentes pruebas para la determinación de bioetanol en dicho matraz, la primera prueba que es la refractrometria consistió en medir con un refractómetro la

concentración de etanol, para posteriormente calcular su índice de refracción; la segunda prueba consiste en el método de densidad lo cual utilizaremos un picnómetro para dicho calculo.

4.6.1 Determinación de bioetanol por refractometría.

En breve se muestra una relación respecto a los índices de refracción obtenidos en función a la concentración del etanol.

Tabla 13

Índice de refracción

Concentración de etanol %(V/V)	Índice de refracción
14 %	1,37025
16 %	1,37528
17 %	1,37793
19 %	1,38294
20 %	1,38531
24 %	1,39542

Fuente: Elaboración propia

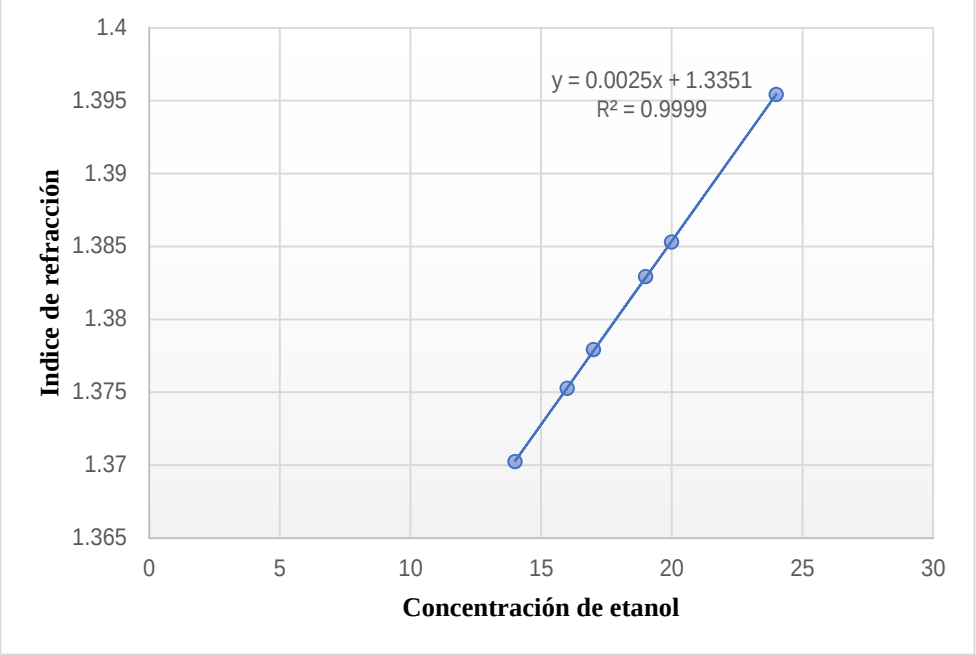

Figura 18. Curva de calibración índice de refracción vs concentración.

Tabla 14

Volumen total de etanol obtenido

N° muestra	Índice de refracción	%(v/v) del destilado	Volumen resultado de la destilación (ml)	Volumen total del etanol (ml)	%(V/V) Fermentado
1	1,37025	14,06	18	2,531	1,265 %
2	1,37528	16,072	21	3,375	1,687 %
3	1,37793	17,132	25	4,283	2,141 %
4	1,38294	19,136	31	5,932	2,966 %
5	1,38531	20,084	33	6,622	3,311 %
6	1,39542	24,128	35	8,444	4,222 %

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 Determinación de etanol aplicando el método de densidad.

Tabla 15

Volumen de etanol en cada muestra

N° muestra	Peso (picnómetro + muestra) (g)	Peso de la muestra (g)	Densidad de la muestra (g/ml)	Volumen de etanol (ml)	%(V/V) En el picnómetro
1	20,45	9,62	0,962	1,912	19,12
2	20,24	9,41	0,941	2,941	29,41
3	20,53	9,70	0,970	1,519	15,20
4	20,39	9,56	0,956	2,206	22,06
5	20,48	9,65	0,965	1,765	17,65
6	20,56	9,73	0,973	1,373	13,73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Porcentaje de etanol obtenido en cada muestra

N° muestra	Volumen resultado de destilación (ml)	Volumen total de etanol (ml)	%(V/V) Fermentado
1	18	3,4416	1,7308
2	21	6,1761	3,0881
3	25	3,8000	1,9000
4	31	6,8386	3,4193
5	33	5,8245	2,9123
6	35	4,8055	2,4028

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Parámetros Básicos en la Hidrolisis y fermentación

Concentración de H_2SO_4	Concentración de enzima	Masa del sustrato	Temperatura de Hidrolisis	Tiempo de Hidrolisis	Tiempo de Fermentación
3 molar	8 g	200 g	90ªC	2-3 Días	10 días
	16 g	200 g	90ºC	2-3 Días	10 días
5 molar	8 g	200 g	90ºC	2-3 Días	10 días
	16 g	200 g	90ºC	2-3 Días	10 días
7 molar	8 g	200 g	90ºC	2-3 Días	10 días
	16 g	200g	90ºC	2-3 Días	10 días

Fuente: Elaboración propia

4.7 Concentración del Bioetanol

Para determinar la concentración del Bioetanol se utilizó la ecuación de la recta del gráfico de curva de calibración.

