



UNAP



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

**COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL BIOCOMBUSTIBLE
SÓLIDO OBTENIDO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE *Mauritia flexuosa* L.**

Oenocarpus bataua* mart y *Euterpe oleracea

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR:

JHON PATRIC IPANAMA MENDOZA

RUTH LILIANA FLORES PINEDO

ASESORES:

Ing. JORGE ANTONIO SUÁREZ RUMICHE, Dr.

Q.F. FRANK ROMEL LEÓN VARGAS, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2024



UNAP

**Facultad de Ingeniería Química
Unidad de Investigación**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 014-CGT-FIQ-UNAP-2024

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Química, a los 21 días del mes de Junio de 2024, a horas 5 pm, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "**COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO OBTENIDO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE *Mauritia flexuosa* L. *Denocarpus bataua* Mart y *Euterpe oleracea*"**", aprobado con Resolución Decanal N° 172-2024-FIQ-UNAP, presentado por los Bachilleres: **Jhon Patric Ipanama Mendoza y Ruth Liliana Flores Pinedo**, para optar el título profesional de **Ingeniero Químico**, que otorga la Universidad de acuerdo Ley y Estatuto.

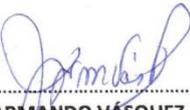
El jurado calificador y dictaminador designado mediante R. D. N° 143-2024-FIQ-UNAP está integrado por:

Ing. JORGE ARMANDO VÁSQUEZ PINEDO, Dr.	Presidente
Ing. VÍCTOR GARCÍA PÉREZ, Dr.	Miembro
Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc.	Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: En forma Satisfactoria

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido: Aprobada con la calificación Buena, estando los bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Siendo las 6: pm se dio por terminado el acto de Sustentación


Ing. JORGE ARMANDO VÁSQUEZ PINEDO, Dr.
Presidente de Jurado


Ing. VÍCTOR GARCÍA PÉREZ, Dr.
Miembro

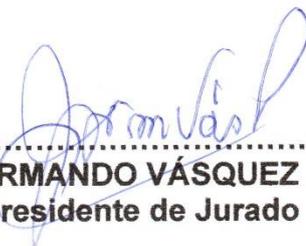

Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc.
Miembro


Ing. JORGE ANTONIO SUÁREZ RUMICHE, Dr.
Asesor


Q.F. FRANK RÓMEL LEÓN VARGAS, Dr.
Asesor



JURADO Y ASESOR



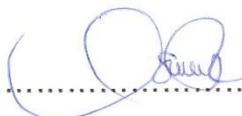
.....
Ing. JORGE ARMANDO VÁSQUEZ PINEDO, Dr.
Presidente de Jurado



.....
Ing. VÍCTOR GARCÍA PÉREZ, Dr.
Miembro



.....
Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc.
Miembro



.....
Ing. JORGE ANTONIO SUÁREZ RUMICHE, Dr.
Asesor



.....
Q.F. FRANK ROMEL LEÓN VARGAS, Dr.
Asesor

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

FIQ_TESIS_IPANAMA MENDOZA_FLORES PINEDO.pdf

AUTOR

IPANAMA MENDOZA / FLORES PINEDO

RECuento de palabras

9504 Words

RECuento de caracteres

47793 Characters

RECuento de páginas

42 Pages

Tamaño del archivo

474.9KB

Fecha de entrega

Jul 14, 2024 6:55 PM GMT-5

Fecha del informe

Jul 14, 2024 6:56 PM GMT-5

● 16% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

ESTA TESIS DEDICO A MIS PADRES A MELECIO IPANAMA Y BETTY MENDOZA, QUE GRACIAS A ELLOS ES QUIEN HE LLEGADO SER LA PERSONA QUE SOY DE HOY, POR SUS AYUDA Y AMOR INMENSURABLE EN CADA MOMENTO.

JHON PATRIC IPANAMA MENDOZA.

