



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



TESIS

**Estudio experimental de la obtención de
biocombustible a partir de los residuos orgánicos
de maíz (Zea Mays).**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA
QUÍMICA**

AUTORAS:

Bach.: Liliana Guevara Irigoin

Bach.: Merly Medaly Niquen Chimoy

ASESORADO POR:

Dra.: Doyle Isabel Benel Fernández- ORCID 0000-0002-6835-1662

Lambayeque – Perú

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



TESIS

**Estudio experimental de la obtención de biocombustible a partir de los
residuos orgánicos de maíz (Zea Mays).**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA
QUÍMICA**

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

Dr. CESAR AUGUSTO MONTEZA ARBULU

Presidente

Dra. YSABEL NEVADO ROJAS

Secretaria

Ing. JULIO HUMBERTO TIRADO VASQUEZ

Vocal

Dra. DOYLE ISABEL BENEL FERNANDEZ

Asesora

Dedicatoria

A las personas que siempre han estado ahí para mí a esos seres amados que se han dedicado a la tarea más vital y la más importante de todas la de llenar mi vida de cuidados y de amor por ser parte de mi formación profesional esta tesis lo pude realizar gracias a mis padres Marcial Guevara Sánchez y Marley Irigoin Cubas por ser los pilares fundamental en todo mi proceso profesional, por la motivación constante que me incentivan a cumplir mis metas. Mis abuelitos Luzmila Cubas Acuña y en algún lugar del universo siempre está conmigo, Juan Irigoin Sánchez, a mis hermanos (dante, Alex, Jorge Luis Y mi sobrina Marleny Sophia).

Agradecida con todas las personas que han sido parte esencial en el desarrollo de este proyecto desde el inicio, y que han aportado con sus conocimientos, apoyo y amistad a que logremos sacar adelante esta meta propuesta.

Dedicatoria

A mis padres Maria Chimoy y Manuel Niquen por su apoyo incondicional y su motivación constante en cada etapa de este camino. Han sido mi fuerza y mi guía durante los años de estudio, y estoy segura de que sin ustedes no hubiera llegado hasta aquí. A mis hermanos (Alejandra, Sheyla y Cristhian), cada uno de ustedes ha sido un pilar fundamental en mi vida, han sido mis cómplices en los momentos de incertidumbre y los primeros en celebrar mis logros.

Esta tesis es el resultado del esfuerzo conjunto y la dedicación de todos aquellos que me han acompañado en este proceso. Cada palabra escrita, cada fórmula resultó, ha sido posible gracias a su constante aliento y apoyo.

De nuevo, les agradezco infinitamente por todo lo que han hecho por mí y por ser la motivación que me ha llevado a culminar esta etapa. Esta tesis es para ustedes, con todo mi cariño y gratitud.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por ser nuestra guía y por habernos otorgado una familia, a cada una de nosotras, que son el impulso y la motivación diaria, y A todas las personas que han sido parte esencial en el desarrollo de este trabajo desde el inicio, y que han aportado con sus conocimientos, apoyo y amistad a que logremos sacar adelante esta meta propuesta.

A nuestra asesora M.Sc Doyle Isabel Benel Fernández por su experiencia y dedicación, y por todo el apoyo brindado durante el desarrollo del presente proyecto.

A nuestros padres por su apoyo incondicional en todo momento, tanto moral y material durante el desarrollo de esta investigación. Por ser nuestro ejemplo de vida, por promovernos de valores y agradecerles por todo este tiempo acompañándonos hasta lograr cada una de nuestras metas.

Índice de contenido

Resumen.....	ix
Abstract.....	x
Introducción	11
Capítulo I. Diseño teórico	15
Capítulo II. Métodos y Materiales	30
Capítulo III. Resultados y Discusión.....	43
Capítulo IV. Conclusiones	63
Capítulo V. Recomendaciones	64
Bibliografía.	65
Anexos.	69

Índice de tablas

Tabla 1. Composición elemental de la tusa base seca	22
Tabla 2. Normas referidas a los biocombustibles	27
Tabla 3. Metodologías y especificaciones del biocombustible.	28
Tabla 4. Operacionalización de variables	28
Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado	46
Tabla 6. Control de grados Brix	46
Tabla 7. Resultado de la destilación	47
Tabla 8. Control de grados Brix	47
Tabla 9. Resultado de la destilación	47
Tabla 10. Control de grados Brix	48
Tabla 11. Resultado de la destilación	48
Tabla 12. Rendimiento de biocombustible por tratamiento.....	48
Tabla 13. Prueba de normalidad para el rendimiento de biocombustible.....	48
Tabla 14. Prueba de Kruskal Wallis para el rendimiento del biocombustible.....	49
Tabla 15. Prueba T3 Dunnet para el rendimiento del biocombustible	49
Tabla 16. Resultados del % de alcohol del biocombustible obtenido	50
Tabla 17. Prueba de normalidad para el % de alcohol del biocombustible	50
Tabla 18. Prueba ANOVA para el % de alcohol biocombustible	51
Tabla 19. Prueba de homogeneidad de varianzas para el % de alcohol del biocombustible....	51
Tabla 20. Prueba Tukey para el % de alcohol del biocombustible.....	52
Tabla 21. Resultados de ph del biocombustible obtenido	52
Tabla 22. Prueba de normalidad para el pH del biocombustible	52
Tabla 23. Prueba de Kruskal Wallis para el pH de biocombustible	53
Tabla 24. Prueba T3 Dunnet para el pH del biocombustible.....	53

Tabla 25. Resultados de densidad del biocombustible obtenido	54
Tabla 26. Prueba de normalidad para la densidad del biocombustible.....	54
Tabla 27. Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de biocombustible	54
Tabla 28. Prueba T3 Dunnet para la densidad del biocombustible	55
Tabla 29. Resultados de coloración y olor del biocombustible obtenido	55
Tabla 30. Características del biocombustible obtenido en cada tratamiento	60

Índice de figuras

Figura 1. Venta de combustible (gasolina, Diesel y gas natural)	12
Figura 2. Producción de maíz.....	18
Figura 3. Estructura de la planta de maíz	20
Figura 4. Ficha técnica del cultivo de maíz.	21
Figura 5. Diagrama de flujo de la obtención de bioetanol a partir de maíz.	30
Figura 6. Esquema general de muestreo.....	40

Resumen

El uso de combustibles sigue incrementándose a nivel mundial y a su vez la alta contaminación ambiental, lo cual representa un grave problema medioambiental, por ende, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la calidad del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado (*Zea mays*), extraídos de diferentes áreas de cultivo de maíz en Ferreñafe, región Lambayeque. Consiste en una metodología de diseño experimental, una muestra de 37 kg de residuos de maíz a fin de obtener azúcares reductores; la producción de biocombustible es a partir de las etapas de proceso: recepción e inspección, lavado, secado, triturado, tamizado, pesado, hidrólisis ácida diluida, fermentación y destilación. Los resultados muestran que los residuos orgánicos de maíz blanco dentado presenta óptimas propiedades fisicoquímicas, generando un rendimiento de biocombustible de 98 ml con Enzima “D-Xilosa”, 76 ml con hidróxido de sodio y 86 ml con peróxido de hidrógeno; el biocombustible obtenido presenta un pH de 7.731, color incoloro, olor característico, densidad de 0.91 g/cm³, acidez total de 37.59 mg/L, conductividad eléctrica de 5.87 μ S/m y grado alcohólico de 94.3°INPM con Enzima “D-Xilosa”, 94 °INPM con hidróxido de sodio y 94°INPM con peróxido de hidrógeno. Se concluye que la calidad Del bio combustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz no excede las especificaciones de las normas ASTM.

Palabras clave: Biocombustible, *Zea mays*, residuos orgánicos, hidrólisis ácida, fermentación.

Abstract

The use of fuels continues to increase worldwide and in turn the high environmental pollution, which represents a serious environmental problem, therefore, the present study aims to evaluate the quality of biofuel from organic residues of white dent corn (*Zea mays*), extracted from different maize growing areas in Ferreñafe, Lambayeque region. It consists of an experimental design methodology, a sample of 37 kg of corn residues in order to obtain reducing sugars; Biofuel production is based on the process stages: reception and inspection, washing, drying, crushing, sifting, weighing, dilute acid hydrolysis, fermentation and distillation. The results show that the organic residues of dent white corn present optimal physicochemical properties, generating a biofuel yield of 98 ml with "D-Xylose" Enzyme, 76 ml with sodium hydroxide and 86 ml with hydrogen peroxide; The biofuel obtained has a pH of 7.731, colorless, characteristic odor, density of 0.91 g/cm³, total acidity of 37.59 mg/L, electrical conductivity of 5.87 μ S/m, and alcoholic strength of 94°INPM with "D-Xylose" Enzyme. , 94.3°INPM with sodium hydroxide and 94°INPM with hydrogen peroxide. It is concluded that the quality of the biofuel obtained from organic corn residues does not exceed the specifications of ASTM standards.

Key words: Biofuel, *Zea mays*, organic waste, acid hydrolysis, fermentation.

Introducción

El progreso de nuestra sociedad ha originado una gran demanda de combustibles, los que tienen como fuente de origen principalmente a los recursos no renovables, empleando especialmente los derivados de petróleo, lo cual suscita problemas como la extenuación gradual de los recursos no renovables y la generación de altas cantidades de emisiones contaminantes. En este contexto, durante los últimos tiempos la contaminación ha ido en crecida debido al crecimiento poblacional y de la comercialización de los vehículos, generando altos niveles de dióxido de carbono (CO₂), ya que se emplean combustibles tradicionales, que provocan daños en la salud de la población, en particular a los niños (Rafa, 2019).

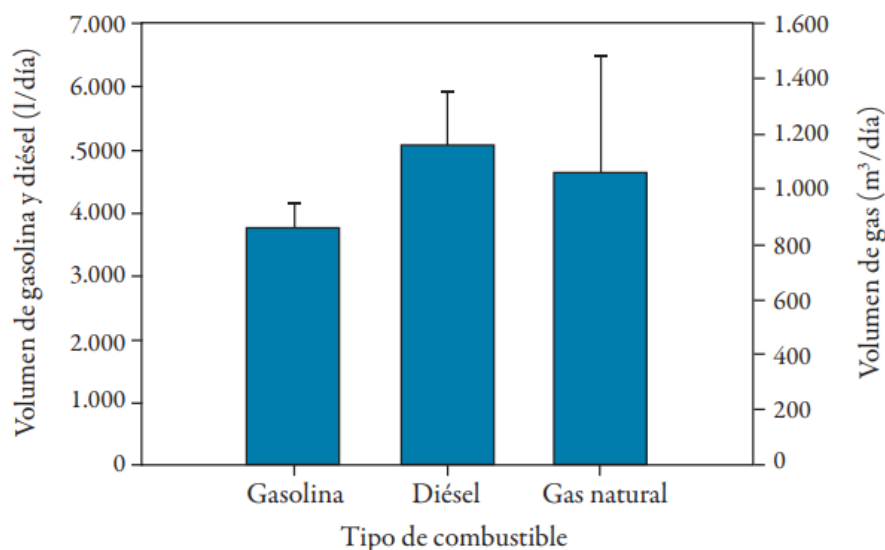
Esta fuente de contaminación tiene efectos en los sistemas fisiológicos de las personas, pues las partículas de hidrocarburos ingresan en los pulmones y el torrente sanguíneo por inhalación, causando irritación pulmonar, incapacidad de los reflejos neumónicos, asma, bronquitis incesante y cáncer de pulmón, otro impacto es la disminución del flujo sanguíneo al cerebro, que produce irregularidades cardíacas y ataques al corazón. Además, los niños se encuentran en un grupo considerado vulnerable debido a que su sistema respiratorio e inmune se encuentra inmaduro en esta etapa; también por conductas como el aumento de exacerbaciones asmáticas y minimización en la función pulmonar, las cuales son propias de la edad (Ubilla & Yohannessen, 2016).

En relación con ello, se estima que alrededor de 8 millones de personas fallecieron en el 2018 a nivel global como consecuencia de respirar aire contaminado con partículas provenientes de la quema de combustibles fósiles como carbón y petróleo. Asimismo, de acuerdo con la ONU (Organización de las Naciones Unidas), entre 1990 y 2019 las emisiones de CO₂ a nivel mundial incrementaron un 62%, donde en Ecuador el 60% de la contaminación es causado por el transporte particular, seguido del sector privado con 33% y 7% vehículos menores (Rojas, Caraballo, & Álvarez, 2018). Mientras que, en Colombia, el transporte emite una emisión aproximada de 368 Gg CO₂/ año a causa de la venta de combustibles fósiles, fundamentalmente la gasolina y el diésel. Asimismo, del total de ventas de combustibles fósiles destinados para vehículos, el diésel representa el 60%, mientras que la gasolina llega al 36% y el GNV (Gas

Natural Vehicular) solo 4%, tal como se muestra en la siguiente figura 1 (Castañeda, Arteaga, & Segura, 2017).

Figura 1

Venta de combustible (gasolina, Diesel y gas natural)

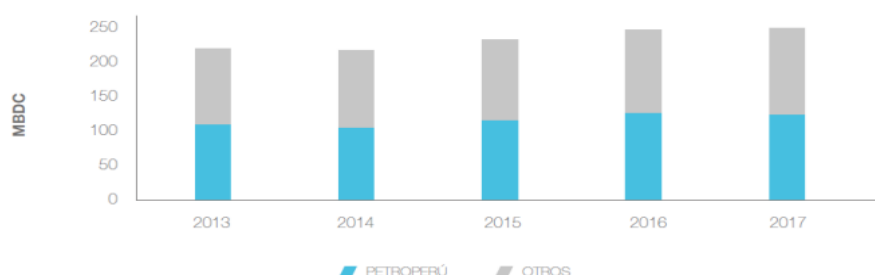


Nota. Adaptado de “Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia)” (p. 109), por H. Castañeda y otros, (2017), *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*

En el territorio peruano, como se observa en la Figura 2, en el año 2017 se evidenció una elevada venta de combustible con más de 200 MBDC (miles de barriles por día de calendario), incluyendo la venta de Turbo A1 a aerolíneas extranjeras, con unos ingresos totales de MMUS\$ 4052 y una utilidad neta de MMUS\$ 185 (Torres, 2019). Sin embargo, el uso de los combustibles ha generado un elevado nivel de contaminación ambiental, pues los últimos datos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero indican que, en el 2019, el sector del parque automotor emitió 21,047.88 GgCO₂eq, lo cual representa el 10.24% del total de emisiones a nivel nacional (Ministerio del ambiente, 2021). Tan solo en Lima y Callao, se concentra el 66% del total de vehículos en el país, quienes son los responsables del 70% de la contaminación aérea (Macera, 2018).

Figura 2

Venta de combustibles en Perú



Nota. Adaptado de “Control de gestión presupuestal para la distribución de combustibles. Caso: *Petróleos Perú*” (p. 16), por H. Torres, (2019) , *Universidad de Piura*

Otra ciudad del Perú que tiene un aire muy contaminado es Arequipa, donde el 70% de esta contaminación es ocasionada por el parque automotor; y aunque las autoridades ya han planteado distintas políticas para solucionar este problema, la mayoría de ideas solo han quedado registradas en un documento. Todo esto ha originado que la contaminación se incremente en un 30% en los 3 últimos meses, dando como resultado un aumento del 10% de enfermedades respiratorias (Cuentas, 2019). Sin duda alguna, en la ciudad de Chiclayo también se puede percibir una alta contaminación ambiental causada por el uso de los combustibles tradicionales que es usado principalmente por el parque automotor.

Ante ello, una opción viable es emplear energías alternas para generar combustibles, ya que este tipo de energías generan menos problemas al ambiente debido a la ausencia de residuos tóxicos, asimismo disminuye el riesgo de propagación de enfermedades (Marcano et al., 2018). Por consiguiente, la justificación de esta investigación se basa en el motivo que la producción de combustible a partir de los residuos orgánicos de maíz constituye un proceso no implementado nacional ni localmente, asimismo permitirá anticipar nuevas transformaciones sociales centradas en la responsabilidad ambiental y nuevas políticas ambientales más coherentes que garanticen el desarrollo sostenible con el objetivo de construir una sociedad resiliente a la contaminación (Begoña, 2020).