Concentración en la muestra 1:

$$(\text{—}) = \frac{0{,}526 - 0{,}2986}{0{,}0192} = 11{,}84 \quad /$$

$$= (0{,}012 \times 11{,}84) = 0{,}14208$$

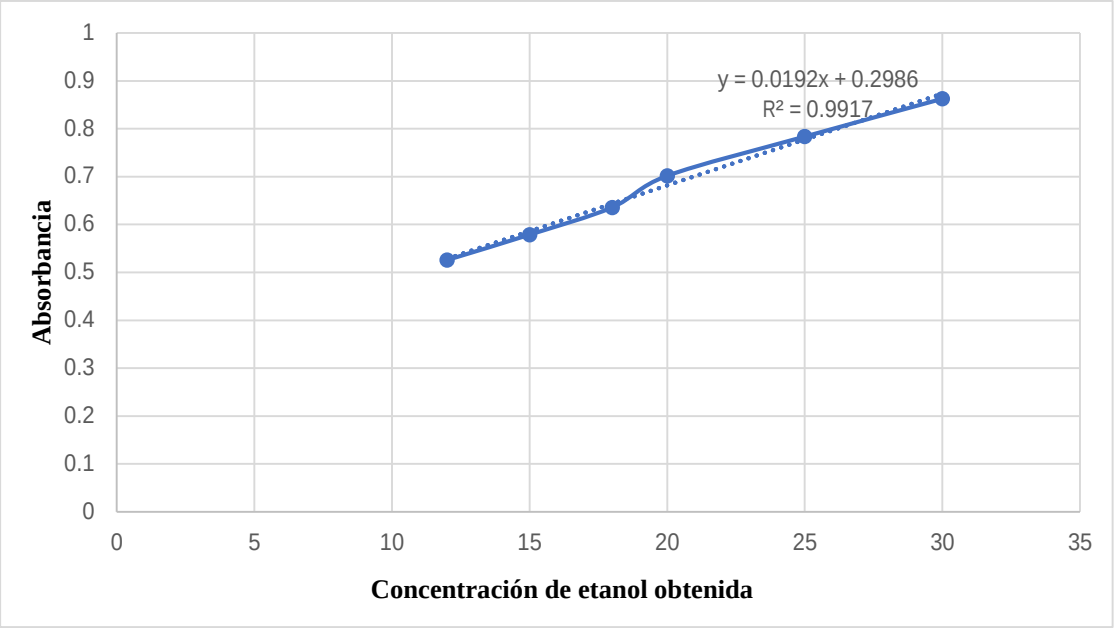

Figura 19. Curva de Calibración absorbancia vs concentración de etanol obtenida.

Tabla 18

Cantidad total de etanol presente en el destilado

N° muestra	Absorbancia	Volumen del destilado (l)	Concentración del Alcohol (g/l)	Alcohol Total (g)
1	0,526	0,012	0,71	0,142
2	0,579	0,015	1,10	0,219
3	0,636	0,018	1,58	0,316
4	0,702	0,020	2,10	0,420
5	0,784	0,025	3,16	0,632
6	0,863	0,030	4,41	0,882

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la concentración real del etanol en el volumen fermentado:

$$= \frac{0{,}14208}{0{,}2} = 0{,}7104 \quad /$$

4.8 Rendimiento del bioetanol

Tabla 19

Comparación entre ambos métodos

N° muestra	Método de Refractometría %(V/V)	Método de densidad %(V/V)	Concentración del etanol (g/l)
1	1,265 %	1,7308 %	0,71
2	1,687 %	3,0881 %	1,10
3	2,141 %	1,9000 %	1,58
4	2,966 %	3,4193 %	2,10
5	3,311 %	2,9123 %	3,16
6	4,222 %	2,4028 %	4,41

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el rendimiento del bioetanol se utilizó la siguiente fórmula:

$$= \frac{\times}{}$$

Para la muestra 1:

$$= \frac{0.4 \quad \times 0.71 \quad /}{0.2} = 1.42 \qquad /$$

Tabla 20

Rendimiento de Bioetanol

N° muestra	Volumen final de Hidrolizado (L)	Concentración de etanol (g/L)	Rendimiento del bioetanol (g/Kg)
1	0,4	0,71	1,42
2	0,4	1,10	2,20
3	0,4	1,58	3,16
4	0,4	2,10	4,02
5	0,4	3,16	6,32
6	0,4	4,41	8,82