A MIS QUERIDAS MADRECITAS, MI BISABUELA TEOTILA BOSMEDIANO, A MI MAMITA LUZ OJITOS, A MI MADRE JESSICA PINEDO, A MIS TÍOS QUE SON CÓMO MIS PADRES YASSIR PANDURO, RICARDO GRANDEZ Y RAÚL FLORES, A MI HERMANITA LUZ FLORES, Y A MI MICHI, QUIÉNES CON SU PACIENCIA, ESFUERZO ME AYUDARON Y GUIARON A LLEGAR A CUMPLIR HOY UN GRAN SUEÑO, DE LAS CUALES ESTÁN ORGULLOSOS DE VERME CONVERTIR EN UNA GRAN INGENIERA QUÍMICA. A MI MEJOR AMIGO GIORGIO POR SU APOYO.

RUTH LILIANA FLORES PINEDO

AGRADECIMIENTO

MI AGRADECIMIENTO SERIA A DIOS EN PRIMER LUGAR POR LA SABIDURÍA Y FUERZA QUE ME AYUDO EN MOMENTO QUE LO NECESITE, TAMBIÉN A MIS PADRES QUE ME AYUDARON EN MUCHOS ASPECTOS, AGRADECER A LOS AMIGOS QUE FORME EN LA UNIVERSIDAD Y AYUDARON MUCHO COMO MARTIN PAIMA, LOILY OJAICURO, FRANCO CAMUS Y MILLEY MARIN, AGRADECER A PERSONAS COMO GONZALO REÁTEGUI QUE A PESAR DE LA DIFERENCIA DE GENERACIÓN ME AYUDÓ MUCHO Y AL IGUAL A RUTH FLORES QUE CONOCÍ Y ME AYUDO. GRACIA A LOS DOCTORES COMO JORGE VÁSQUEZ, JORGE RUMICHI Y FRANK LEÓN POR LA AYUDA Y OPORTUNIDAD DE ESTE PROYECTO DE TESIS, A LA UNAP Y A CADA PERSONA QUE CONOCÍ.

JHON PATRIC IPANAMA MENDOZA

GRACIAS A MI UNIVERSIDAD Y A MI QUERIDA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA, GRACIAS POR HABERME PERMITIDO FÓRMARME EN ELLA, GRACIAS A TODAS LAS PERSONAS QUE FUERON PARTICIPES DE ESTE PROCESO, YA SEA DE MANERA DIRECTA O INDIRECTA, GRACIAS A TODOS USTEDES, FUERON USTEDES LOS RESPONSABLES DE REALIZAR SU PEQUEÑO APORTE, QUE EL DÍA DE HOY SE VERÍA REFLEJADO EN LA CULMINACIÓN DE MI PASO POR LA UNIVERSIDAD.

GRACIAS A MIS MAMITAS, MIS TÍOS, MI HERMANITA, QUE FUERON MIS MAYORES PROMOTORES DURANTE ESTE PROCESO, GRACIAS A DIOS, QUE FUE MI PRINCIPAL APOYO Y MOTIVADOR PARA CADA DÍA CONTINUAR SIN TIRAR LA TOALLA.

¡LOS AGRADEZCO MUCHO FAMILIA!

RUTH LILIANA FLORES PINEDO

ÍNDICE

PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. BASES TEÓRICAS	6
1.2.1. Definición de biocombustible y tipos	6
1.2.2. Métodos para obtener biocombustibles sólidos	6
1.2.3. Características físicas y químicas de los biocombustibles sólidos	7
1.2.4. Aguaje (<i>Mauritia flexuosa l.</i>)	8
1.2.5. Ungurahui (<i>Oenocarpus bataua mart</i>)	10
1.2.6. Huasaí (<i>Euterpe oleracea</i>)	12
1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	16
1.3.1. Biometría en Plantas	16
1.3.2. Dureza de Materiales Sólidos	16
1.3.3. Resistencia	16
1.3.4. Briqueta	16
1.3.5. Composición de las Briquetas	16
1.3.6. Densidad	17
1.3.7. Poder Calorífico	17