Además, la presentación de una alternativa para la gestión de residuos locales permite conocer las condiciones y parámetros del método más factible para la producción de un combustible no convencional a partir de desechos de maíz, ayudando al mejoramiento socio económico de las familias que pudieran involucrarse en la fabricación y como usuarios de este producto, así como aquellas que no se involucran directamente, porque beneficio ambiental de disminución de la contaminación se traduce en calidad de vida saludable. De esta manera, el problema general de estudio surge si ¿El biocombustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz (*Zea mays*) cumple las especificaciones de las normas ASTM?

En cuanto el objetivo general se enfoca en evaluar la calidad del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz (*Zea mays*), asimismo los objetivos específicos se orientan a identificar las propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado, determinar los parámetros del proceso de obtención del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado, establecer el rendimiento del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado, caracterizar el biocombustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado y comparar la calidad del biocombustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz con las especificaciones de las normas ASTM, de esta manera la hipótesis se enfoca en comprobar que el biocombustible obtenido experimentalmente a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado cumple con los estándares de calidad según las normas ASTM.

Capítulo I. Diseño teórico

1.1. Antecedentes

Chávez, López, Palate y Jacome (2021) realizó una investigación titulada “Potencialidad de Biocombustibles a partir de Residuos Orgánicos” cuyo objetivo fue analizar el biocombustible obtenido a partir de diferentes residuos orgánicos por medio de una revisión bibliográfica, siguiendo una metodología no experimental descriptiva. Como resultado obtuvieron que es necesario que los residuos orgánicos tengan altos % de carbohidratos en forma de azúcares reductores para su la obtención de biocombustible, asimismo, existen investigaciones de obtención de biocombustible a partir de residuos de piña sometidos a hidrolisis con un 57% en la fermentación durante un tiempo de 48 a 72 horas a 30°C, otra investigación, un rendimiento de 95% durante un tiempo de 15 min, finalmente, otra investigación obtuvo, 65.51% de rendimiento. Concluyendo que, los procesos de obtención de biocombustibles resultan ser eficientes contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental.

Llano et al (2020) realizó una investigación titulada “Análisis de la producción de bioetanol desde la biomasa lignocelulósica del maíz producida en la huerta del colegio de la U.P.B a partir de la literatura científica” cuyo objetivo fue realizar un modelo exploratorio de bioetanol desde la biomasa lignocelulósica del maíz, siguiendo una metodología experimental. Obtuvieron como resultado que el maíz crece de una manera más adecuada cuando está expuesta al sol, pasando por un proceso hidrotérmico de secado a 100°C por 4 horas, para ser molidos y tamizados, para este estudio se utilizó una hidrólisis de tipo ácida diluida, con una T° entre 6°C y 8°C y el tiempo dependerá hasta alcanzar entre 15 y 20°Brix, posteriormente se aplicó una detoxificación durante 60 min a 25°C, para la fermentación se aplicó una T° entre 25°C y 30°C por 18 horas., finalmente se destila a una T° de 75 a 85°C. Concluyendo que para la norma colombiana el contenido de etanol debe ser mínimo del 99.5%.

Llenque, Quintana, Torres y Segura (2020) en su trabajo de investigación denominado “Producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales” cuyo objetivo fue valorar la producción de bioetanol a partir de cáscaras de mandarina, maracuyá y hojas de eucalipto, siguió una metodología experimental. Como resultado obtuvo un proceso de obtención de

biocombustible: lavado, triturado y tamizado de los residuos sólidos, al cual sufrió un proceso de hidrólisis adicionando ácido clorhídrico a 100°C por 5 horas, el hidrolizado fue decantado y se adicionó hidróxido de sodio hasta lograr un pH de 4.5, fue reactivado en caldo Sabouraud glucosa e incubado por 12 horas a 30°C, centrifugado y sedimentado, posteriormente, esterilizado a 121°C por 20min agregando un inóculo una vez enfriado y se mantuvo en reposo a T° ambiente por 7 días, finalmente, se destiló a 78°C por 3 horas, de esta manera, se concluye que las hojas de eucalipto permitieron obtener mayor rendimiento (4.7%) en la producción de bioetanol.

Araneda, Correa e Irazabal (2019) realizó una investigación titulada “Obtención de bioetanol a partir del banano orgánico (*Musa x paradisiaca*) no exportable” cuyo objetivo fue obtener bioetanol a partir del banano orgánico a través del proceso de fermentación en Batch y destilación por arrastre de vapor, sigue una metodología experimental. Como resultado obtuvieron 6 muestras donde se utilizó 1500 gr de pulpa donde se obtuvieron 78 ml de bioetanol, se utilizó una dilución de 1:1.5 con 8°Brix, con pH de 4 a 6, con una temperatura de fermentación de 25°C, además, el destilado que se obtuvo fue de 30% de pureza. Concluyeron que el rendimiento fue de 5.4%, siendo satisfactorio para la obtención de etanol.

Ortega (2019) en su investigación titulada “Obtención de alcohol a partir del tallo de maíz para aplicación como combustible alternativo en MCI”, tuvieron como objetivo obtener alcohol del tallo de maíz por fermentación alcohólica para ser analizado experimentalmente en MCI mediante pruebas de torque, potencia, consumo de combustible, emisiones estáticas y dinámicas en motores de combustión interna, siguiendo una metodología experimental. Como resultado, se fermentaron 54 litros de 131,22 kilogramos de tallos de maíz para obtener 1810 mililitros de etanol de 91° alcohólicos, y se obtuvo un promedio de 66% de azúcares reductores a una T° de 30°C y velocidades de agitación de 500 y 700 rpm durante el proceso de fermentación con 1% de *Saccharomyces cerevisiae*. Se concluyó que los biocombustibles tienen un mayor contenido de NOx en comparación con la gasolina y son ambientalmente benignos.

Retto (2019) realizó una investigación denominada “Potencial energético de la producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales lignocelulósicos en el Perú” con el objetivo de obtener el potencial de la producción de bioetanol a partir de la biomasa de

residuos agroindustriales lignocelulosas en el Perú que son originados de las cosechas de arroz, caña de azúcar, plátano, maíz amarillo, palma aceitera y esparrago. La investigación fue descriptiva, teniendo como resultados que la potencial de bioetanol que podría producirse a partir de los residuos generados de las actividades agropecuarias es un promedio de 3.5 millones de toneladas al año a partir de 24.7 toneladas de biomasa, concluyendo que esto permite una disponibilidad energética de 2.2 millones de tep/año, capaz de abastecer el 9.27% de la demanda energética nacional.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Producción de maíz

Alrededor del mundo, existen diversos sistemas agrícolas y formas de manejo agronómico en el cultivo del maíz (*zea mays*). Los mayores productores y exportadores de este cereal son, en primer lugar, Estados Unidos, seguido de China. Las técnicas utilizadas para la siembra del maíz, especialmente en Estados Unidos, son el monocultivo a gran escala y el uso de biotecnología respecto a la implementación de semillas transgénicas, las cuales son más resistentes ante los insectos y más tolerantes al empleo de herbicidas (Yadava et al., 2017), por lo que esta es la forma de manejo agronómico principal.

En la región Sudamericana, se dan dos principales formas de producción del maíz: la agricultura familiar y la agricultura industrial con tendencia a la especialización del cultivo (FAO y CEPAL, 2020). Sin embargo, prima por la cantidad de rendimiento y de producción en toneladas la agricultura industrial, liderada por Brasil y Argentina (FAOSTAT, 2020). Ambos países son los mayores exportadores de la región Sudamericana y su forma de manejo agrícola está orientada a la producción a gran escala y al alto rendimiento, por lo que en su mayoría emplean métodos tecnificados y el monocultivo.

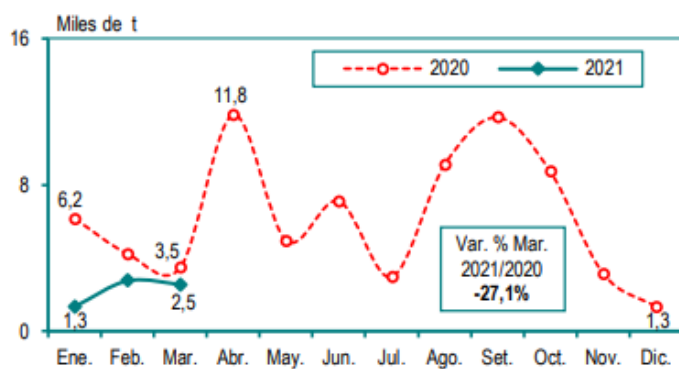
En el caso peruano, el maíz es el cultivo más importante en términos de la extensión que ocupa en su territorio (León, 2020), no obstante, cabe resaltar que las formas de manejo agronómico preponderantes dependerán de la región natural en la que se produce este cereal: costa, sierra o selva. Por ejemplo, en la costa, se siembra

principalmente la variedad de maíz amarillo duro mediante la agricultura intensiva de monocultivo, se utiliza agua de riego superficial y semillas híbridas certificadas, además, esta producción es empleada principalmente en ganadería.

En la sierra, prima la agricultura familiar de autoconsumo, para mercados regionales y locales; asimismo, así mismo la forma de producción puede realizarse mediante el monocultivo o asociando el maíz a otros cultivos como el frejol y hortalizas principalmente (Chávez et al., 2015); el método de riego es tanto de secano, como riego superficial y las semillas son escogidas por el mismo agricultor, lo que muchas veces ocasiona que sean más susceptibles a plagas y enfermedades. En la selva, la variedad preponderante es la de maíz amarillo duro para el autoconsumo familiar debido a su baja producción.

A pesar de que el maíz es el cultivo que mayor extensión ocupa de los terrenos agrícolas en el Perú, su producción no llega a ser suficiente para abastecer la demanda de este cultivo. En el Perú, solo se produce un cuarto del maíz amarillo duro demandado principalmente para alimentar al ganado agropecuario, el resto se importa principalmente de Argentina y Estados Unidos (Rosales, 2021). Por lo que, está sujeto a los cambios de valor de la moneda extranjera y al alza de precios internacionales, lo que puede incrementar los costos de las actividades productivas que requieren de la importación de este producto. En la región Lambayeque, el año 2021, la producción de maíz se registró en 2 mil 539 toneladas aproximadamente.

Figura 3
Producción de maíz



Nota. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021)

1.2.2. Descripción del maíz

Las características morfológicas muestran que es una hierba anual alta con tallos gruesos, erectos y firmes. Las hojas grandes y estrechas presentan márgenes ondulados que se alternan en lados opuestos del tallo (Clifton & Keogh, 2016). Las flores masculinas (estaminadas) nacen en la panoja al final del tallo principal, mientras que, las inflorescencias femeninas maduran en espigas comestibles, son espigas engrosadas, pares de espiguillas dispuestas longitudinalmente (Yadava et al., 2017).

Por otro lado, las características fisiológicas revelan que es una planta de largas noches que florece con un cierto número de días grados $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ dentro del entorno al que se ajustó, lo cual está genéticamente prescrito y controlado por el sistema-fitocromo (Saldivar, 2016). Esta fotoperiodicidad puede ser impredecible en los cultivares tropicales, mientras que los largos días con noches cortas de altas latitudes permiten que las plantas desarrollen tanta estatura que no tienen tiempo suficiente para crear semillas antes de ser eliminadas por el hielo, sin embargo, estas condiciones, son valiosas para la utilización de maíz tropical en biocombustibles (Dutta et al., 2020).

1.2.3. Clasificación taxonómica

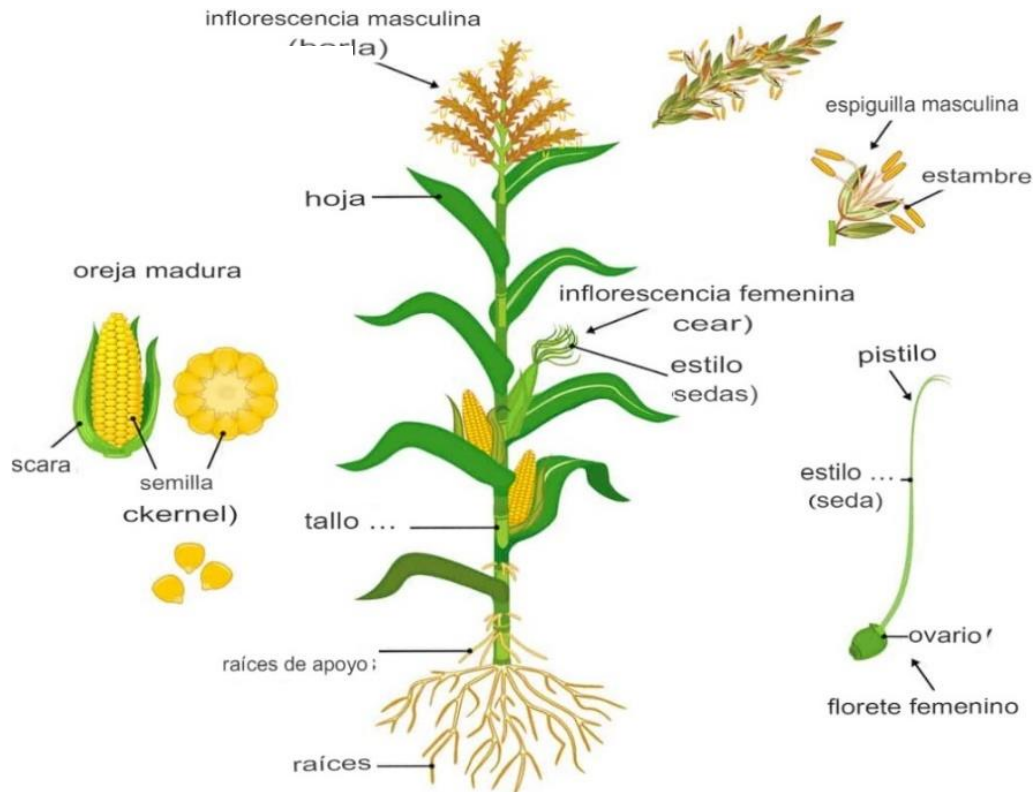
El maíz amarillo duro presenta características de plantas herbáceas de la especie *Mays*, que son parecidas al sorgo, trigo, cebada, arroz o caña de azúcar. Según Valladares (2010), la clasificación taxonómica del maíz es la siguiente:

- ✓ Reino: Plantae
 - Sub-reino: Tracheobionta
- ✓ División: Angiosperma
- ✓ Clase: Monocotyledonae
 - Sub-clase: Commelinidae
- ✓ Orden: Poales
- ✓ Familia: Poaceae
 - Sub-familia: Panicoideae

- ✓ Género: Zea
- ✓ Especie: Mays
- ✓ Nombre científico: Zea mays

Figura 4.

Estructura de la planta de maíz



Nota. (Jones y Medina, 2020)

1.2.4. Maíz blanco dentado (*Zea mays*)

El maíz blanco dentado es una variedad de maíz, la cual se caracteriza por tener un alto potencial forrajero. Esta variedad representa el 20% del total de producción de maíz en todo el mundo; sobresaliendo en las zonas tropicales de tierras altas, donde alcanza una mayor generación que el maíz amarillo. Gran componente de la alimentación humana, el cual en la actualidad está siendo aceptado como alimentación de aves, por sus positivos efectos en ellas, ganándose así cada vez mayor aceptación por los consumidores (Rebollo, Tachini, & Baz, 2018).

1.2.5. Requerimientos técnicos del cultivo del maíz

El maíz se cultiva mejor en regiones cálidas, tropicales y subtropicales, ya que requiere suelos cálidos para desarrollarse de manera óptima. Uno de los requisitos más importantes para el cultivo de maíz es un suelo de alta calidad, profundo, fértil y con buen drenaje, con un pH entre 6,0 y 6,8 (Clifton y Keogh, 2016). Las plantas de maíz se alimentan mucho e incluso los suelos más fértiles pueden necesitar ser suplementados con nutrientes a medida que las plantas se desarrollan, particularmente nitrógeno (Ibrahim et al., 2019).