Fuente: Elaboración propia

Rendimiento del bioetanol en cada muestra

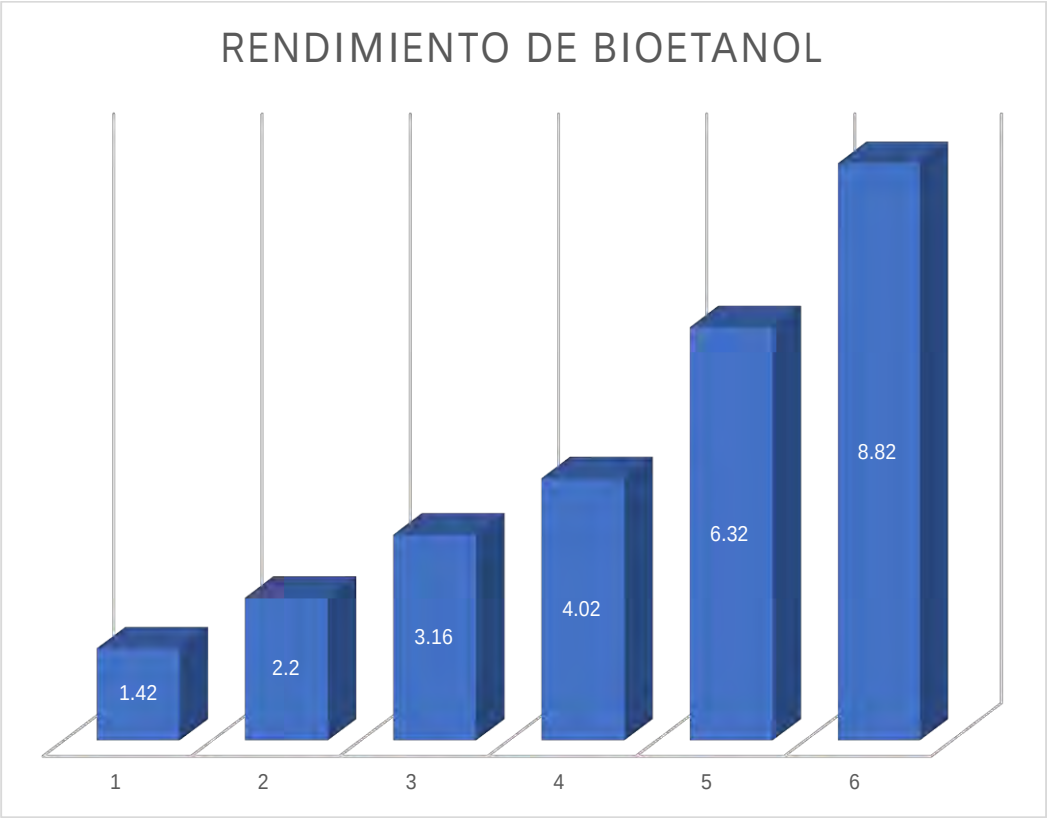

Figura 20. Rendimiento del bioetanol.

4.9 Cálculos para él % de conversión

Para calcular el porcentaje de conversión:

$$\% = \frac{\qquad\qquad}{\qquad\qquad} \times 100$$

Para la muestra 1:

$$\% = \frac{17{,}316}{200} \times 100 = 8{,}658\ \%$$

Tabla 21

Porcentaje de Conversión

Concentración de H_2SO_4, mol/L (M)	Peso de enzimas (g)	% de conversión	Rendimiento del bioetanol (g/Kg)
3	8	8,658	1,42
	16	9,880	2,20
5	8	12,125	3,16
	16	14,818	4,02
7	8	15,923	6,32
	16	17,028	8,82

Fuente: Elaboración propia

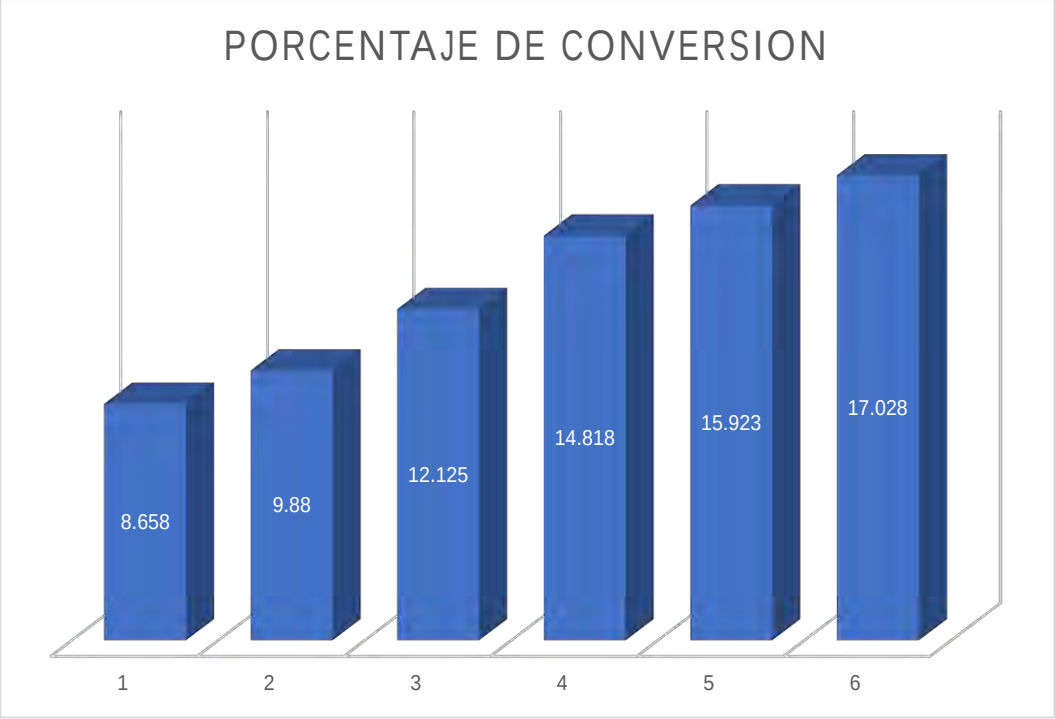

Figura 21. Porcentaje de conversión.