1.3.8. Humedad	17
1.3.9. Inflamabilidad o Temperatura de Ignición	18
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	19
2.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	19
2.2. VARIABLE Y SU OPERACIONALIZACIÓN	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	21
3.1. DISEÑO METODOLÓGICO	21
3.2. DISEÑO MUESTRAL	21
3.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO	21
3.4. MUESTRA	21
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	21
3.5.1. Observación	21
3.5.2. Ensacado	22
3.5.3. Etapa de Campo	22
3.5.4. Criterios de Selección	22
3.5.5. Etapa de Laboratorio	22
3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	27
3.7. ASPECTOS ÉTICOS	27
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	28
4.1. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES BIOMÉTRICAS DE LAS SEMILLAS	28
4.2. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS SEMILLAS	29
4.4. RESULTADO DE LA DENSIDAD DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SOLIDOS OBTENIDOS	30
4.3. RESULTADO DE LAS HUMEDAD DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS OBTENIDOS	31
4.5. RESULTADO DEL TIEMPO DE INFLAMACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SOLIDOS OBTENIDOS	32

4.6. RESULTADO DEL PODER CALORÍFICO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SOLIDOS OBTENIDOS	33
4.7. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS OBTENIDOS	37
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	38
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	39
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	40
CAPITULO VIII: FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	44
ANEXO 1: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA SEMILLA DE AGUAJE (<i>Mauritia flexuosa l.</i>)	45
ANEXO 2: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA SEMILLA DE UNGURAHUI (<i>Oenocarpus bataua mart</i>)	46
ANEXO 3: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA SEMILLA DE HUASAI (<i>Euterpe oleracea</i>)	47
ANEXO 4: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA BRIQUETA DE AGUAJE (<i>Mauritia flexuosa l.</i>)	48
ANEXO 5: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA BRIQUETA DE UNGURAHUI (<i>Oenocarpus bataua mart</i>)	49
ANEXO 6: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA BRIQUETA DE HUASAI (<i>Euterpe oleracea</i>)	50
ANEXO 7: PROCESO DE OBTENCIÓN DE LAS BRIQUETAS A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE AGUAJE (<i>Mauritia flexuosa l.</i>), UNGURAHUI (<i>Oenocarpus bataua mart</i>) Y HUASAI (<i>Euterpe oleracea</i>)	51
ANEXO 8: CARACTERIZACIÓN FÍSICAS DE LAS BRIQUETAS	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variables y su Operacionalización	20
Tabla 2.	Propiedades biométricas de las semillas	28
Tabla 3.	Ensayo de resistencia a la compresión diametral de las semillas	29
Tabla 4.	Densidad de los biocombustibles sólidos obtenidos	30
Tabla 5.	Humedad de los biocombustibles sólidos obtenidos	31
Tabla 6.	Tiempo de Inflamación de los biocombustibles sólidos obtenidos	32
Tabla 7.	Determinación de la variación de la temperatura del biocombustible sólido obtenido a partir de <i>Maurita flexuosa l.</i>	33
Tabla 8.	Determinación de la variación de la temperatura del biocombustible sólido obtenido a partir de <i>Oenocarpus bataua mart</i>	34
Tabla 9.	Determinación de la variación de la temperatura del biocombustible sólido obtenido a partir de <i>Euterpe oleracea</i>	35
Tabla 10.	Poder Calórico de los biocombustibles sólidos obtenidos	36
Tabla 11.	Ensayo de resistencia a la compresión diametral de los biocombustibles sólidos obtenidos	37

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general comparar las propiedades físicas de los biocombustibles sólidos obtenidos a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. La investigación tiene un enfoque descriptivo comparativo. La población de estudio estuvo conformada por todas las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea* de la provincia de Maynas que se comercializan en los mercados de Belén y Modelo. El tipo de muestreo fue no aleatorio a criterio de los autores del presente trabajo, se consideró como tamaño de muestra de 3000 g. semillas de *Mauritia flexuosa l.*, 3000 g. de semillas de *Oenocarpus bataua mart* y 3000 g. de semillas de *Euterpe oleracea*. Los resultados de los valores promedios obtenidos respecto a las propiedades biométricas de las semillas fueron. para la *Mauritia flexuosa l.*, largo 49.10 mm, diámetro 30.42 mm y peso 27.26 g, *Oenocarpus bataua mart*, largo 28.18 mm, diámetro 20.61 mm y peso 9.33 g y *Euterpe oleracea*, largo 11.35 mm, diámetro 11.38 mm y peso 2.56 g., y los resultados promedios de la propiedad mecánica (resistencia a la compresión) fueron de *Mauritia flexuosa l.*, 426.33 Kgf, de *Oenocarpus bataua mart* 95.33 Kgf, de *Euterpe oleracea* 49Kgf.