Figura 5.

Ficha técnica del cultivo de maíz.

Maíz (<i>Zea mays</i> L)	
Orden: Poales	Categoría Certificada
Variedad Amarillo ICA V-109	Clima De 0 a 1000 msnm, temperatura de 25 a 32 °C y suelos con pH de 5,5 a 7,2.
Rendimiento 6000 kg/ha	Sistema de siembra Surcos
Ciclo del cultivo 4 meses	Siembra Siembra directa
Germinación declarada 98 %	Resistencia Ninguna
Densidad de siembra 0,2 m entre plantas y 0,4 entre surcos	Altura reportada por ficha técnica 1,8 m a 2,4 m
Beneficios Altos rendimientos por área de siembra	



Cultivo de maíz ICA V-109
PPZO primer ciclo

Nota. (Hernández, 2019)

El maíz también requiere mucho espacio a medida que crece y es polinizado por el viento, por lo tanto, debe plantarse en un lugar donde reciba plena luz solar durante la mayor parte del día y donde reciba mucha humedad (Yadava et al., 2017). Para ello, las variedades estándar pueden plantarse en condiciones de temperatura menor a 12,7 ° C, mientras que las variedades superdulces cuando se alcance los 18,3 ° C. Por otro lado, las semillas se deben sembrar a unos 2,5 cm de profundidad ya una distancia de 10 a 15 cm, dejando 76 a 91 cm entre hileras (Saldivar, 2016).

Respecto a los nutrientes, el maíz necesita en particular de nitrógeno, pues su crecimiento es rápido en un período de entre 30 y 40 días después de la siembra, por lo tanto, debe fertilizarse justo antes de esto (Dutta et al., 2020). Después, las mazorcas de maíz se cosechan en la “etapa de leche” de desarrollo, cuando los granos dentro de la cáscara están bien empaquetados y producen una sustancia lechosa cuando se perfora el grano (Clifton y Keogh, 2016).

1.2.6. Residuos de maíz

El cultivo del maíz es uno de los cultivos de ciclo corto más famosos del mundo por ser uno de los alimentos imprescindibles en la dieta. En estos cultivos existe un alto contenido de materia orgánica, de la cual cerca del 50% se cosecha en forma de gravilla, el resto corresponde a residuos de caña, hojas, panojas, mazorcas, canastas, etc. Estos residuos pueden ser utilizados en diferentes procesos, como la obtención de etanol. Según el estudio sobre la producción de etanol a partir de residuos de maíz, la eficiencia de recuperación de etanol en el proceso de molienda húmeda y molienda seca es superior al 95%, y el rendimiento del maíz es de 419,4 L/t y 460,6 L/t para molienda seca y 403.1 L/t maíz para molienda húmeda quebrado (Tamayo et al., 2005, citado por Peñaranda, Montenegro, & Giraldo, 2017).

Dentro de la caracterización de residuos de la tusa de maíz se consideran los análisis presentados en la siguiente tabla:

Tabla 1
Composición elemental de la tusa base seca

Análisis (% en volumen) en base seca, libre de cenizas (daf)		
Carbón	48.40-49.00	ASTM D 5373-08
Hidrogeno	5.40-5.87	
Oxigeno	44.30-45.46	
Nitrógeno	0.30-0.47	
Sulfuro	1. 0.01	
Análisis aproximado (peso %) en base seca		
Ceniza	1.73	ASTM D 3175

Material volátil	79.36	ASTM D 3174
Carbón fijo	17.14	ASTM D 3172
Poder calorífico (MJ/ Kg) en base seca		
Poder calorífico inferior	17.0 – 18.8	

Nota. (Martillo, Lesme, Oliva, & Silva, 2019)

En los últimos años, el mercado de biomasa ha aumentado constantemente. La industria de pellets ha comenzado a buscar nuevos productos con el potencial de ser utilizados como biocombustibles. Entre ellos se encuentran los desechos agrícolas, como los desechos de mazorcas de maíz, que presentan algunas características que hacen posible su uso directo en instalaciones industriales (Miranda, Supúlveda, Montero, & Rojas, 2018). El uso de residuos de cosecha puede traer beneficios al cultivo como ayudar al cultivo como facilitar la germinación y emergencia de la semilla, además de aumentar la calidad de producción de la planta (Morales, Agudo, & Espinoza, 2016).

La biomasa es una fuente de energía opcional amigable con el medio ambiente y constituye una fuente de energía renovable; para evaluar la energía contenida en la biomasa es necesario evaluar el potencial energético. Por ende, esta entendida como la energía química de la biomasa que puede ser transformada para el aprovechamiento energético (Núñez, 2012). La celulosa es un polisacárido de peso molecular alto, insoluble en agua, consta de una organización cristalina que confiere protección a la célula y constituye un impedimento al ataque de los reactivos. La lignina es un polímero ramificado, amorfa y heterogéneo. En los vegetales facilita a permanecer unidos la celulosa y las hemicelulosas entre sí, proporcionando rigidez a la pared celular y previene la acción de microorganismos.

En ese sentido, la hemicelulosa se caracteriza por la composición de carbohidratos que forman una estructura polimérica compleja ramificada y constituida por la unión de unidades de pentosa, hexosas y ácidos a estos azúcares (Escalante et al., 2011, citado por Núñez, 2012). La cantidad de celulosa y lignina establece el proceso de aprovechamiento energético, la biodegradabilidad de celulosa

es mayor que la lignina, por ende, residuos que contienen carbón con elevados contenidos de celulosa se les puede realizar de manera más fácil la conversión que los residuos con altos contenidos de lignina (Escalante et al., 2011; Lehtomaki, 2007, citado por Núñez, 2012).

1.2.6.1. Características de los residuos de maíz

a. Contenido de humedad

La húmedas que se pierde, cuando se somete el residuo de maíz a temperaturas mayores de 106 °C convirtiéndolo en carbón, cuya humedad oscila entre 1.5 y 3%; en cuanto al exceso de humedad puede originar problemas que perjudican el manejo, llegando afectar a las tolvas por el exceso atascamiento, así como también incurre a la reducción en el rendimiento de los trituradores (Fonseca et al., (2017).

b. Contenido de cenizas

La cantidad de cenizas de los residuos de maíz hace referencia al contenido de materia sólida no combustible presente en un material, en ese sentido se menciona que si el residuo de maíz presenta un elevado contenido de cenizas este puede llegar afectar el aprovechamiento energético ya que propicia a la reducción del poder calorífico (Martillo et al., (2019).

c. Contenido de extractivos totales

En cuanto a los extractivos del residuo de maíz básicamente se determina con la cantidad de biomasa la cual previamente debe ser secada y molida, para una adecuada extracción de agua y etanol todo ello mediante el método Soxhlet, hasta que se logre retirar la gran mayoría de minerales y elementos presentes los cuales son no estructurales lignocelulósicos.

d. Contenido de celulosa

La cantidad de celulosa presente en los residuos de maíz hace referencia a una parte de la gran variedad de polímeros orgánicos existentes

los cuales se pueden encontrar en la tierra y forma parte de la estructura de los residuos de maíz (Fonseca et al., (2017).

e. Contenido de lignina.

Se encuentra presente en los residuos de maíz, los cuales son considerados como biomasa herbácea, en ese sentido, se dice que constituye parte de los tejidos de la pared celular de los residuos de maíz asimismo, es considerado como el segundo elemento orgánico de mayor cantidad en la tierra (Daza, 2019).

1.2.7. Biocombustibles

La producción de biocombustible a partir de maíz es una tecnología establecida, pero es una fuente esencial de alimentación mundial. La búsqueda de una alternativa renovable debe lograrse a través del empleo de materiales lignocelulósicos para producir biocombustible, debido a ser abundantes y relativamente baratos (Dipardo, 2003, citado por Viñals, Bell, Michelena, & Ramil, 2012).

La utilización de biomasa celulosa en la producción de biocombustible ha sido beneficioso ambientalmente; la producción a gran escala de biocombustible como biocombustible de transportación puede contribuir sustancialmente a la minimización de la emisión de CO₂ y de otras emisiones como SO₂ y NO₂ (Dipardo, 2003; Reith et al., 2003, citado por Viñals, Bell, Michelena, & Ramil, 2012).

El biocombustible es una sustancia con fórmula molecular C₂H₆O, que puede ser empleada como combustible en motores de combustión interna con ignición a chispa; se puede usar de dos formas, básicamente en combinaciones de gasolina y biocombustible o anhídrido; o como biocombustible puro, habitualmente hidratado (Horta, Abel, Lima, & Khaled, 2008).

a. Propiedades del biocombustible

Para que el biocombustible sea empleado como carburante en combinación o solo, debe de cubrir ciertas propiedades físicas y químicas, las cuales según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) citado en Gracida & Pérez-Díaz (2014) son:

- Aspecto y color: son necesarios para indentificar las impurezas en el fluido, ya que estas son propensas a ocasionar daños en los filtros, depósitos e inyectores de los vehículos.
- Acidez total: se relaciona con la corrosividad del bioetanol, el cual es un parametro importante para considerar su empleo como carburante según la estrucutra del motor de los automoviles.
- Conductividad eléctrica: es un indicador partículas en la composición del bioetanol, así los niveles elevados de conductividad influyen en un aumento de la capacidad corrosiva del carburante.
- Grado alcohólico: es un evaluador del contenido de agua solubre presente en el biocombustible.

b. Ventajas del biocombustible

- Reducción de los gases de efecto invernadero
- El biocombustible puede ser elaborado a partir de cultivos y residuos celulósicos
- Es un combustible en forma líquida que puede ser manejado como la gasolina
- Produce menos dióxido de carbono que la gasolina
- Provoca menos monóxido de carbono
- Es menos inflamable que los combustibles tradicionales (Arvizu, 2011).

1.2.8. Marco Normativo de los biocombustibles

En este aspecto es importante manifestar que en el Perú se rige una normativa con respecto a la producción y utilización de biocombustible de maíz a través de la

Ley N° 28054 - Promoción del Mercado de Biocombustibles, donde se especifica que el porcentaje en volumen de Alcohol Carburante en la mezcla con gasolina, denominado Gasol, para ser comercializado en el país es de 7,8%, así según el grado de octanaje se establecen Gasohol 97 Plus, Gasohol 95 Plus, Gasohol 90 Plus y Gasohol 84 Plus (OSINERGMIN, 2007), sin embargo, no se definen las características adecuadas del biocombustible.

En atención a lo cual, en el presente estudio se tomará como referencia las políticas internacionales como las normas de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM) implementadas por Estados Unidos y las normas de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT NBR) utilizadas en Brasil y reglamentadas en el mismo país por la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles (ANP), de esta manera el marco normativo del empleo y manejo del etanol según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2007) es detallado a continuación:

Tabla 2
Normas referidas a los biocombustibles

Leyes	Países		
	Estados Unidos	Brasil	Perú
Mezclas de gasolina y etanol	✓	✓	✓
Incentivos para la producción de etanol	✓	✓	no
Calidad del etanol	✓	✓	no

Nota. (IICA, 2007).

a. Especificaciones de la calidad del biocombustible

Las diferentes propiedades del biocombustible, ya sean cualitativas físicas o cuantitativas químicas, son monitoreadas y comparadas con un estándar para su aprobación como combustible y comercialización según el mercado, siendo las más importantes en Estados Unidos y Brasil, los cuales establecen tanto las metodologías y las especificaciones de calidad del biocombustible en concordancia con los parámetros recomendados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Tabla 3*Metodologías y especificaciones del biocombustible.*

Características	Unidades	Método de ensayo		Especificaciones	
		ASTM*	ABSNT/NBR**	ASTM*	ANP***
Aspecto	-	Visual	-	Limpio y claro	Limpio y ausente de impurezas
Color	-	Visual	-	Pigmento permitido	Pigmento obligatorio
Acidez total	mg/L	D 1613	9866	56 máx	30 máx
Conductividad eléctrica	µS/m	D 1125	10547	-	500
Grado alcohólico	°INPM	-	5992	92.1 min	99.6 min
Masa específica a 20 °C	Kg/m ³	D 4052	5992	-	791.5 máx
hidrocarburos	%Vol	D 512	13993	-	3 máx
cloruro	mg/kg	D 5501	10894/10895	40 máx	-
sulfato	mg/kg	D 7318	10894/12120	4 máx	-
hierro	mg/kg	-	113331	-	-
sodio	mg/kg	-	10422	-	-

*ASTM. American Society of Testing and Materials

**ABSNT/NBR. Associação Brasileira de Normas Técnicas

***ANP. Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e 22 Biocombustíveis

Nota. (Gracida & Pérez-Díaz, 2014).

1.3. Definición y operacionalización de variables

Tabla 4*Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición
<u>Variable independiente:</u> Residuos orgánicos de maíz (<i>Zea mays</i>)	Según Sanclemente et al. (2018) Los residuos orgánicos de maíz son residuos o componentes orgánicos del maíz que tienen la capacidad de degradarse y desintegrarse en un periodo corto	Son desechos de la planta del Maíz (<i>Zea Mays</i>) tales como tallos, hojas.	Composición de polímeros	Celulosa	%	Ordinal
				Hemicelulosa	%	Ordinal
				Lignina	%	Ordinal

	Según Demeco et al. (2021) el biocombustible es una clase de combustible, es renovable y natural, ya que representa una combinación de sustancias naturales.	Es un combustible a base de residuos orgánicos, es decir etanol.		Aspecto	-	-
<u>Variable dependiente</u>				Color	-	-
⋮			Propiedad es fisicoquímicas	Acidez total	mg/L	Intervalo
Biocombustible				Conductividad eléctrica	μS/m	Intervalo
				Grado alcohólico	°INPM	Intervalo