4.10 Análisis estadístico

Examinación de la varianza para el rendimiento, empleando SC con ajuste:

Tabla 22

Examinación de la varianza para rendimiento

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
H_2SO_4	2	139.164	139.164	69.582	11123.21	0.000
Enzima	1	11.426	11.426	1.426	1826.60	0.000
H_2SO_4 x Enzima	2	3.770	3.770	1.885	301.30	0.000
Error	18	0.113	0.113	0.006		
Total	23	154.472				

Fuente: Elaboración propia

Datos aplicando el mecanismo de Tukey con un 95% de confianza

Tabla 23

Prueba de TUKEY para la concentración de ácido

H_2SO_4	N	Media	Agrupación		
7 molar	8	7.6	A		
5 molar	8	3.6		B	
3 molar	8	1.8			C

Fuente: Elaboración propia

Datos aplicando el mecanismo de Tukey con un 95% de confianza respecto a las medias sin compatibilidad.

Tabla 24.

Prueba de TUKEY para el peso de la enzima

Enzima	N	Media	Agrupación	
16 g	12	5.0	A	
8 g	12	3.6		B

Fuente: Elaboración propia

Las medias que no presentan alguna compatibilidad son relativamente diferentes.

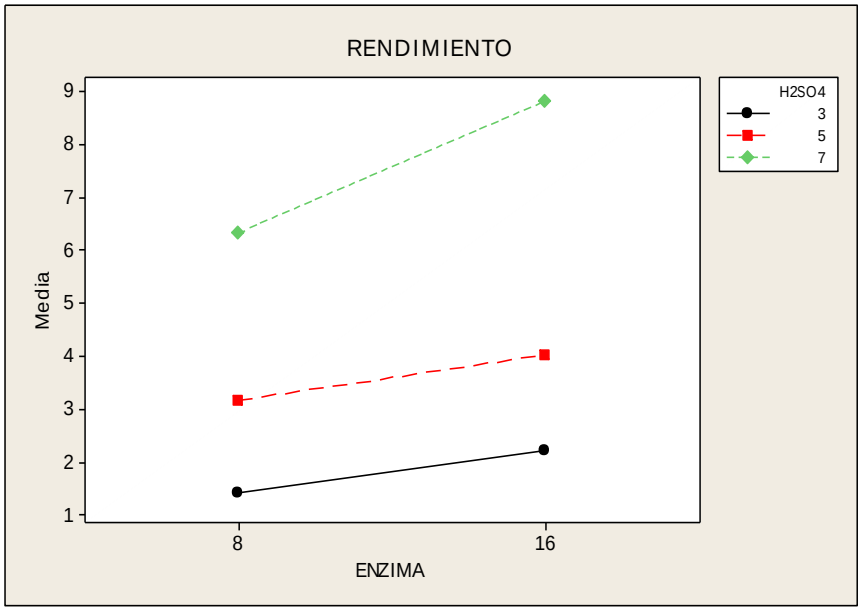

Figura 22. Porcentaje de rendimiento vs cantidad de enzima.

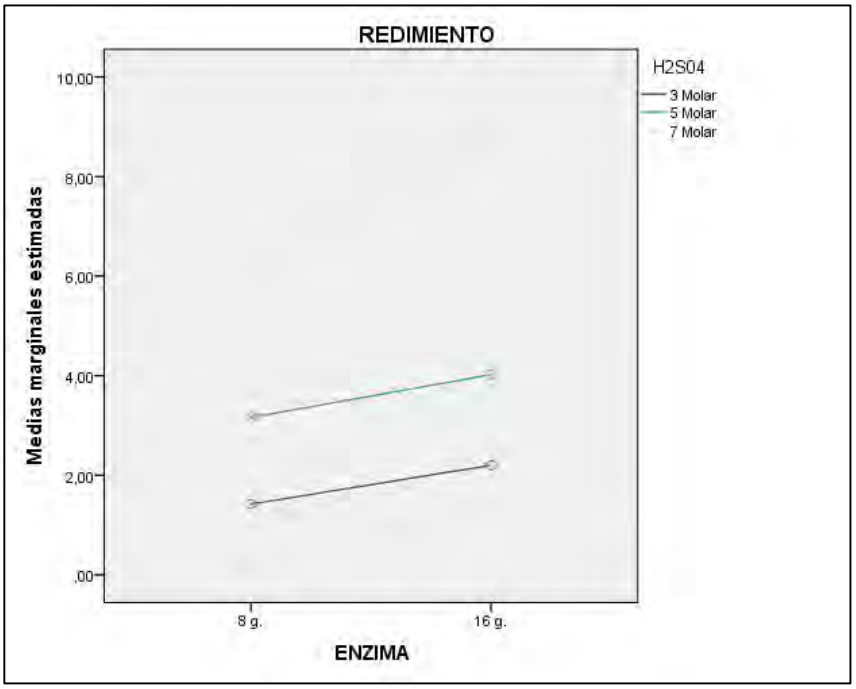

Figura 23. Porcentaje de rendimiento vs cantidad de enzima.