Los resultados obtenidos respecto a los valores promedios de las propiedades físicas y mecánicas del biocombustible sólido obtenido fueron para *Mauritia flexuosa l.*: densidad (0.55 g/cm^3), Poder Calorífico (9476.92 Cal/g), Humedad (32.41 %), Inflamabilidad (34 min.), Resistencia a la compresión (104.33 Kgf), *Oenocarpus bataua mart*: densidad (0.60 g/cm^3), Poder Calorífico (9149.53 Cal/g), Humedad (32.67 %), Inflamabilidad (42 min.), Resistencia a la compresión (144.67 Kgf), y *Euterpe oleracea*: densidad (0.61 g/cm^3), Poder Calorífico (8572.99 Cal/g), Humedad (32.08 %), Inflamabilidad (39 min.), Resistencia a la compresión (113.33 Kgf).

Al comparar las propiedades físicas y mecánicas del biocombustible sólido obtenido se establece que el mayor poder calorífico corresponde al *Mauritia flexuosa l.* y el valor de mayor tiempo de inflamabilidad corresponde a *Oenocarpus bataua mart*.

Palabras clave: Biocombustible, *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart*, *Euterpe oleracea*.

ABSTRACT

The general objective of this work was to compare the physical properties of solid biofuels obtained from the seeds of *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* and *Euterpe oleracea*. The research has a comparative descriptive approach. The study population was made up of all the seeds of *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* and *Euterpe oleracea* from the province of Maynas that are sold in the Belén and Modelo markets. The type of sampling was non-random at the discretion of the authors of this work, it was considered a sample size 3000 g. of *Mauritia flexuosa l.* seeds, 3000 g. of *Oenocarpus bataua mart* seeds and 3000 g. of *Euterpe oleracea* seeds. The results of the average values obtained regarding the biometric properties of the seeds were. for *Mauritia flexuosa l.*, length 49.10 mm, diameter 30.42 mm and weight 27.26 g, *Oenocarpus bataua mart*, length 28.18 mm, diameter 20.61 mm and weight 9.33 g and *Euterpe oleracea*, length 11.35 mm, diameter 11.38 mm and weight 2.56 g., and the average results of the mechanical property (resistance) were of *Mauritia flexuosa l.*, 426.33 Kgf, of *Oenocarpus bataua mart* 95.33 Kgf, of *Euterpe oleracea* 49 Kgf.

The results obtained regarding the average values of the physical and mechanical properties of the solid biofuel obtained were for *Mauritia flexuosa l.*: density (0.55 g/cm³), Calorific Value (9476.92 Cal/g), Humidity (32.41 %), Flammability (34 min.), Compression resistance (104.33 Kgf), *Oenocarpus bataua mart*: density (0.60 g/cm³), Calorific value (9149.53 Cal/g), Humidity (32.67 %), Flammability (42 min.), Compression resistance (144.67 Kgf), and *Euterpe oleracea mart*: density (0.61 g/cm³), Calorific Value (8572.99 Cal/g), Humidity (32.08 %), Flammability (39 min.), Compression resistance (113.33 Kgf).

When comparing the physical and mechanical properties of the solid biofuel obtained, it is established that the highest calorific value corresponds to *Mauritia flexuosa l.* and the highest flammability value corresponds to *Oenocarpus bataua mart*.

Keywords: Biofuel, *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart*, *Euterpe oleracea*.