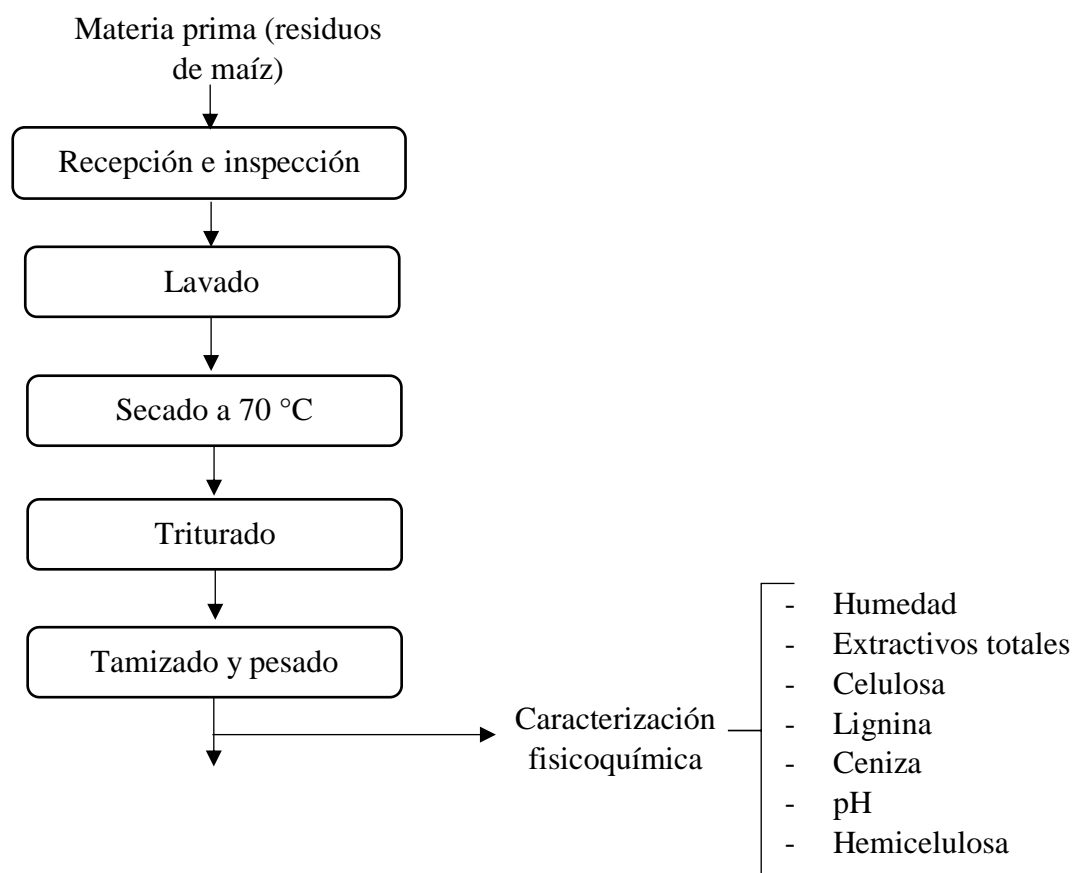
Capítulo II. Métodos y Materiales

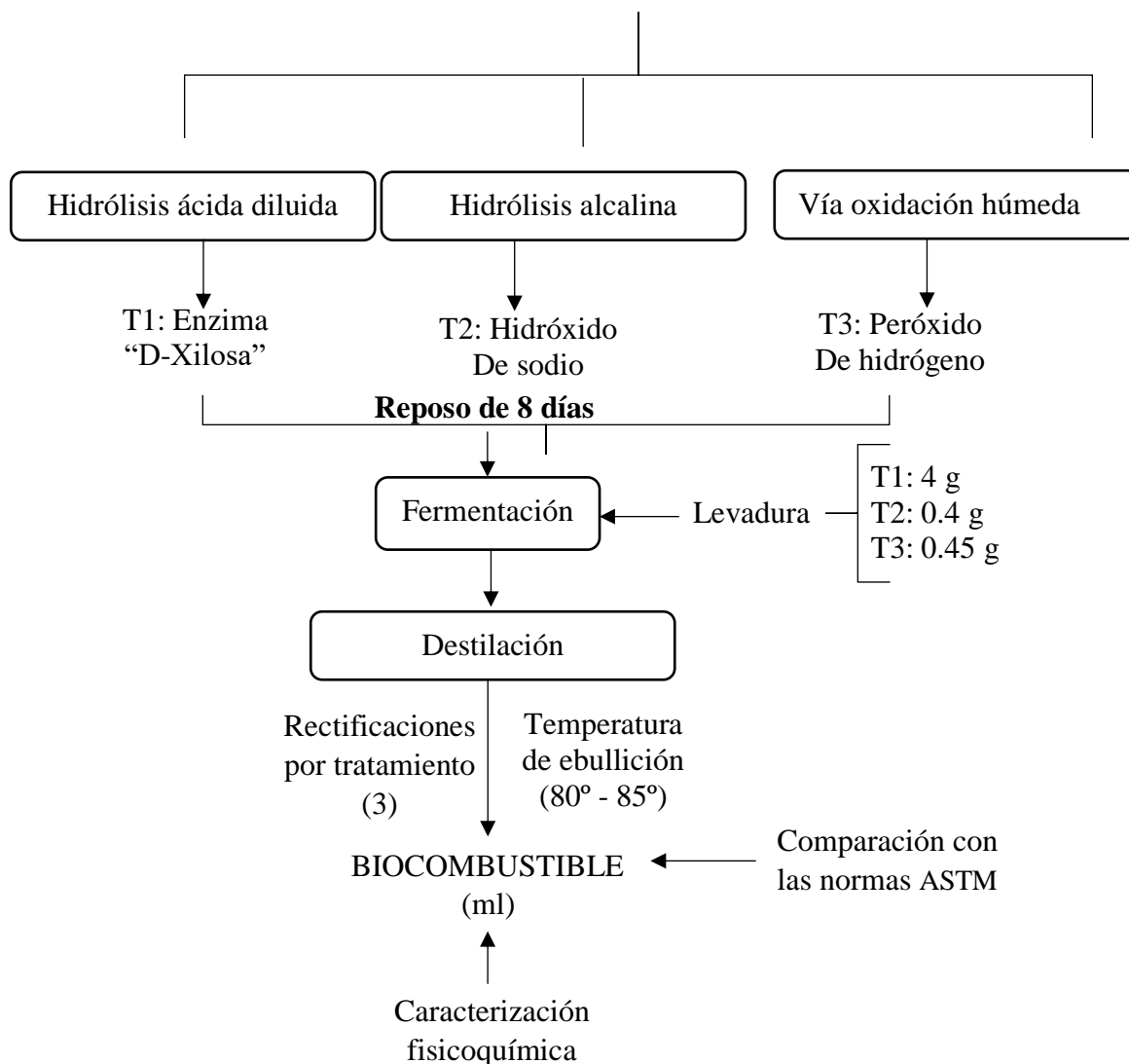
2.1. Diseño de contrastación de hipótesis

El diseño del presente estudio es experimental, debido que los residuos de maíz fueron sometidos a tratamiento químico con el fin de obtener un nivel significativo de azúcares reductores, los cuales fueron sometidos a fermentación, y así obtener el biocombustible, para luego, comparar la cantidad obtenida (rendimiento) por cada tratamiento. A continuación, se muestran los procedimientos regidos por la lógica y dependencia de resultados:

Figura 6

Diagrama de flujo de la obtención de biocombustible a partir de residuos de maíz.





En la Figura 5 se muestra el procedimiento para la obtención de biocombustible, este se basa principalmente en la fermentación, ya que luego del destilado se genera el biocombustible a partir de residuos orgánicos de maíz.

2.1.1. Descripción de etapas para la obtención del biocombustible a base de residuos de maíz

2.1.1.1. Recepción y Pesado

La recepción e inspección de materia prima inicia con la selección de la materia prima en condiciones óptimas, aquellos residuos orgánicos que se encuentren en buenas condiciones serán usados para los siguientes procesos, se recolectaron 50 kg de residuos orgánicos de maíz (*Zea mays*), el cual servirá para el desarrollo de cada tratamiento, donde se utilizaran 12 kg por cada uno.

2.1.1.2. Lavado

El lavado inició después de la recepción e inspección de la materia prima, la cual pasó a la etapa de lavado con agua fría a temperatura ambiente para eliminar algún excedente y contaminante que podría alterar la producción del biocombustible.

2.1.1.3. Secado

Una vez lavada la muestra pasó a la etapa de secado, donde se empleó un horno a una temperatura de secado de 70°C.

2.1.1.4. Triturado

La muestra fue sometida a trituración por medio de un molino, sometida a un tamaño de cortado de aproximadamente 0.3 a 0.8 cm, obteniendo 36 kg de materia prima (residuos de Zea mays).

2.1.1.5. Tamizado y Pesado

En la etapa de tamizado y pesado, a la materia prima resultante se le aplicó la malla N°45, la cual genera un tamaño de particular de 0.354 mm, obteniendo con ello 6 kg de materia prima por tratamiento. Cabe resaltar, que esta etapa fue fundamental para reducir la cristalinidad de la celulosa, aumentando la densidad aparente y así facilitar la hidrólisis posterior. Asimismo, se realizó la caracterización fisicoquímica de la materia prima resultante, determinando sus extractivos totales, celulosa, lignina, humedad, ceniza y pH de la muestra de materia prima.

2.1.1.4. Métodos de tratamiento químico

2.1.1.4.1. Hidrólisis ácida diluida (Enzima D-xilosa)

T1: 6 kg de materia prima + Enzima “D-Xilosa” (0.80 gr/Kg) + 6 gal de agua a una temperatura de 62°C. Reposo: 8 días a 32°C.

Se realizó la hidrólisis ácida diluida al T1 fue sometido por medio de la enzima “D-Xilosa”, la cual permitió el rompimiento de las paredes de las moléculas de la biomasa de los residuos de maíz, para ser convertida en glucosa y posteriormente, a esta biomasa lo adicionamos levaduras para fermentarlo y destilarlo obteniendo así el biocombustible.

2.1.1.4.2. Hidrolisis alcalina (NaOH)

T2: 6 kg de materia prima + hidróxido de sodio (diluido al 3% 1L/kg).

Reposo: 8 días a 32 °C

Para el T2 por medio de hidróxido de sodio, diluido al 3% en un 1L/Kg de materia prima, se sumerge los residuos de maíz a la solución con NaOH a una temperatura mínima de 32 °C por 8 días se produce un hinchamiento de la biomasa lo cual generó desprendimiento de lignina y nos da acceso a la celulosa que contiene y a esta biomasa le adicionamos levaduras para fermentarlo y destilarlo obteniendo así el biocombustible.

2.1.1.4.3. Vía oxidación húmeda (peróxido de oxígeno)

6 kg de materia prima + peróxido de hidrógeno (1L/kg). Reposo: 8 días a 30 °C.

Para el T3 por medio de peróxido de oxígeno, este método es muy utilizado en la industria papelera ya que tiene la ventaja de no dejar residuos en la biomasa. Se dejó en reposo por 8 días a T° ambiente controlando periódicamente los grados brix de la biomasa, le adicionamos levadura para fermentarlo y destilarlo obteniendo así el biocombustible.

2.1.1.5. Fermentación

La fermentación se realizó de manera aeróbica en el caso de la D-Xilosa, y con hidróxido de sodio y con peróxido de hidrogeno se lleva a cabo una fermentación anaerobia donde los tratamientos fueron sometidos a reposo por 8 días a 32°C, para posteriormente adicionar a cada uno, diferentes concentraciones de levadura, donde en el T1 al termino de 8 días después de iniciado el proceso enzimático se procede a fermentarlo, (se inicia con 15° grados brix), se le adicionó 4 g de levadura obtenida comercialmente, para luego ser sometida a fermentar por 8 días , hasta obtener un Brix final (0°); de la misma forma con los tratamientos T2 y T3. A diferencia que al T2, se le incorporó 0.40 g (se inicia con 7° grados brix) y al T3 se le adicionó 0.45

g de levadura (se inicia 9.8° grados brix), todos ellos conservando una temperatura de 32°C, para finalmente observar que la presencia de burbujas en la mezcla ha desaparecido y en su lugar existe una fina capa blanca de biomasa residual, demostrándose de esta forma el consumo total del azúcar.

2.1.1.6. Destilación

El desarrollo de esta operación fue de gran relevancia para la purificación del biocombustible producto de la fermentación, esto se realizó a través de la utilización de torres destiladoras, usando al calor como agente separador, manteniendo temperaturas de 80°C a 85°C en un periodo de 4 horas para los tres tratamientos, y consecutivamente realizar 3 rectificaciones, a fin de obtener un mejor rendimiento de destilado y alcanzar un valor numérico de grados alcohólicos acorde a la normativa ASTM American Society of Testing and Materials (92.1°INPM como mínimo) por cada tratamiento. Finalmente, se realizó la caracterización del biocombustible obtenido de cada tratamiento. Cabe resaltar, si el biocombustible se produce con fines de combustible para motores es necesario el proceso de deshidratación para eliminar la presencia de agua en su totalidad, evitando daños y corrosión en los motores.

2.1.2. Características de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado

La caracterización de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado se realizó mediante ensayos que permitieron determinar el contenido de humedad, cenizas, pH, extractivos totales, celulosa y de lignina.

Los ensayos para la caracterización de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado se detallan a continuación:

a) Contenido de humedad

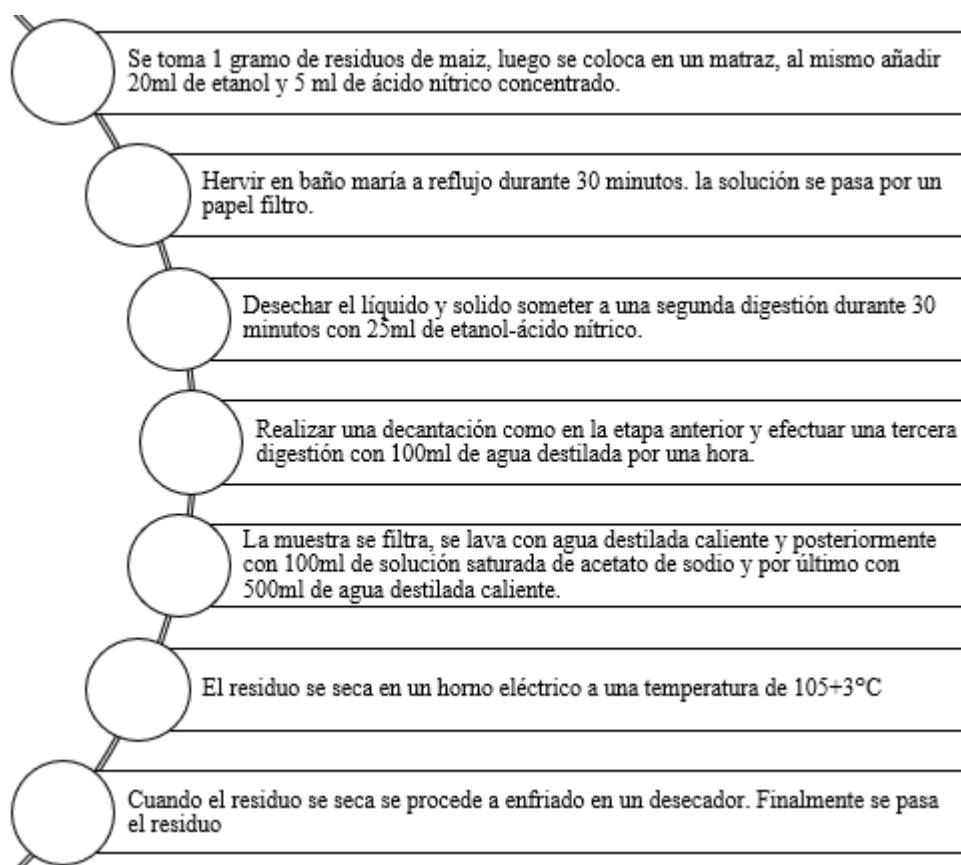
La cantidad porcentual de humedad se calculó mediante el determinador de humedad.

b) Contenido de extractivos totales

- Valor determinado de alcohol extraído de acuerdo a la Norma A.S.T.M. D 1107-56.
- Considerando un tiempo prudentes se procedió a lavar con abundante agua y detergente, después de ello se enjuagó y secó el recipiente que se iba usar para la extracción el cual se realizó mediante una estufa; luego de ello se procedió a colocar en un desecador por un tiempo de 20 min. Para que pueda enfriar
- Después se realizó el pesado del balón vacío y se registró el peso (PB).
- Del mismo modo, se procedió a pesar el papel filtro que se usó para como depósito de la muestra de estudio.
- En ese sentido, se añadió el cartucho elaborado de papel filtro receptor $2 \pm 0,1$ g materia prima.
- Con mucho cuidado se empleó el cartucho anteriormente mencionado, con la finalidad que cuando se procede con la extracción no se pierda la muestra. Posteriormente, se introdujo la muestra al interior del cuerpo del Soxhlet. Se procedió a realizar la instalación del equipo para que se pueda añadir alcohol 100ml por la parte superior la reacción provocó una descarga de solvente hacia el balón, asimismo, se añadió 50 ml de solvente adicional, luego se procedió a encender la cocina a una temperatura adecuada de manera que permita aproximadamente 6 descargas por hora. Una vez cumplido el tiempo estipulado y una vez frío se procedió a retirar el balón con la muestra, luego de ello se instaló un nuevo equipo Soxhlet, se añadió hasta llenarlo para luego dejarlo enfriar logrando recuperar el solvente empleado, lo cual fue conservado en un recipiente oscuro herméticamente cerrado. Se repitió el mismo proceso hasta que quede el mínimo de solvente en el balón. Se desarmó el balón y se secó a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta que no despidiera olor del solvente utilizado (aproximadamente una hora). Se enfrió en un desecador y se pesó, se anotó el peso (PEB).

c) Contenido de celulosa

El ensayo para determinar el contenido de celulosa se realizó mediante los siguientes pasos:



El % de celulosa se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ celulosa} = \left(\frac{P_{OR}}{P_O} \right) \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

P_{OR} = Peso seco del residuo (g)

P_O = Peso de la muestra de residuos de maíz (g)

d) Contenido de lignina

El ensayo para determinar el contenido de lignina se realizó mediante los siguientes pasos:

Pesar 1g de residuos de maíz	Preparar una solución de ácido sulfúrico al 72%	A una muestra de 1 g del material libre de extractos se le agrega 15 ml
Transferir a un matraz con 360 ml de agua destilada para diluirlo hasta alcanzar una concentración de ácido del 3%	Hervir a reflujo por 4 horas para asegurar un volumen constante de agua	Decantar la solución manteniendo el matraz en una posición inclinada hasta que el material esta finalmente dividido durante 12 horas.
Se filtra a través de un crisol.	Lavar con agua caliente para eliminar acido	Secar en un horno eléctrico a 105+3°C hasta alcanzar un peso constante.