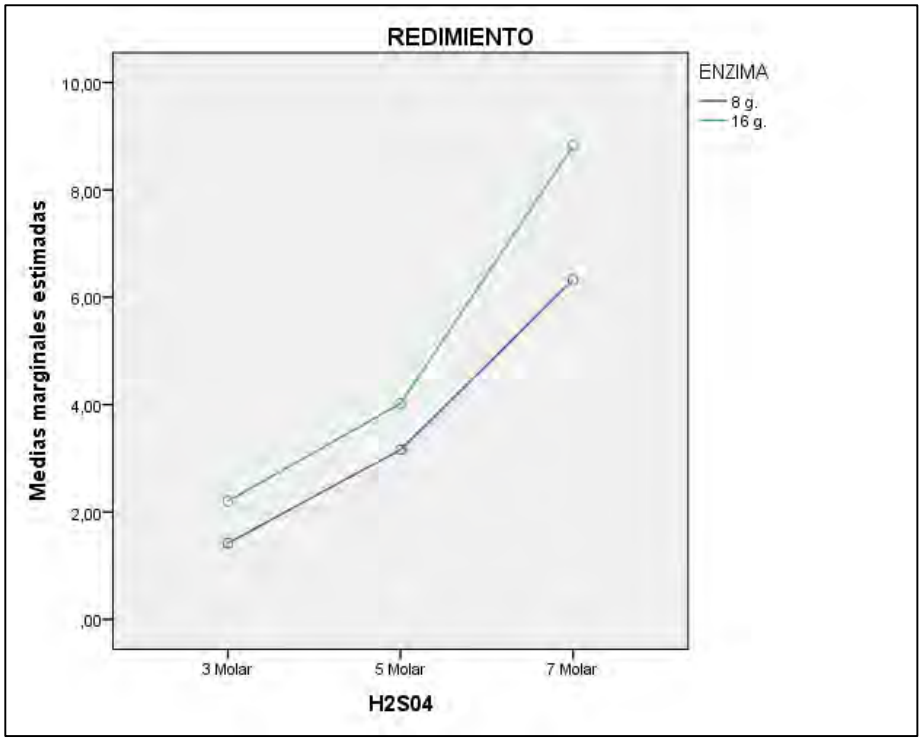

Figura 24. Porcentaje de rendimiento vs ácido sulfúrico.

Examinación de varianza respecto al % Conversión, empleando SC ajustada

Tabla 25

Examinación de varianza respecto al % Conversión

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
H_2SO_4	2	209.650	209.650	104.825	12241.13	0.000
Enzima	1	16.800	16.800	16.800	1961.88	0.000
H_2SO_4 x Enzima	2	3.133	3.133	1.566	182.92	0.000
Error	18	0.154	0.154	0.009		
Total	23	229.737				

Fuente: Elaboración propia

Empleando el mecanismo de Tukey con el 95.0% de confianza.

Tabla 26

Prueba de TUKEY para la concentración de ácido

H_2SO_4	N	Media	Agrupación
7 molar	8	16.5	A
5 molar	8	13.5	B
3 molar	8	9.3	C

Fuente: Elaboración propia

Datos aplicando el mecanismo de Tukey con un 95% de confianza respecto a las medias sin compatibilidad.

Tabla 27

Prueba de TUKEY para el peso de la enzima

Enzima	N	Media	Agrupación
16 g	12	13.9	A
8 g	12	12.2	B

Fuente: Elaboración propia

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

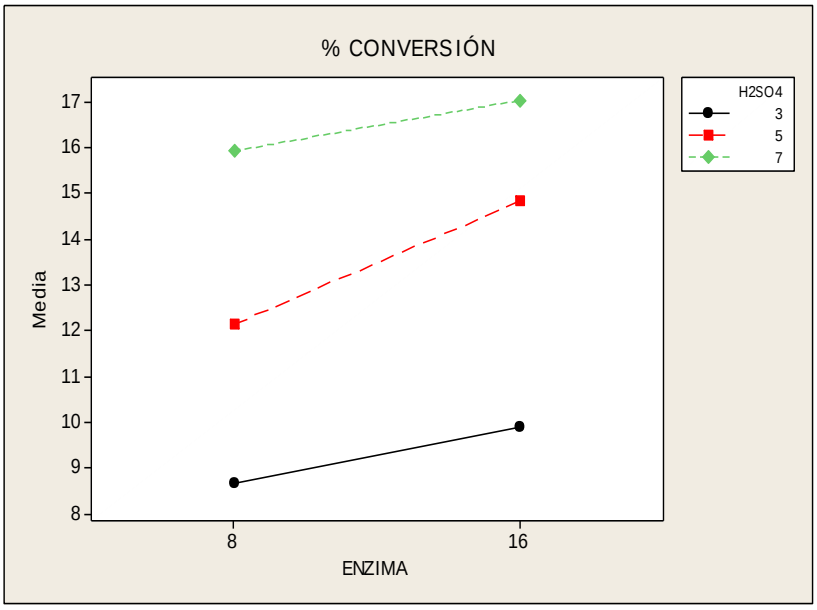

Figura 25. Porcentaje de conversión vs proporción de enzima.

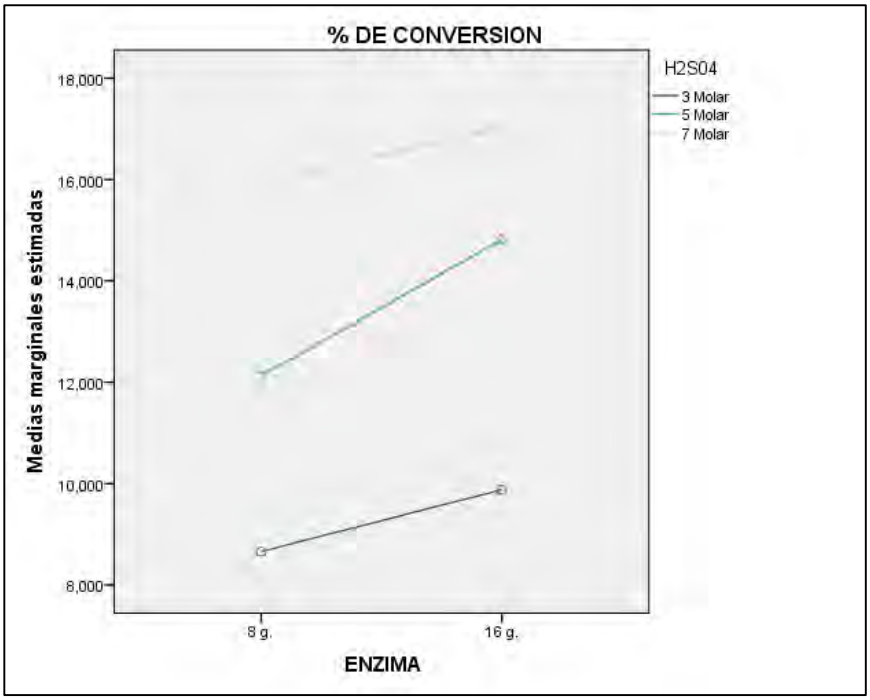

Figura 26. Porcentaje de conversión vs proporción de enzima.

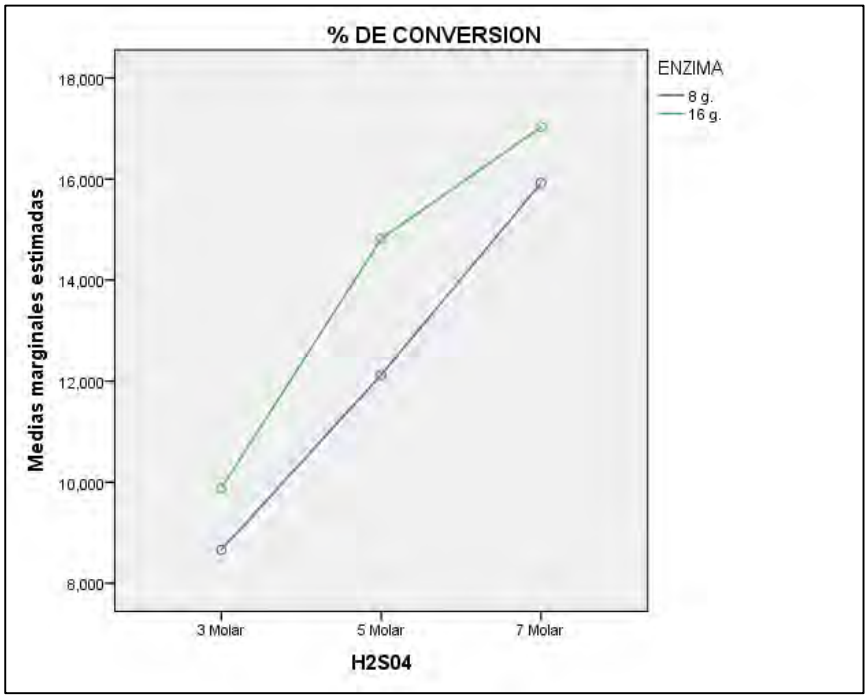

Figura 27. Porcentaje de conversión vs concentración de ácido sulfúrico.

CAPITULO V: DISCUSION, CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que indica quien indica Malagon et al. (2017) dando a entender que los porcentajes encontrados de celulosa para el mango fue de 18,65 % y así mismo también el rendimiento se aproxima con el nuestro.

En función a la caracterización fisicoquímica de los demás residuos orgánicos indica (Sansen y Vargas, 2009) el porcentaje de humedad de este es del 80 % se desacuerda respecto a la humedad debido a que en nuestra investigación se obtuvo un porcentaje de 69,89 %.

Según indica Aurora & Barrera (2015) en su investigación la cual obtuvo resultados de 64,25 % respecto a su rendimiento lo cual no se establece una adecuada relación con la de nosotros debido a que el resultado obtenido fue de 8,82 %.

5.2 Conclusión

Si fue posible elaborar un proceso de producción para el bioetanol a partir de los residuos orgánicos generados en el mercado de abastos de la Municipalidad Distrital de Huacho, la obtención del alcohol producido tubo una pureza que estuvo comprendida entre el rango de 10° hasta 30°.

El método óptimo para determinar la cantidad de alcohol obtenida es el método del refractómetro debido a que es mucho más preciso en comparación al método de densidad.

El análisis comparativo entre las diferentes concentraciones de ácido sulfúrico tuvo una gran implicancia a la hora de romper los enlaces, mientras más concentración de ácido sulfúrico hubo, mayor volumen de alcohol se obtuvo.