El % de lignina se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ lignina} = \left(\frac{P_{OL}}{P_O} \right) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

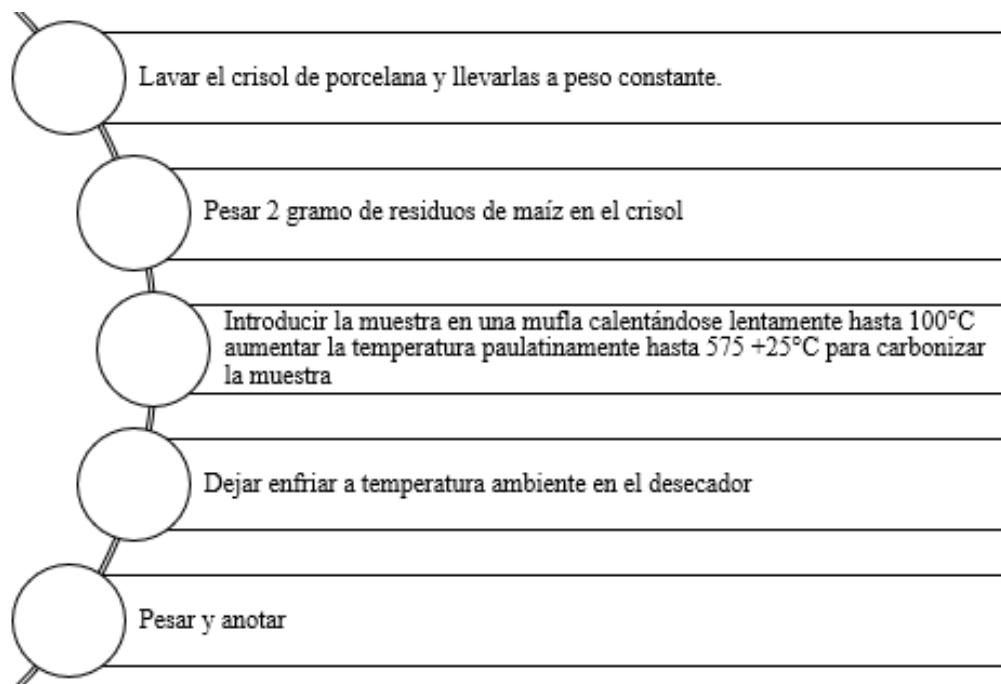
Donde:

P_{OL} = Peso seco de lignina (g)

P_O = Peso anhidro de la muestra (g)

e) Contenido de ceniza

El ensayo para determinar el contenido de cenizas se realizó mediante el procedimiento establecido en la norma internacional ISO 18122:2015 para biocombustibles, que establece los siguientes pasos:



El % de cenizas se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ cenizas} = \left(\frac{P_c}{P_m} \right) \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

P1: Peso de porcelana vacía

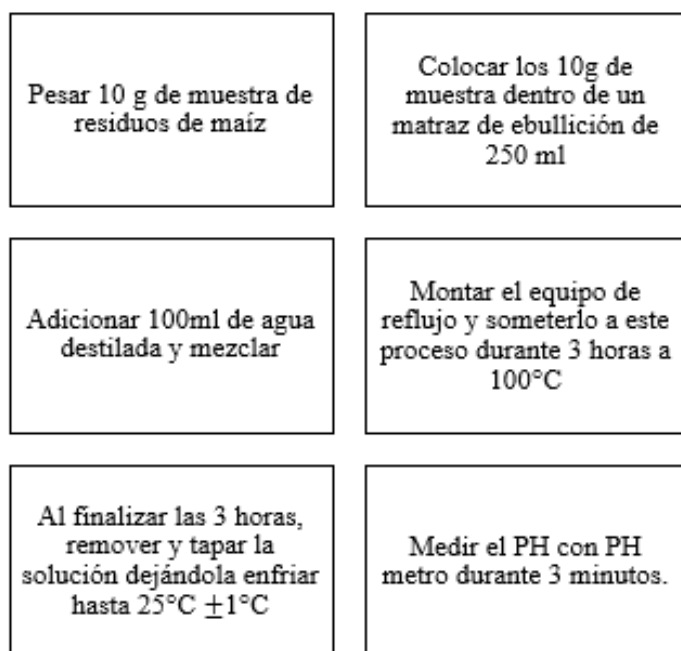
P2: Peso de muestra+ crisol

Pc: Peso de cenizas (P2 – P1)

Pm: Peso de muestra (g)

f) **Determinación de pH**

El ensayo para determinar el contenido de pH se realizó mediante los siguientes pasos:



2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población del estudio está conformada por todos los residuos orgánicos de cultivos de maíz (*Zea mays*) de la provincia de Ferreñafe, región Lambayeque.

2.2.2. Muestra

La muestra está constituida 18 kg de residuos orgánicos de cultivos de maíz (*Zea mays*) recolectadas de la provincia de Ferreñafe, región Lambayeque.

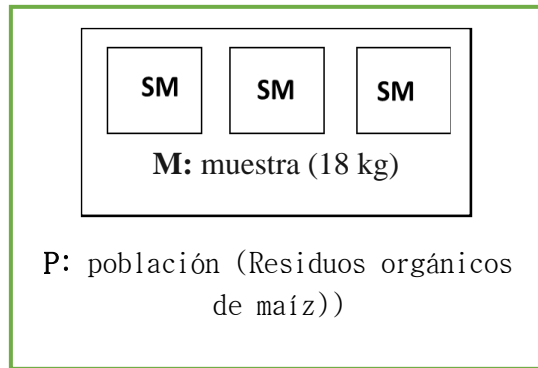
2.2.3. Muestreo

Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que a partir de 50 kg de residuos orgánicos de cultivos de maíz (*Zea mays*) extraídos de diferentes áreas de cultivo, y mezclados a fin de generar homogeneidad (Comisión Europea, 2020), se recolectaron 18kg de residuos, realizando antes un primer cuarteo y tomando el material de dos cuartos opuesto elegidos al azar,

para luego realizar otra homogenización y un segundo cuarteo y así consecutivamente tomar 18 kg de dos cuartos opuestos elegidos al azar.

Figura 7

Esquema general de muestreo



2.3. Técnicas, instrumentos y materiales

2.3.1. Técnicas

La observación: para la presente investigación esta técnica es importante ya que nos auxiliará a determinar que la biomasa esté en perfecto estado para obtener, así mismo en las diferentes etapas a desarrollar.

Experimentación: la experimentación se realizará en detalladamente en laboratorio en las condiciones particulares de estudio que interesa para la obtención del biocombustible.

2.3.2. Instrumento

Guía de observación: Permite anotar puntos fundamentales que son observados para realizar una evaluación de acuerdo con los distintos temas que se están experimentando con el propósito de conseguir una base de datos que darán respuesta a los objetivos propuestos.

2.4. Materiales, reactivos, equipos

Materiales

Material orgánico: residuos de maíz amarillo duro (*Zea mays*)

Reactivos

Hidróxido de sodio (NaOH)

Peróxido de hidrógeno (H₂O₂)

Enzima “D-Xilosa

Etanol (CH₃CH₂OH) 99.8%

Ácido nítrico (HNO₃) 65%

Acetato de sodio (C₂H₃NaO₂) 99.5%

Alcohol C₂H₆O 96%

Agua destilada

Ácido sulfúrico H₂SO₄ 72%

Equipos

Balanza

Termómetro

Guantes

Agitador magnético

Soporte universal

Vidrio reloj

Balón de fondo redondo

Probetas

Espátulas

Calentador

Frascos de vidrio

Autoclave

Crisoles
Refractómetro
Olla
Mufla
Matraz
Plancha de calentamiento
Refrigerante
Manta calefactora
Soxhlet
Horno

Capítulo III. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

3.1.1. Identificación de las propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado

- **Contenido de humedad**

Los residuos orgánicos de maíz blanco dentado, siendo el residuo que queda después de la extracción de mazorcas con maíz, presentan un alto contenido de humedad; se determinó mediante el determinador de humedad.

$$Humedad = 11.14\%$$

Según García et al. (2012) Su valor es de 11,14%. Un contenido de humedad superior al 25 % puede afectar significativamente el valor neto del combustible de la generación de electricidad, así como la eficiencia de la combustión y la temperatura generada; esto indica que hay suficiente humedad en el residuo.

- **Contenido de extractivos totales**

Para la determinación del extracto, la biomasa pre secado y molido se somete a extractos de agua y etanol mediante extracción Soxhlet hasta que se elimina la cantidad máxima de minerales y elementos no estructurales lignocelulósicos potencialmente interferentes en el siguiente proceso.

$$\% \text{ extractivos} = \frac{\text{peso del balon con extracto} - \text{peso del balon vacio}}{10g} \times 100$$

Donde:

R = Peso del extracto que será igual:

R= Peso del balón con extracto - Peso del balón vacío

W= Peso seco de la muestra utilizada.

$$\% \text{ extractivos} = \frac{96.0349 - 96.0331}{2g} \times 100$$

$$\% \text{ extractivos} = 0.09$$

- **Contenido de celulosa**

El contenido de celulosa se calculó mediante la degradación de los residuos en un rango de temperaturas, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ celulosa} = \left(\frac{P_{OR}}{P_O} \right) \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

P_{OR} = Peso seco del residuo (g)

P_O = Peso de la muestra de residuos de maíz (g)

Cálculo modelo para determinar el contenido de celulosa:

$$\% \text{ celulosa} = \left(\frac{0.5502}{1} \right) \times 100$$

$$\% \text{ celulosa} = 55.02$$

- **Contenido de lignina**

El contenido de lignina se calculó mediante la degradación de los residuos en un rango de temperaturas, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ lignina} = \left(\frac{P_{OL}}{P_O} \right) \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

P_{OL} = Peso seco de lignina (g) = 0.1927

P_O = Peso de la muestra de residuos de maíz (g)

Cálculo modelo para determinar el contenido de lignina:

$$\% \text{ lignina} = \left(\frac{0.1927g}{1.0220g} \right) \times 100$$

$$\% \text{ lignina} = 19.27 \%$$

- **Contenido de ceniza**

El contenido de cenizas representa la cantidad de minerales presentes en la biomasa, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ cenizas} = \left(\frac{P_c}{P_m} \right) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

P1: Peso de crisol vacío (82.3667)

P2: Peso de ceniza + crisol (82.5293)

Pc: Peso de cenizas (p2-p1)

Pm: Peso de muestra (g) (2.0008)

Cálculo modelo para determinar el contenido de ceniza:

$$\% \text{ cenizas} = \left(\frac{0.0813g}{2.0008g} \right) \times 100$$

$$\% \text{ cenizas} = 4.063\%$$

- **Grado de pH**

Los resultados en cuanto a pH de los residuos orgánicos del maíz blanco dentado, el pH metro después de 3 minutos mostró un grado ácido con un valor de 5.156 unidades de pH.

- **Contenido de hemicelulosa**

Para calcular del contenido de hemicelulosa es necesario haber calculado el porcentaje de celulosa y lignina.

$$\% \text{ hemicelulosa} = 100 - (\% \text{ celulosa} + \% \text{ lignina})$$

$$\% \text{ hemicelulosa} = 100 - (29.37 + 19.27) = 51.36$$

$$\% \text{ hemicelulosa} = 51.36$$

Tabla 5*Propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado*

Propiedades Fisicoquímicas	Unidades	Residuos orgánicos de maíz blanco dentado
Humedad	%	11.14
Cenizas	%	4.063
pH	Unidad de pH	5.156
Extractivos totales	%	0.09
Celulosa	%	55.02
Lignina	%	19.27
Hemicelulosa	%	51.36

3.1.2. Parámetros del proceso de obtención del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado

Los resultados del primer tratamiento (ítem 2.1.1.4.1.) para la obtención del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado, como se muestra en la Tabla 6, obteniendo 11° de Brix final a los 8 días, para luego ser sometido a fermentación con la adición de 4 g de levadura, en un periodo de reposo de 8 días, resultando un Brix final en la fermentación de grados Brix (0°). En la Tabla 7, se muestran los resultados de la destilación, obteniendo un volumen final de destilado de 98 ml y 94° grados alcohólicos después de 3 rectificaciones

Tabla 6*Control de grados Brix en el tratamiento con la enzima “D-Xilosa”*

Días	Grados Brix
2	3.23
4	5.53
6	9
7	11.8
8	15

Tabla 7*Resultado de la destilación en el tratamiento con la enzima “D-Xilosa”*

Volumen para destilar	T° de ebullición	Volumen final de destilado	N ° Rectificaciones	Grado alcohólico
300 ml	80° - 85°	98 ml	3	94.3

Los resultados del segundo tratamiento (ítem 2.1.1.4.1.) para la obtención del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado, como se muestra en la Tabla 8, obteniendo 4° de Brix final a los 8 días, para luego ser sometido a fermentación con la adición de 0.40 g de levadura, en un periodo de reposo de 8 días, resultando un Brix final en la fermentación de grados Brix (0°). En la Tabla 9, se muestran los resultados de la destilación, obteniendo un volumen final de destilado de 76 ml y 94.3° grados alcohólicos después de 3 rectificaciones.

Tabla 8*Control de grados Brix*

Días	Grados Brix
4	3
5	3.9
7	6.5
8	7

Tabla 9*Resultado de la destilación*

Volumen para destilar	T° de ebullición	Volumen final de destilado	N ° Rectificaciones	Grado alcohólico
300 ml	80° - 85°	76	3	94

Los resultados del tercer tratamiento (ítem 2.1.1.4.1.) para la obtención del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado, como se muestra en la Tabla 10, obteniendo 7° de Brix final a los 8 días, para luego ser sometido a fermentación con la adición de 0.45 g de levadura, en un periodo de reposo de 8 días, resultando un Brix final en la fermentación de grados Brix (0°). En la Tabla 11, se muestran los resultados de la destilación,

obteniendo un volumen final de destilado de 86 ml y 94° grados alcohólicos después de 3 rectificaciones.

Tabla 10

Control de grados Brix

Días	Grados Brix
4	4.2
5	5
7	9
8	9.8

Tabla 11

Resultado de la destilación

Volumen para destilar	T° de ebullición	Volumen final de destilado	N ° Rectificaciones	Grado alcohólico
300 ml	80° - 85°	86 ml	3	94

3.1.3. Rendimiento del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado

El valor del rendimiento del biocombustible hare referencia al volumen final obtenido después de la destilación, a continuación, se presentan los resultados obtenidos por tratamiento.

Tabla 12

Rendimiento de biocombustible por tratamiento

Tratamientos	Rendimiento (ml)		
	R1	R2	R3
T0		200	
T1	98	99	98
T2	75	76	76
T3	86	87	85

Tabla 13

Prueba de normalidad para el rendimiento de biocombustible

Tratamientos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Rendimiento (ml)	Patrón		3	
	Enzima D-Xilosa	0.750	3	0.000
	Hidróxido de sodio	0.750	3	0.000
	Peróxido de hidrógeno	0.750	3	0.000

Al tomar en cuenta los resultados obtenidos en la tabla 13 se puede concluir que el rendimiento del biocombustible obtenido con la enzima D-Xilosa, hidróxido de sodio y peróxido de hidrogeno no siguen una distribución normal, debido a que se obtuvo una significancia menor a 0.05, por lo que no existe un comportamiento paramétrico, debido a ello se usa la prueba de Kruskal Wallis.

Tabla 14

Prueba de Kruskal Wallis para el rendimiento del biocombustible

	Rendimiento (ml)
H de Kruskal-Wallis	10.645
Gl	3
Sig. asin.	0.014

Mediante la prueba de Kruskal-Wallis se puede concluir que al menos uno de los tratamientos produce efecto en el pH del biocombustible, puesto que se obtuvo una significancia menor a 0.05 ($p = 0.014$).