Las condiciones óptimas de las variables operacionales son: masa de la materia orgánica; 200 g, concentración de ácido sulfúrico a diferentes concentraciones 3, 5 y 7 molar, la temperatura de hidrolisis que es de 90°C y el tiempo de hidrolisis que son de 2 a 3 días, el porcentaje de levadura que es 4% y 8% y el tiempo de fermentación de 8 a 12 días.

5.3 Recomendación

Es recomendable usar agua destilada en vez de agua tratada, ya que esta agua no contiene iones y por lo tanto el proceso de hidrolisis como la fermentación es mucho más pura y por ende el grado de alcohol mayor.

Asimismo, usar otros métodos mucho más precisos para determinar la cantidad de bioetanol destilado en cada muestra.

Emplear una mayor proporción de enzima en el proceso de fermentación, con el fin de realizar una comparación y diferentes ensayos con la finalidad de obtener nuevos datos.

Realizar un control muy preciso en el tiempo de hidrolisis y fermentación, ya que deben ser muy minuciosos en eso para que no se generen errores.

Emplear diferentes tipos de enzimas y realizar una comparación adecuada con el fin de ver cual enzima presenta mejores resultados.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arellano, C. (2015). *Obtención de bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos sometidos a hidrólisis enzimática* (Tesis de maestría). Recuperado de https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46812/ArellanoPeralesCarla.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Aurora, E., y Barrera, E. (2015). Obtención de bioetanol a partir de los residuos fermentables de mango y determinación de parámetros óptimos de destilación. *Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecología e Innovación,* 2(2), 31-40.

Bardales, C., Rojas, C. y León, C. (2015). Evaluación de los principales residuos lignocelulósicos agroindustriales del departamento de La Libertad, Perú como potenciales materias primas para la obtención de bioetanol. *Arnaldoa, 22(1),* 225-232.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación.* Bogotá D.C., Colombia: Pearson Educación de Colombia Ltda.

Cabello, F. (2012). *Biocarburantes, presente y futuro* (Trabajo de maestría). Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

Carrasco Carnero, M. y Zuñiga Zuñiga, F. (2016). *Obtención de Bioetanol por digestión enzimática de Aspergillus niger y Bacillus subtilis en bagazo de caña de azúcar, bagazo de malta y mezcla de estos, en sistemas de fermentación con Saccharomyces cerevisiae y Zymomonas mobilis* (Tesis de pregrado). Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_045924aa506b9cd8617f9d34a8cbdba2

Comunidad de Madrid (2007). *Vigilancia Tecnológica nº 4 "Biocarburantes líquidos: biodiésel y bioetanol"* (01698) . Recuperado de https://www.comunidad.madrid/publicacion/ref/01698

Escalante Calderón, J. y Fuentes Aquije, H. (2013). *Estudio experimental de obtención de bioetanol a partir de residuos agrícolas de banano orgánico en Piura* (Tesis de pregrado). Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1744

Espinosa, F. (2013). *Obtención de etanol mediante hidrólisis alcalina, enzimática y fermentación a partir del excedente orgánico del banano variedad musa paradisiaca* (Tesis de pregrado). Recuperado de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1821/1/T-UCE-0017-44.pdf

Guerrero, A. (2014). *Comparación cinética de la producción de xilanasa por Rhizomucor pusillus SOC-4A empleando biorreactores de placa y de columna* (Tesis de pregrado). Recuperado de http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/301

Hernández, R., Fernandez, C. y Baptista, P. (2014). *Metodologia de la Investigacion.* Mexico D.F., Mexico. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hernandez, L. (2018). *Obtención de biogasolina a partir del bioetanol producido de la cáscara y del fruto del maduro a través de la fermentación y transformación en un reactor de lecho empacado* (Tesis de pregrado). Recuperado de https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19680

Malagón, L., Inés, A., Lache, A., Santos, J. y Zabala, D. (2017). Producción de bioetanol a partir de diferentes mezclas de los residuos orgánicos generados en una empresa alimentos. *Revista de Investigación de Fundación Universidad de América, 10(1),* 47-59.

Montiel, K., y Romero, L. (2015). *Obtención de bioetanol a partir de la coronta (olote) del maiz variedad HS-5, por el método de hidrólisis ácida diluida - fermentación separación, laboratorios de química UNAN-Managua* (Tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.unan.edu.ni/1357/1/Monograf%C3%ADa%20KiaraLeticia.pdf

Montoya, N. (2012). *Análisis de la Viabilidad de Obtención de Bioetanol a partir de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU)* (Tesis de maestría). Recuperado de https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/407101

Morales, S. (2015). *Hidrólisis ácida de celulosa y biomasa lignocelulósica asistida con líquidos iónicos* (Tesis de doctorado). Recuperado de https://digital.csic.es/bitstream/10261/132717/1/morales_de_la_rosa_silvia.pdf

Patron, A. y Rodríguez, A. (2014). *Diseño de un biorreactor para la producción de bioetanol a partir de desechos orgánicos a escala de laboratorio* (Tesis de pregrado). Recuperado de http://190.144.180.114/bitstream/handle/123456789/798/TMEC%201131.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Paredes, D., Álvarez, M. y 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 tecnologica Espol, 23(1),* 81-88.

Dantas A., Paredes, D. y Pereyra, J. (2013). *Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta para obtener bioetanol a partir del maíz (Zea Mayz) en la Región Loreto* (Tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4269

Sánchez, O. y Cardona, C. (2005). Producción biotecnológica de alcohol carburante II: integración de procesos. *Interciencia, 30(11),* 679-686.

Santos, J. y Zabala, D. (2016). *Evaluación de la producción de etanol a partir de residuos orgánicos y sus diferentes mezclas, generados en la empresa de alimentos SAS S.A.C.* (Tesis de pregrado). Recuperado de https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/546/1/6102511-2016-2-IQ.pdf

Siliceo, M. (2014). *Analisis de la productividad de bioetanol* (Tesis de mestría). Recuperado de https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46727/SiliceoRodriguezMLuisa.pdf

ANEXOS

Anexo I: Procedimiento

A. Recolección de los Residuos Sólidos Orgánicos

Los residuos orgánicos fueron recolectados del mercado de abastos de la Municipalidad de Huacho en horario nocturno, ya que es el momento donde se concentran más los residuos.

B. Selección de materia prima

Posteriormente los residuos recolectados es llevado al laboratorio donde se escogió en función a las variables de inclusión lo cual comprende:

- Cáscara de arveja
- Cáscara de yuca
- Zanahoria
- Cáscara de mango
- Choclo

Figura 28. Selección y recepción de materia prima.

Luego los residuos fueron lavados con abundante agua, para eliminar los compuestos no óptimos para la hidrolisis y demás residuos innecesarios (residuos sólidos inorgánicos).

C. Molienda

Se cortó en partes pequeñas con ayuda de un cuchillo, para luego tritúralos en una licuadora con el fin de aprovechar todas sus propiedades.

Figura 29. Picado de materia prima.

Figura 30. Reducción del tamaño.

Seguidamente se calculó el peso total de la muestra a analizar en una balanza, estos datos son óptimos y referenciales respecto a la determinación de otros datos como la conversión y rendimiento.

Figura 31. Pesado de los residuos orgánicos.

D. Hidrólisis ácida

Previo a la hidrólisis se hizo la dilución de ácido con agua caliente, hasta obtener una concentración de 3 M, 5 M y 7 M.

Figura 32. Dilución del ácido sulfúrico.

Una vez triturada los residuos orgánicos, se procede a colocar 200g en 6 matraces con la cual se trataron con ácido sulfúrico a 3 M, 5 M y 7 M, las temperaturas aplicadas a estos matraces estuvieron dentro de un rango de 85 a 99 ° C con un promedio de 48 a 72 horas de reacción.

Figura 33. Hidrolización de cada muestra.

Figura 34. Hidrólisis ácida diluida en las 6 muestras.

E. Fermentación

Posteriormente se preparó una mezcla con levadura saccharomyces cerevisiae y agua destilada, la proporción empleada de agua fue de 150 ml a una T° de 32°C durante un tiempo de media hora.

La proporción de hidrolizado fue de 8 y 16 g, con un tiempo de fermentación de 8 y 12 días respectivamente, del mismo modo hubo una agitación constante para la liberación del CO_2.

Figura 35. Preparación de la levadura.

Figura 36. Fermentación de las muestras.

F. Destilación

Luego de haber pasado los días respecto a la fermentación, se sometió a destilación simple, para la separación de alcohol con el material no hidrolizado, en este proceso se tuvo muy en cuenta la temperatura de ebullición ya que no debía superar a 78°C, siendo esta el punto de ebullición del bioetanol.

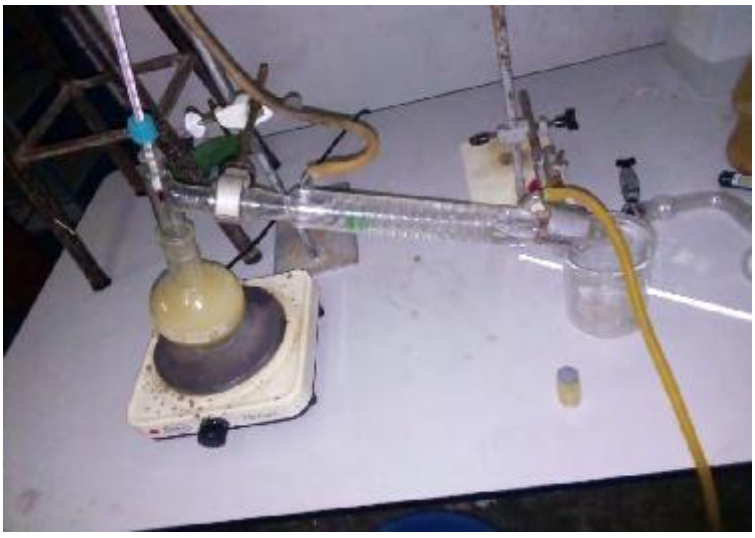

Figura 37. Destilación de los fermentados.

Por último, el compuesto obtenido se guardó en matraces, asegurando su aislamiento con el ambiente, esto más que todo para que no se volatice. Seguidamente se tomaron diversas muestras para las mediciones del porcentaje de alcohol, pH entre otras muestras.

Figura 38. Muestras de bioetanol destiladas.