Tabla 15

Prueba T3 Dunnet para el rendimiento del biocombustible

0	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
Patrón	Encima D-Xilosa	101.667	0.333	0.000
	Hidróxido de sodio	124.333	0.333	0.000

	Peróxido de hidrógeno	113.333	0.333	0.000
Encima D-Xilosa	Patrón	-101.667	0.333	0.000
	Hidróxido de sodio	22.667	0.471	0.000
	Peróxido de hidrógeno	11.667	0.471	0.000
Hidróxido de sodio	Patrón	-124.333	0.333	0.000
	Encima D-Xilosa	-22.667	0.471	0.000
	Peróxido de hidrógeno	-11.000	0.471	0.000
Peróxido de hidrógeno	Patrón	-113.333	0.333	0.000
	Encima D-Xilosa	-11.667	0.471	0.000
	Hidróxido de sodio	11.000	0.471	0.000

En la Tabla 15, al aplicar la prueba post hoc T3 Dunnet se observa que no existe diferencia entre la muestra patrón y la aplicación con hidróxido de sodio.

3.1.4. Caracterización del biocombustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado

Tabla 16

Resultados del % de alcohol del biocombustible obtenido

Tratamientos	% de alcohol		
	R1	R2	R3
T0		70	
T1	77	78	76
T2	64	62	66
T3	70	71	69

Tabla 17

Prueba de normalidad para el % de alcohol del biocombustible

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.

Patrón		3	
Encima D-Xilosa	1.000	3	1.000
Hidróxido de sodio	1.000	3	1.000
Peróxido de hidrógeno	1.000	3	1.000

Al tomar en cuenta los resultados obtenidos en la tabla 17 se puede concluir que el % de alcohol del biocombustible en cada tratamiento sigue una distribución normal, por lo que al existir un comportamiento paramétrico se usa la prueba ANOVA.

Tabla 18. *Prueba ANOVA para el % de alcohol biocombustible*

% de alcohol del biocombustible	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	254.250	3	84.750	56.500	0.000
Dentro de grupos	12.000	8	1.500		
Total	266.250	11			

Mediante la prueba anova se puede concluir que al menos uno de los tratamientos produce efecto en el % de alcohol del biocombustible, puesto que se obtuvo una significancia menor a 0.05 ($p < .001$).

Tabla 19

Prueba de homogeneidad de varianzas para el % de alcohol del biocombustible

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1.778	3	8	0.229
Se basa en la mediana	1.778	3	8	0.229
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.778	3	4.000	0.290
Se basa en la media recortada	1.778	3	8	0.229

En la tabla 19 se observa que la prueba de Levene arroja una significancia mayor a 0.05 ($p = 0.229$), por lo que se concluye que las varianzas de los % de alcohol por tratamiento son homogéneas, debido a ello se usa la prueba post hoc de Tukey.

Tabla 20*Prueba Tukey para el % de alcohol del biocombustible*

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
Patrón	Encima D-Xilosa	-7.000	1.000	0.001
	Hidróxido de sodio	6.000	1.000	0.001
	Peróxido de hidrógeno	0.000	1.000	1.000
Encima D-Xilosa	Patrón	7.000	1.000	0.001
	Hidróxido de sodio	13.000	1.000	0.000
	Peróxido de hidrógeno	7.000	1.000	0.001
Hidróxido de sodio	Patrón	-6.000	1.000	0.001
	Encima D-Xilosa	-13.000	1.000	0.000
	Peróxido de hidrógeno	-6.000	1.000	0.001
Peróxido de hidrógeno	Patrón	0.000	1.000	1.000
	Encima D-Xilosa	-7.000	1.000	0.001
	Hidróxido de sodio	6.000	1.000	0.001

En la Tabla 20, al aplicar la prueba post hoc de Tukey se observa que no existe diferencia entre la muestra patrón y la aplicación con la Encima D-Xilosa, el Hidróxido de sodio y el peróxido de hidrógeno.

Tabla 21*Resultados de ph del biocombustible obtenido*

Tratamientos	Ph		
	R1	R2	R3
T0		7.45	
T1	7.731	7.730	7.732
T2	7.463	7.512	7.414
T3	7.60	7.59	7.60

Tabla 22*Prueba de normalidad para el pH del biocombustible*

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Patrón		3	
Encima D-Xilosa	1.000	3	1.000
Hidróxreniido de sodio	1.000	3	1.000

Peróxido de hidrógeno	0.750	3	0.000
-----------------------	-------	---	-------

Al tomar en cuenta los resultados obtenidos en la tabla 22 se puede concluir que el pH del biocombustible obtenido con la enzima D-Xilosa y con hidróxido de sodio siguen una distribución normal, en cambio el pH obtenido con peróxido de hidrogeno no sigue una distribución normal, debido a que se obtuvo una significancia menor a 0.05, por lo que no existe un comportamiento paramétrico, debido a ello se usa la prueba de Kruskal Wallis.

Tabla 23
Prueba de Kruskal Wallis para el pH de biocombustible

	pH del biocombustible
H de Kruskal-Wallis	9.630
Gl	3
Sig. asin.	0.022

Mediante la prueba de Kruskal-Wallis se puede concluir que al menos uno de los tratamientos produce efecto en el pH del biocombustible, puesto que se obtuvo una significancia menor a 0.05 ($p = 0.022$).

Tabla 24
Prueba T3 Dunnet para el pH del biocombustible

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
Patrón	Encima D-Xilosa	-0.281	0.001	0.000
	Hidróxido de sodio	-0.013	0.028	0.993
	Peróxido de hidrógeno	-0.147	0.003	0.002
Encima D-Xilosa	Patrón	0.281	0.001	0.000
	Hidróxido de sodio	0.268	0.028	0.033
	Peróxido de hidrógeno	0.134	0.003	0.001
Hidróxido de sodio	Patrón	0.013	0.028	0.993
	Encima D-Xilosa	-0.268	0.028	0.033
	Peróxido de hidrógeno	-0.134	0.028	0.120
Peróxido de hidrógeno	Patrón	0.147	0.003	0.002
	Encima D-Xilosa	-0.134	0.003	0.001
	Hidróxido de sodio	0.134	0.028	0.120

En la Tabla 24, al aplicar la prueba post hoc T3 Dunnet se observa que no existe diferencia entre la muestra patrón y la aplicación con hidróxido de sodio.

Tabla 25*Resultados de densidad del biocombustible obtenido*

Tratamientos	Densidad (g/cm ³)		
	R1	R2	R3
T0		0.90	
T1	0.91	0.92	0.90
T2	0.93	0.93	0.92
T3	0.91	0.90	0.91

Tabla 26*Prueba de normalidad para la densidad del biocombustible*

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Patrón		3	
Encima D-Xilosa	1.000	3	1.000
Hidróxido de sodio	0.750	3	0.000
Peróxido de hidrógeno	0.750	3	0.000

Al tomar en cuenta los resultados obtenidos en la tabla 26 se puede concluir que la densidad del biocombustible obtenido con la enzima D-Xilosa sigue una distribución normal, en cambio la densidad obtenida con hidróxido de sodio y peróxido de hidrogeno no siguen una distribución normal, debido a que se obtuvieron significancias menores a 0.05, por lo que no existe un comportamiento paramétrico, debido a ello se usa la prueba de Kruskal Wallis.

Tabla 27*Prueba de Kruskal Wallis para la densidad de biocombustible*

densidad del biocombustible	
H de Kruskal-Wallis	8.053
Gl	3
Sig. asin.	0.045

Mediante la prueba de Kruskal-Wallis se puede concluir que al menos uno de los tratamientos produce efecto en la densidad del biocombustible, puesto que se obtuvo una significancia menor a 0.05 ($p = 0.045$).

Tabla 28

Prueba T3 Dunnet para la densidad del biocombustible

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
Patrón	Encima D-Xilosa	-0.010	0.006	0.569
	Hidroxido de sodio	-0.027	0.003	0.046
	Peróxido de hidrógeno	-0.007	0.003	0.482
Encima D-Xilosa	Patrón	0.010	0.006	0.569
	Hidroxido de sodio	-0.017	0.007	0.281
	Peróxido de hidrógeno	0.003	0.007	0.992
Hidroxido de sodio	Patrón	0.027	0.003	0.046
	Encima D-Xilosa	0.017	0.007	0.281
	Peróxido de hidrógeno	0.020	0.005	0.055
Peróxido de hidrógeno	Patrón	0.007	0.003	0.482
	Encima D-Xilosa	-0.003	0.007	0.992
	Hidroxido de sodio	-0.020	0.005	0.055

En la Tabla 28, al aplicar la prueba post hoc T3 Dunnet se observa que solo existe diferencia entre la muestra patrón y la aplicación con hidróxido de sodio.

Tabla 29

Resultados de coloración y olor del biocombustible obtenido

Tratamientos	Coloración	Olor
R1	Incoloro	Característico
R2	Incoloro	Característico
R3	Incoloro	Característico
R1	Incoloro	Característico
R2	Incoloro	Característico
R3	Incoloro	Característico
R1	Incoloro	Característico
R2	Incoloro	Característico

R3	Incoloro	Característico
----	----------	----------------

En la Tabla 29, se muestran los resultados similares en cuanto a coloración y olor en todos los tratamientos del estudio, con coloración incolora y olor característico.

Tabla 30

Resultados de la acidez total del biocombustible obtenido

Tratamientos	Acidez total (mg/L)		
	R1	R2	R3
T0		38.01	
T1	37.59	38.02	37.60
T2	37.61	37.59	37.59
T3	37.59	38.01	37.59

Tabla 31

Prueba de normalidad para la acidez total del biocombustible

Tratamientos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Acidez total (mg/L)	Patrón		3	
	Encima D-Xilosa	0.954	3	0.587
	Hidróxido de sodio	0.985	3	0.765
	Peróxido de hidrógeno	0.949	3	0.567

Al tomar en cuenta los resultados obtenidos en la tabla 31 se puede concluir que la acidez total del biocombustible en cada tratamiento sigue una distribución normal, por lo que al existir un comportamiento paramétrico se usa la prueba ANOVA

Tabla 32*Prueba ANOVA para la acidez total del biocombustible*

Acidez total (mg/L)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.870	3	0.290	10.718	0.004
Dentro de grupos	0.217	8	0.027		
Total	1.087	11			

Mediante la prueba anova se puede concluir que al menos uno de los tratamientos produce efecto en la acidez total del biocombustible, puesto que se obtuvo una significancia menor a 0.05 ($p = 0.004$).

Tabla 33*Prueba de homogeneidad de varianzas para la acidez total del biocombustible*

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Acidez total (mg/L)	Se basa en la media	2.940	3	8	0.099
	Se basa en la mediana	1.034	3	8	0.428
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.034	3	5.236	0.450
	Se basa en la media recortada	2.768	3	8	0.111

En la tabla 33 se observa que la prueba de Levene arroja una significancia mayor a 0.05 ($p = 0.099$), por lo que se concluye que las varianzas de la acidez total por tratamiento son homogéneas, debido a ello se usa la prueba post hoc de Tukey.

Tabla 34*Prueba Tukey para la acidez total del biocombustible*

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
------------------	------------------	----------------------------	----------------	------

Patrón	Encima D-Xilosa	0.173	0.13433	0.593
	Hidróxido de sodio	0.570	0.13433	0.012
	Peróxido de hidrógeno	0.647	0.13433	0.006
Encima D-Xilosa	Patrón	-0.173	0.13433	0.593
	Hidróxido de sodio	0.397	0.13433	0.071
	Peróxido de hidrógeno	0.473	0.13433	0.032
Hidróxido de sodio	Patrón	-0.570	0.13433	0.012
	Encima D-Xilosa	-0.397	0.13433	0.071
	Peróxido de hidrógeno	0.077	0.13433	0.938
Peróxido de hidrógeno	Patrón	-0.647	0.13433	0.006
	Encima D-Xilosa	-0.473	0.13433	0.032
	Hidróxido de sodio	-0.077	0.13433	0.938

En la Tabla 34, al aplicar la prueba post hoc de Tukey se observa que no existe diferencia entre la muestra patrón y la aplicación con la Encima D-Xilosa, pero si con el Hidróxido de sodio y el peróxido de hidrógeno.

Tabla 35

Resultados de la conductividad eléctrica del biocombustible obtenido

Tratamientos	Conductividad eléctrica (g/cm3)		
	R1	R2	R3
T0		5.90	
T1	5.87	5.86	5.87
T2	5.88	5.87	5.88
T3	5.85	5.87	5.88

Tabla 36

Prueba de normalidad para la conductividad eléctrica del biocombustible

Tratamientos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Conductividad eléctrica (g/cm3)	Patrón		3	
	Encima D-Xilosa	0.750	3	0.000
	Hidróxido de sodio	0.997	3	0.890
	Peróxido de hidrógeno	0.964	3	0.637

Al tomar en cuenta los resultados obtenidos en la tabla 36 se puede concluir que la conductividad eléctrica del biocombustible obtenido con la enzima D-Xilosa, hidróxido de sodio no sigue una distribución normal, debido a que se obtuvo una significancia menor a 0.05, por lo que no existe un comportamiento paramétrico, debido a ello se usa la prueba de Kruskal Wallis.

Tabla 37

Prueba de Kruskal Wallis para la conductividad eléctrica del biocombustible

	Conductividad eléctrica (g/cm3)
H de Kruskal-Wallis	10.152
Gl	3
Sig. asin.	0.017

Mediante la prueba de Kruskal-Wallis se puede concluir que al menos uno de los tratamientos produce efecto en el pH del biocombustible, puesto que se obtuvo una significancia menor a 0.05 ($p = 0.017$).

Tabla 38

Prueba T3 Dunnet para para la conductividad eléctrica del biocombustible

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
Patrón	Encima D-Xilosa	0.033	0.06948	0.961
	Hidróxido de sodio	0.223	0.06948	0.049
	Peróxido de hidrógeno	0.400	0.06948	0.002
Encima D-Xilosa	Patrón	-0.033	0.06948	0.961
	Hidróxido de sodio	0.190	0.06948	0.097
	Peróxido de hidrógeno	0.367	0.06948	0.003
Hidróxido de sodio	Patrón	-0.223	0.06948	0.049
	Encima D-Xilosa	-0.190	0.06948	0.097
	Peróxido de hidrógeno	0.177	0.06948	0.127
Peróxido de hidrógeno	Patrón	-0.400	0.06948	0.002
	Encima D-Xilosa	-0.367	0.06948	0.003

Hidróxido de sodio	-0.177	0.06948	0.127
--------------------	--------	---------	-------

En la Tabla 38, al aplicar la prueba post hoc T3 Dunnet se observa que no existe diferencia entre la muestra patrón y la aplicación con encima D-Xilosa.

3.1.5. Comparación de la calidad del biocombustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz con las especificaciones de las normas ASTM

Los resultados indicaron que el combustible obtenido a partir de residuos orgánicos de maíz no sobrepasa las normas ASTM en cuanto a pH, color, olor, densidad, acidez total, conductividad eléctrica, GRADO ALCOHOLICO, a diferencia de conductividad eléctrica, el pH, y el olor que no se encuentran en la normativa.

Tabla 39

Características del biocombustible obtenido en cada tratamiento

Propiedad	Unidades	Valor experimental	Referencia ASTM	Especificación
pH	Unidades de pH	7.731	-	Cumple
Densidad	g/cm ³	0.91	220 - 900 kg/m ³	Cumple
Color	Incoloro	Incoloro	Pigmento permitido	Cumple
Olor	Característico	Característico	-	Cumple
Acidez total	mg/L	37.59	56 máx	Cumple
Conductividad eléctrica	μS/m	5.87	-	Cumple
Grado alcohólico	°INPM	94.3 94 94	92.1 min	Cumple

3.1. Discusión

Los resultados hallados en esta investigación, respecto a las propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado son muy cercanos con según Llano et al (2020) quien obtuvo 42.89% de hemicelulosa, 26.52% de celulosa, y un 30.59% de lignina, coincidiendo con los componentes estructurales del maíz obteniendo en la presente investigación con 55.02 % de celulosa, 19.27 % de lignina y 51.36 % de hemicelulosa. Sin embargo, en este caso la celulosa es mayor que el de hemicelulosa, evidenciando que las plantas analizadas no son jóvenes. El resto de las variables como 11.14% de humedad, 4.063% de cenizas, 5.156 de pH, y 0.09 de extractivos totales, difiere de los productos obtenidos por los investigadores antes mencionados.

Los resultados obtenidos en esta investigación, respecto a los parámetros del proceso de obtención del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado son muy cercanos con Araneda, Correa e Irazabal (2019), que en su aplicación para obtener biocombustible mostró a 25° de temperatura de fermentación un Brix final de 8°, similar a lo obteniendo en la presente investigación con peróxido de hidrógeno (7°) y Enzima “D-Xilosa” (11°), y mucho mayor que con hidróxido de sodio, el cual presentó un Brix final de 4°. A diferencia de lo trabajado por Llano et al (2020) quien utilizó una temperatura de 6°C y 8°C y con Brix final de 15 y 20°Brix, y quien para la fermentación se aplicó una T° entre 25°C y 30°C por 18 horas., y destilado a una temperatura de 75 a 85°C.

Los resultados obtenidos en esta investigación, respecto al rendimiento del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado son muy cercanos con Araneda, et al. (2019) quienes obtuvieron 6 muestras donde se utilizó 1500 gr de pulpa donde se obtuvieron 78 ml de rendimiento, coincidiendo con los resultados de rendimiento obteniendo en la presente investigación con 98 ml empleando Enzima “D-Xilosa”, 76 ml empleando hidróxido de sodio presenta y 86 ml con peróxido de hidrógeno. Asimismo, Chávez et al. (2021) Quien empleó residuos orgánicos y obtuvo un rendimiento de 95%, y Llenque et al. (2020) Quien con las hojas de eucalipto obtuvo mayor rendimiento (4.7%) en la producción de bioetanol.

Los resultados hallados en esta investigación, respecto a las características del biocombustible obtenido son muy cercanos con Ortega (2019) quien obtuvo los 91° alcohólicos, coincidiendo con lo obteniendo en la presente investigación con grado alcohólico de 94, 94.3 Y 94°INPM. El resto de las variables como como pH de 7.731, color incoloro, olor característico, densidad de 0.91 g/cm³, acidez total de 37.59 mg/L y conductividad eléctrica de 5.87 μ S/m, difiere de los productos obtenidos por los investigadores antes mencionados, sin embargo, cumplen con las normas ASTM, ya que no excede las especificaciones.

Capítulo IV. Conclusiones

Se identificaron las propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado, los cuales poseen 11.14 % de humedad, 4.063 % de cenizas, 5.156 de pH, 0.09 de extractivos totales, 55.02 % de celulosa, 19.27 % de lignina y 51.36 % de hemicelulosa.

Los parámetros del proceso de obtención del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado con Enzima “D-Xilosa” presenta un Brix final de 115°, con hidróxido de sodio presenta un Brix final de 7° y con peróxido de hidrógeno un Brix final de 9.8°.

El rendimiento del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado con Enzima “D-Xilosa” con 98 ml, con hidróxido de sodio presenta 76 ml y con peróxido de hidrógeno un 86 ml.

El biocombustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado presenta características como pH de 7.731, color incoloro, olor característico, densidad de 0.91 g/cm³, acidez total de 37.59 mg/L, conductividad eléctrica de 5.87 μ S/m y grado alcohólico de 94, 94.3 Y 94°INPM.

Se concluye que la calidad del biocombustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz no excede las especificaciones de las normas ASTM.

Capítulo V. Recomendaciones

Se recomienda que las materias primas deberían ser almacenadas en ambientes correctos, lugares que aseguren la protección contra la contaminación cruzada; a fin de tener una condición optima en cuanto a temperatura, humedad, ventilación en el área de almacenamiento.

Realizar el estudio en temporada seca ya que así los residuos orgánicos de maíz no absorben mucha humedad del entorno.

Se recomienda realizar otros ensayos con la finalidad de seguir buscando los parámetros óptimos de obtención de biocombustible, con la finalidad de obtener una muestra pura y libre de contaminación.

Bibliografía.

- Aguilar, J., & 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*. Colombia. Obtenido de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/546/1/6102511-2016-2-IQ.pdf>
- Araneda, I., Correa, C., & Irazabal, F. (2019). *Obtención de bioetanol a partir del banano orgánico (musa x paradisiaca) no exportable*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Piura]. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1954/IND-ARA-AGU-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arvizu, J. (2011). Biocombustibles derivados del maíz. (E. Mundi-Prensa, Ed.) Obtenido de <https://www.ineel.mx/boletin012012/tecni1.pdf>
- Barranzuela, M., & Correa, C. (2016). *Estudio experimental de la obtención de biocombustible a partir de cáscara de plátano y su uso en cocinas acondicionadas de la industria chiflera en la ciudad de Piura, Perú*. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2830/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioetanol.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Begoña, R. (12 de 05 de 2020). *Ayuda en acción*. Obtenido de <https://ayudaenaccion.org/ong/blog/sostenibilidad/covid-19-cambio-climatico/>
- Castañeda, H., Arteaga, C., & Segura, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, 18(1). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n1/v18n1a06.pdf>
- Chávez, C., López, F., Palate, X., & Jacome, C. (2021). Potencialidad de Biocombustibles a partir de residuos orgánicos. *Revista Cientific*, 6(21), 40-53. Obtenido de https://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/693/1299
- Comisión Europea. (15 de 07 de 2020). *Residuos Muestreo*. Obtenido de SAMANCTA: https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/ES/SamplingProcedure/Waste_ES.htm
- Cuentas, L. (22 de Abril de 2019). Arequipa: contaminación del aire aumentó en 30%. *La República*. Obtenido de <https://larepublica.pe/sociedad/1454520-arequipa-contaminacion-aire-aumento-30-fotos/>
- Daza, J. (2019). Viabilidad en aprovechamiento de los desechos generados en un restaurante de la Sabana de Bogotá. *Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*, 1-47. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/8026/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Demeco, L., Farrel, J., Freytes, C., Aneise, A., & Arias, V. (2021). La discusión de los biocombustibles en Argentina. *Recursos naturales*. Obtenido de <https://www.fund.ar/wp->

content/uploads/2021/11/Fundar-La-discusion-de-los-biocombustibles-en-la-argentina.pdf

- Fonseca, S., Rodríguez, H., & Camargo, G. (2017). Caracterización de residuos de maíz del municipio de Ventaquemada, Colombia. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 8(2), 29-36. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323652282004.pdf>
- García, R., Pizarro, C., Lavín, G., & Bueno, J. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource Technology*, 103(1), 249–258. doi:10.1016/j.biortech.2011.10.004
- Gracida, J., & Pérez-Díaz, B. (2014). Factores previos involucrados en la producción de bioetanol, aspectos a considerar. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30 (2), 213-227. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000200008
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGrawHill. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Horta, L., Abel, J., Lima, M., & Khaled, M. (2008). *Bioetanol de caña de azúcar : energía para el desarrollo sostenible* (1° Edición ed.). Brasil. Obtenido de <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/CEPAL/bioetanol%20ca%C3%B1a%20de%20azucar.pdf>
- IICA. (2007). *Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles*. (I. I. Agricultura, Ed.) Obtenido de <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7802>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática . (2021). *Panorama económico departamental, marzo 2021*. Obtenido de Pagina oficial de INEI: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/05-informe-tecnico-panorama-economico-departamental-mar-2021.pdf>
- Llano, A., Cardona, J., Lenis, S., Pemberthy, J., Salazar, S., & Agudelo, M. (2020). *Análisis de la producción de bioetanol desde la biomasa lignocelulósica del maíz producida en la huerta del colegio de la U.P.B a partir de la literatura científica*. [Tesis de titulación, Universidad Pontificia Bolivariana]. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8005/Bioetanol_Biomasa_Maiz_Lignocelul%C3%B3sica.pdf?sequence=8
- Llenque, L., Quintana, A., Torres, L., & Segura, R. (2020). Producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40(1), 21-29. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/2991/3319>
- Macera, D. (11 de Julio de 2018). Tráfico: Esto cuesta la contaminación que genera. *El Comercio*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/peru/trafico-costos-contaminacion-genera-noticia-535201>
- Martillo, J., Lesme, R., Oliva, L., & Silva, E. (2019). Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz (Zea mays) en la provincia de Los

- Ríos, Ecuador. *Tecnología química*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4455/445560283012/html/>
- Ministerio del ambiente. (2021). *INFOCARBONO*. Obtenido de INGEI 2016: <https://infocarbono.minam.gob.pe/>
- Miranda, M., Supúlveda, F., Montero, I., & Rojas, C. (2018). Análisis de granulación a partir de residuos de mazorca de maíz. *Elservier*, 228. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718309824>
- Mora, A. (2017). *Producción de bioetanol a partir de despojos de maíz en la Provincia de Imbabura-Ecuador*. Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7843/1/04%20MAUT%20032%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Morales, R., Agudo, L., & Espinoza, J. (2016). Disponibilidad de residuos de cosecha de arroz y maíz para la producción de etanol. *Ciencia Agropecuaria*(24). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/304676990_DISPONIBILIDAD_DE_RESIDUOS_DE_COSECHA_DE_ARROZ_Y_MAIZ_PARA_LA_PRODUCCION_DE_ETANOL
- Núñez, D. (2012). Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. *Revista Tecnura*, 16(34). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257024712012.pdf>
- Ortega, J. (2019). *Obtención de alcohol a partir del tallo de maíz para aplicación como combustible alternativo en MCI*. [Tesis de titulación, Universidad Internacional SEK]. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2819/1/Obtenci%C3%B3n%20De%20Alcohol%20A%20Partir%20Del%20Tallo%20De%20Ma%C3%ADz.pdf>
- OSINERGMIN. (2007). DECRETO SUPREMO Nº 021-2007-EM. *Ley Nº 28054, Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles*. Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-021-2007-EM-CONCORDADO.pdf>
- Peñaranda, L., Montenegro, S., & Giraldo, P. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Investigación en Ciencias Agropecuarias*, 8(2). Obtenido de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2040/2251>
- Pérez, O., Díaz, J., Zumalacárregui, L., & Gozá, O. (2010). Evaluación de propiedades físicas de mezclas etanol-agua (II). *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*(52). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n52/n52a06.pdf>
- Rafa, M. (8 de Abril de 2019). Los coches más contaminantes empiezan a pagar 27 euros para entrar al centro de Londres. *El País*. Obtenido de https://elpais.com/sociedad/2019/04/08/actualidad/1554707489_743252.html
- Ramírez, W. (2018). *Eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de Ricinus communis (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo*. Chiclayo: Universidad César Vallejo. Obtenido de

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/27769/Ramirez_LW.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Rebollo, I., Tachini, R., & Baz, N. (2018). Caracterización citogenética de la raza de maíz Blanco Dentado de Uruguay. *Paie*. Obtenido de <https://www.estudiantes.csic.edu.uy/2018/06/20/caracterizacion-citogenetica-de-la-raza-de-maiz-blanco-dentado-de-uruguay/>
- Retto, P. (2019). *Potencial energético de la producción de bioetanol de residuos agroindustriales lignocelulósicos en el Perú*. Trujillo: Universidad Nacional De Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12153/Retto%20Hern%c3%a1ndez%2c%20Patricia%20Isabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, M., Caraballo, M., & Álvarez, O. (2018). Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja, Ecuador. *Revista del Centro de Emisiones y Desarrollo de la Amazonía*. Obtenido de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/567/532>
- Sanclemente, O., Sánchez, M., & Prager, M. (2018). Prácticas agroecológicas, micorrización y productividad del intercultivo maíz - soya (*Zea mays* L. - *Glycine max* L.). *Idesia (Arica)*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292018000200217&script=sci_arttext&tlng=e
- Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2016). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en los niños. *REVISTA MÉDICA CLÍNICA LAS CONDES*, 28(1), 118-119. Obtenido de <https://cyberleninka.org/article/n/723247>
- Viñals, M., Bell, A., Michelena, A., & Ramil, M. (2012). Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica. *ICIDCA*, 46(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223123848002.pdf>

Anexos.

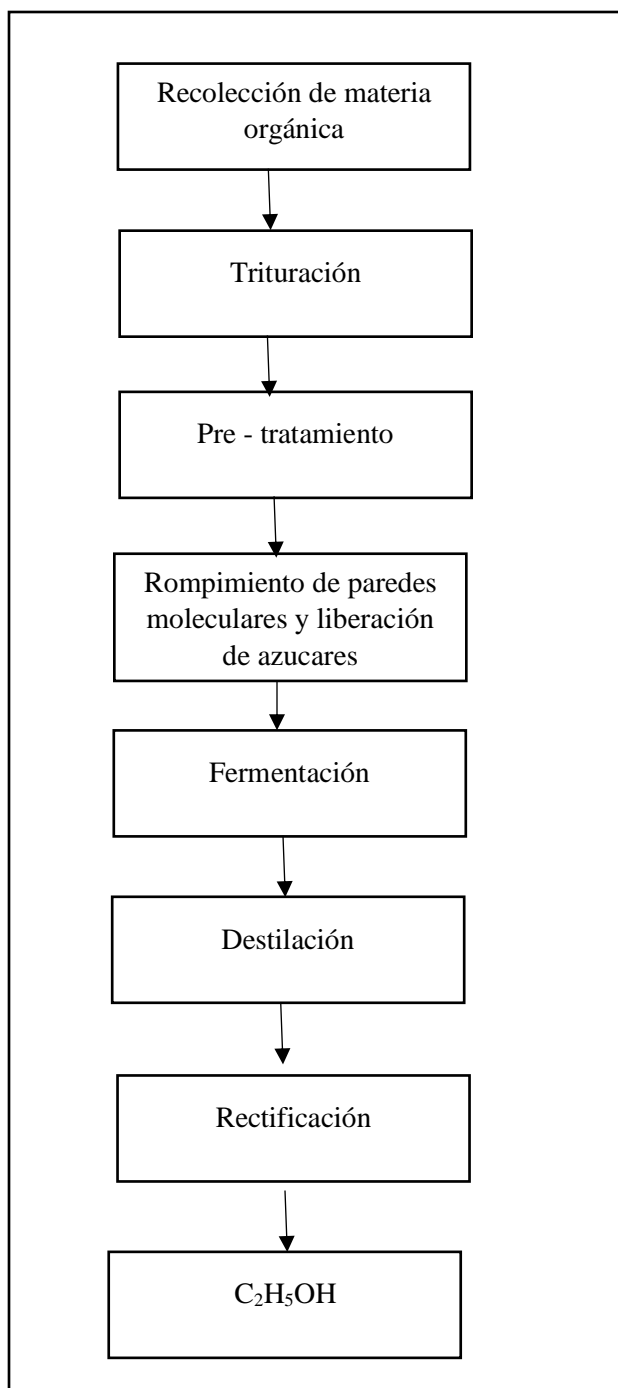
Anexo 1. Matriz de consistencia

Título del proyecto: Estudio experimental de la obtención de biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz (Zea mays)

Autores: Bach. Liliana Guevara Irigoin y Bach.: Merly Medaly Niquen Chimoy

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Diseño
¿Es posible obtener biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz (Zea mays)?	Objetivo general: Evaluar la calidad del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz maíz blanco dentado (Zea mays). Objetivos específicos a. Identificar las propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado. b. Determinar los parámetros del proceso de obtención del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado. c. Establecer el rendimiento del biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado. d. Caracterizar el biocombustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz blanco dentado. e. Comparar la calidad del biocombustible obtenido a partir de los residuos orgánicos de maíz con las especificaciones de las normas ASTM.	El biocombustible obtenido experimentalmente a partir de los residuos orgánicos de Maíz blanco dentado cumple con los estándares de calidad según las normas ASTM.	Residuos orgánicos de maíz (Zea mays)	Celulosa % Hemicelulosa % Lignina %	Población: Residuos orgánicos de maíz (Zea mays) recolectadas de la región Lambayeque Muestra: 36 kilos de orgánicos de maíz (Zea mays) Técnicas: La observación Experimentación
			Obtención de biocombustible	pH Densidad g/mL Viscosidad cSt Número de acidez Mg KOH/g Conductividad eléctrica Grado alcohólico	

Anexo 2. Procesos de producción del biocombustible



Anexo 3. Residuos orgánicos de maíz (*Zea mays*)



Anexo 4. Proceso de hidrolisis de los tres tratamientos



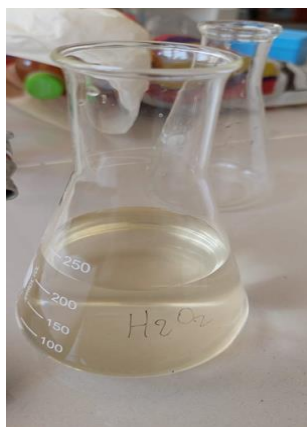
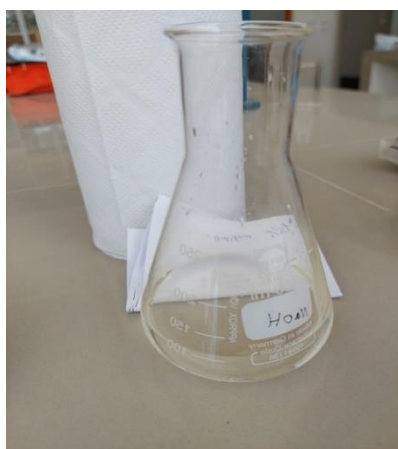
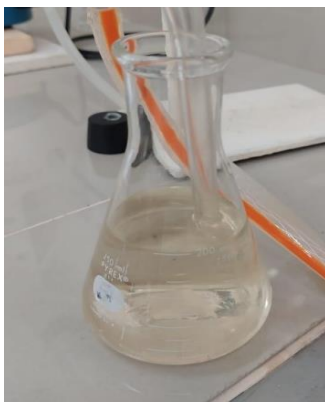
Anexo 5. Proceso de control de brix en los tres tratamientos



Anexo 6. Proceso de destilación en los 3 tratamiento con una muestra de 300 ml tanto de d-xilosa, de NaOH al 3% y de H₂O₂ en un periodo de 4 horas.



Anexo 7. Volumen final del tratamiento con Enzima “D-Xilosa” destilado de 230 mil, con NaOH al 3%, destilado de 100 mil y H₂O₂, destilado de 210 mil

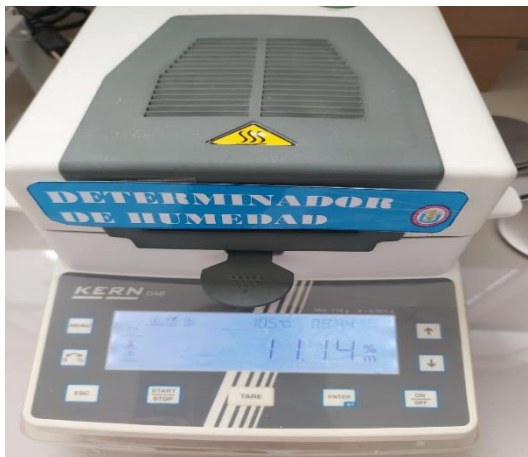


Anexo 8. Determinación de humedad

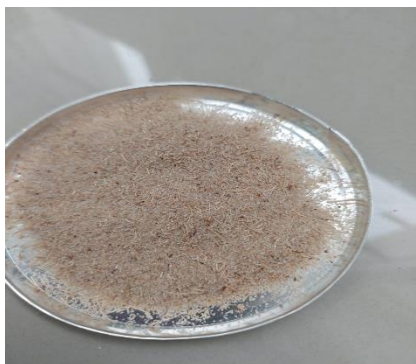
A) Pesado de Muestra



B) Determinar de Humedad



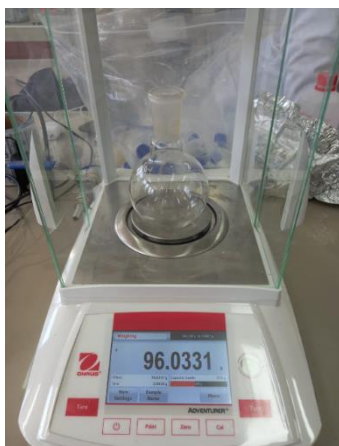
Anexo 9. Preparación de la muestra para la determinación de porcentaje de extractivos totales



A) Muestra molida y tamizada



B) Enfriado del balón



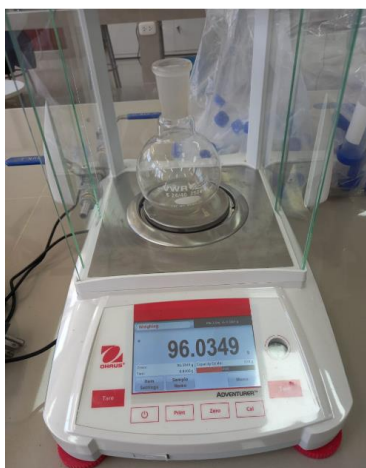
C) Peso del balón vacío



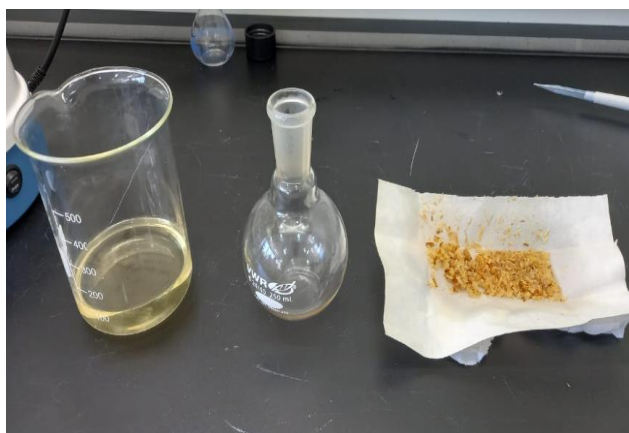
D) 1° Extracción con soxhlet



E) 2° Extracción con soxhlet



F) Peso del balón vacío
después de la extracción en el Soxhlet



G) Muestra final de extractivos totales.

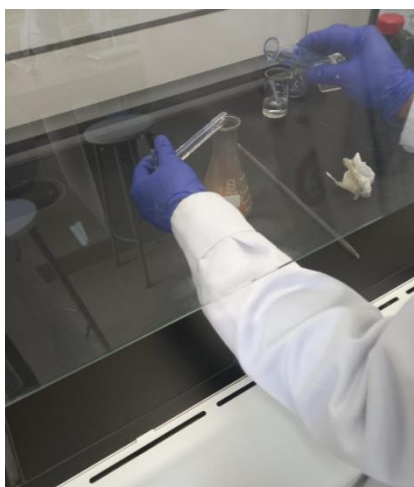
Anexo 10. Determinación de celulosa



A) Pesado de MP



B) baño María por 30 min



C) Adición de ácido nítrico y alcohol



D) filtrado de Muestra



E) Lavado de la muestra con agua destilada

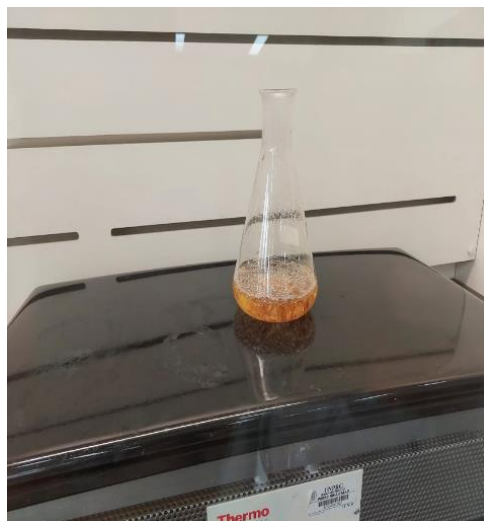


F) celulosa seca caliente y filtrado

Anexo 11. Contenido de lignina



A) Peso de Muestra de residuos de maíz



B) hervir a reflujo por 4 horas



C) Lavado para eliminar acido.



D) Filtrado de muestras



F) peso seco de lignina

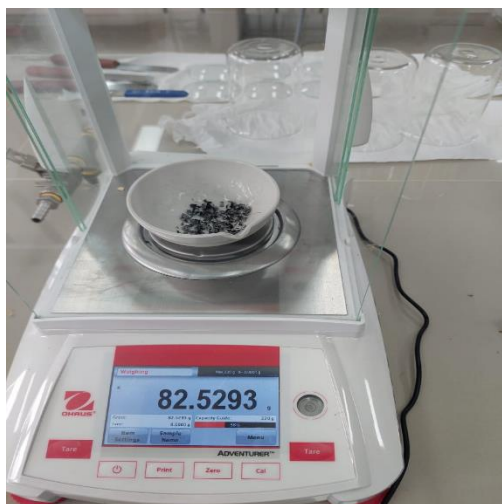
Anexo 12. Determinación de cenizas



A) Peso de crisol vacío



b) Peso de Muestra



c) Peso de crisol con Muestra de cenizas

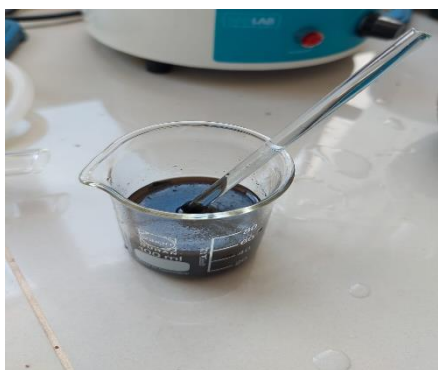
Anexo 13. Determinación de ph



A) 10g de Muestra + agua destilada



B) En el equipo de reflujo por 3 horas



C) Enfriar a T° 25 °C



D) Medir PH

Anexo 14. Rectificación en el proceso de destilado



A) Viscosidad de muestra rectificada



b) PH de la muestra rectificada



c) Alcoholimetro



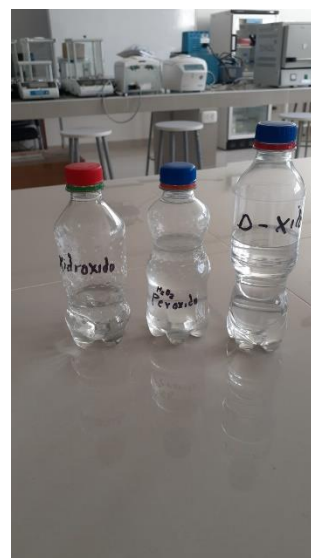
c) Determinación de acidez



d) CE de la muestra rectificada



d) Equipo de rectificación



e) Muestras rectificadas.



g) Presencia de alcohol en muestra



h) Densidad de muestra



ACTA DE SUSTENTACIÓN - 2023

Siendo las 3:00 pm del día viernes 25 de agosto del 2023, se reunieron en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias los miembros del jurado evaluador de la Tesis Titulada: "**Estudio experimental de la obtención de biocombustible a partir de los residuos orgánicos de maíz (Zea mays).**", designados por Res. N° 217-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 24 de agosto del 2023 y aprobada con Res. N° 379-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 07 de noviembre del 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- Dr. Cesar Augusto Monteza Arbulu - Presidente
- M.Sc. Ysabel Nevado Rojas - Secretaria
- Ing. Julio Humberto Tirado Vásquez - Vocal

La tesis fue asesorada por la Dra. Doyle Isabel Benel Fernández, nombrada por Decreto N°175-2019-UINV-FIQIA; de fecha 09 de julio del 2019. El acto de sustentación es autorizado con Res. N° 219-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 24 de agosto del 2023.

La Tesis fue presentada y sustentada por las Bachilleres: **GUEVARA IRIGOIN LILIANA y NIQUEN CHIMOY MERLY MEDALY**; y tuvo una duración de 40 minutos. Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de (16.....) en la escala vigesimal, mención Bueno.....

Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de INGENIERA QUIMICA de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 16:40 se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas

.....
Presidente
Dr. CESAR AUGUSTO MONTEZA ARBULU

.....
Vocal
Ing. JULIO HUMBERTO TIRADO VASQUEZ

.....
Secretario
M.Sc. YSABEL NEVADO ROJAS

.....
Asesor
Dra. DOYLE ISABEL BENEL FERNANDEZ

CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo, M.Sc. DOYLE ISABEL BENEL FERNANDEZ usuario revisor de la Tesis titulada:
"Estudio experimental de la obtención de biocombustible a partir de los residuos
orgánicos de maíz (*Zea mays*)."

Cuyo autor (es) son:

1.- **Bach. GUEVARA IRIGOIN LILIANA**

2.- **Bach. NIQUEN CHIMOY MERLY MEDALY**; identificado (a) (os) (as) con documento
de identidad 47197601, 76571800; declaro que la evaluación realizada por el
Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 17.%, verificables
en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito (a) analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias
detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y
que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el
uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva
del proceso.

Lambayeque, 06 de junio del 2023

Firma (Asesor)

Nombres y Apellidos DOYLE ISABEL BENEL FERNANDEZ.

DNI... 16686687

Se Adjunta:

Resumen de Reporte automatizado de similitudes

Recibo digital

Tesis Guevara -Niquen

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Trabajo del estudiante

1%

2

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

1%

3

www.scielo.org.co

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

6

repository.upb.edu.co

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

9

www.indteca.com

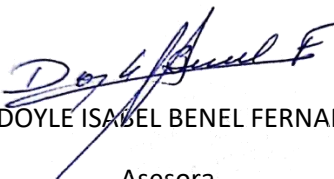
Fuente de Internet

Dra. DOYLE ISABEL BENEL FERNANDEZ

Asesora

		<1 %
10	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
13	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
15	Rivas Cárdenas Rogelio. "Análisis de alternativas de procesos para la regeneración de aceite lubricante automotriz", TESIUNAM, 1994 Publicación	<1 %
16	www.itto.int Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %

revistacta.agrosavia.co


 Dra. DOYLE ISABEL BENEL FERNANDEZ
 Asesora

19	Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1 %
21	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	1library.co Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	<1 %
25	iberomasacyted.blogs.upv.es Fuente de Internet	<1 %
26	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Infile Trabajo del estudiante	<1 %
28	dspace.sti.ufcg.edu.br:8080 Fuente de Internet	<1 %
29	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %

30 hemeroteca.unad.edu.co
Fuente de Internet


Dra. DOYLE ISABEL BENEL FERNANDEZ
Asesora

<1 %

31

Milagros Mateos Núñez, Guadalupe Martínez Borreguero. "Análisis cognitivo y emocional de los beneficios didácticos del uso de talleres STEM en primaria", Ápice. Revista de Educación Científica, 2022

Publicación

<1 %

32

Submitted to Universidad Catolica De Cuenca

Trabajo del estudiante

<1 %

33

www.gacinvestigacion.com

Fuente de Internet

<1 %

34

repositorio.usanpedro.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

35

de.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

36

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1 %

37

www.cide.mx

Fuente de Internet

<1 %

38

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

39

cia.uagraria.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

larepublica.pe

Dra. DOYLE ISABEL BENEL FERNANDEZ

Asesora



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Liliana Guevara
Título del ejercicio: Tesis entrega I
Título de la entrega: Tesis Guevara -Niquen
Nombre del archivo: e_los_residuos_org_nicos_de_ma_z_Zea_mays_-GUEVARA_y_N...
Tamaño del archivo: 12.8M
Total páginas: 86
Total de palabras: 13,703
Total de caracteres: 75,730
Fecha de entrega: 18-may.-2023 09:24p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2096713976

UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

"Estudio experimental de la obtención de biocombustible a partir de los
residuos orgánicos de maíz (*Zea mays*)"

Investigadores:

- Bach.: Liliana Guevara Irigoín
- Bach.: Nerly Medaly Niquen Chimoy

Asesor:

Ing. MSc. Doyle Isabel Benel Fernández

Lambayeque - Perú
2023

Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Dra. DOYLE ISABEL BENEL FERNANDEZ
Asesora