INTRODUCCIÓN

La selva del Perú cuenta con gran diversidad de palmeras, cuyos frutos son un gran potencial de materias primas para las industrias alimentarias y no alimentarias; sin embargo, durante los procesos productivos generan grandes cantidades de residuos sólidos que no son aprovechados y se desperdician; como es el caso de las cascara y semillas de estos. sin embargo, estos pueden ser utilizados en la elaboración de diversos productos como es el caso de los biocombustibles sólidos. (Edinson flores, 2023)

En la actualidad la biomasa está siendo considerada como una fuente renovable importante que puede contribuir a la economía, sostenibilidad y seguridad energética de un país. (Aguayo flores, et al, 2019).

La obtención de biocombustible solido provenientes de biomasa presente en las semillas representa una nueva alternativa sustentable, que permite aprovechar residuos sólidos, cuidar el medio ambiente y cuidar la salud de aquellos que consumen este combustible para realizar distintas actividades. El carbón vegetal es un tipo de biocombustible sólido obtenido como resultado de un proceso de pirólisis (descomposición térmica de la biomasa en ausencia de aire).

Actualmente existen trabajos de investigación sobre trabajos de elaboración de biocombustibles solidos a partir de diferentes materiales que contienen biomasa, como es el caso de cascara, tallos, semillas, hojas, etc. cuyas presentaciones están en forma de briquetas no carbonizadas y carbonizadas. Sin embargo, no existe trabajos que presenten información científica sobre la comparación de las propiedades físicas de biocombustibles solidos carbonizados a partir de semillas de los frutos de palmeras *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. Dada esta situación, se consideró importante realizar la investigación sobre la comparación de las propiedades físicas del biocombustible sólido obtenido a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. que permita determinar cuál de ellos presenta mayores valores en dichas propiedades, principalmente en lo referente al poder calorífico para así poder recomendar su mejor utilización o la instalación plantas industriales.

Esta investigación tiene como objetivo principal elaborar biocombustibles solidos a partir de semillas de tres frutos de palmeras, para así establecer las diferencias que existen en las propiedades físicas del biocombustible sólido obtenido a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*.

Para ello se tuvo que determinar las propiedades biométricas y mecánicas de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea* también determinar el valor de sus propiedades físicas y Compararlas.

El presente trabajo contiene: En el capítulo I, los fundamentos teóricos de la investigación, que permitan comprender el enfoque del trabajo. En el capítulo II, se plantea la hipótesis de la investigación con respectivas variables y su operacionalización. En el capítulo III, se muestra la metodología y el diseño experimental empleado y las técnicas de tratamiento de los datos encontrados. Capítulo IV, se muestran los resultados obtenidos orientados a cumplir con cada uno de los objetivos y su respectivo análisis estadístico. En el capítulo V, se muestran las discusiones de los resultados obtenidos comparado con los resultados obtenidos por otros autores referente al tema de estudio. Capítulo VI, también se muestran las conclusiones, las recomendaciones, la bibliografía y los anexos.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

La producción de biocombustibles en distintas formas (sólido, líquido y gaseoso), a partir de biomasa, constituye un área de investigación en varios países, ya que se percibe como un recurso subutilizado y mal gestionado, lo que conlleva a la contaminación ambiental. Además, en nuestra región las altas temperaturas aceleran la descomposición de la biomasa, generando emisiones de gases y vapores perjudiciales para el medio ambiente.

A continuación, se muestran algunos trabajos sobre este tema:

- En el 2023, Flores, et al. En sus trabajos “Efecto de dos métodos artesanales de carbonización en la elaboración de carbón a partir de semilla de aguaje (*Mauritia flexuosa*)”. Con enfoque descriptivo, comparativo y tuvo como objetivo aprovechar semillas de aguaje procedentes de Pucallpa y Yurimaguas para elaborar eco carbón, a las cuales se les caracterizo morfológicamente (largo, diámetro y peso), en estado fresco y seco. También realizaron la caracterización de estas empleando un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial. Finalmente se fabricaron briquetas, y se determinaron sus poderes caloríficos. Los valores obtenidos demuestran que el estado de las semillas tiene un efecto significativo sobre el poder calorífico, también el método de carbonización influye en el rendimiento., El primer tratamiento con semillas frescas obtuvo (rendimiento 25,77%) y un mayor poder calorífico (6716,93 cal/g) en comparación con las briquetas finales, mayor en casi 25% que el de las briquetas tradicionales.
- En el 2022, Pérez, et al. En el estudio titulado "Evaluación de la Calidad de Briquetas Elaboradas con Residuo de Cascarilla de Café en el Valle del Monzón", se buscó analizar la idoneidad de las briquetas como biocombustible sólido, utilizando dicho residuo. Se empleó un enfoque aplicado con un diseño experimental factorial, utilizando 25 kg de cascarilla proveniente del Valle del Monzón. La investigación constó de cuatro etapas: caracterización de la cascarilla, elaboración de briquetas, análisis de propiedades fisicoquímicas y determinación del poder calorífico. Los resultados, en su mayoría, cumplieron con los estándares establecidos, destacando las proporciones 90/10 y 70/30 como las más eficientes en términos de poder calorífico.

Este estudio sugiere que el uso de la cascarilla de café con aglutinantes naturales puede ser una alternativa prometedora en la producción de briquetas como fuente de energía renovable de calidad.

- En el 2021, **Vásquez, et al.** En su estudio "Producción de Biocombustible Sólido a partir de la Cáscara del Fruto de Castaña (*Bertholletia Excelsa*)", se propuso obtener biocombustible sólido utilizando las cáscaras de castaña, con el fin de aprovechar este residuo disponible en los mercados locales para generar energía térmica. El enfoque de investigación fue cuantitativo y explicativo. La muestra consistió en cáscaras de castaña recolectadas de los centros de abastos (mercados belén y modelo) en Iquitos, con un tamaño máximo de 3 kg (1500 g de cada mercado). Los resultados promedio de poder calorífico para las tres muestras fueron M1: 12939 kcal/kg, M2: 4663 kcal/kg, M3: 7581kcal/kg, correspondientes a 6 pruebas para cada muestra. Estos resultados demuestran la viabilidad de producir biocombustible sólido (carbón vegetal) utilizando cáscaras de castaña, con un poder calorífico superior a otros biocombustibles elaborados con residuos de frutas.
- En el 2021, **López, et al.** El estudio titulado "Producción de Biocombustible Sólido a partir de Residuos de Frutas" tuvo como objetivo principal la obtención de biocombustible sólido, con un enfoque cuantitativo y un nivel de profundización descriptivo correlacional. La población de estudio incluyó todos los residuos de frutas disponibles en los mercados de Belén, Central y Modelo, utilizando un método de muestreo probabilístico determinado por los investigadores, con un tamaño de muestra de 1500 gramos (500 g de cada mercado). Los resultados promedio del poder calorífico fueron: M1: 9549,74 kcal/kg, M2: 9551,36 kcal/kg, M3: 9671,36 kcal/kg, M4: 9483,4 kcal/kg. En conclusión, se evidenció la posibilidad de obtener un biocombustible con una excelente capacidad energética de combustión a partir de residuos de frutas.
- En el 2021, **Huaman, et al.** En el proyecto "Diseño y Producción de Briquetas Ecológicas para la Generación de Energía Térmica con Residuos Agrícolas de Masma Chicche, Jauja - 2021", se buscó desarrollar y evaluar briquetas ecológicas para la generación de energía térmica utilizando residuos agrícolas de dicha localidad. Los materiales empleados incluyeron bagazo de maíz, paja de cebada, aserrín, papel

reciclado y varios aglutinantes. Esta investigación adoptó un enfoque tecnológico con métodos inductivos y diseño experimental. Se implementaron 5 tratamientos diferentes, cada uno con un aglutinante específico o sin él. Cada tratamiento fue sometido a 6 pruebas de briquetado y se evaluaron variables como tiempo de combustión, humedad, cenizas y densidad. Los resultados mostraron que el tratamiento tres, con aglutinante de gel de sábila, tuvo el menor tiempo de combustión (promedio de 21'11") y el menor porcentaje de humedad en el tratamiento dos (promedio de 9.91%). Por otro lado, el tratamiento dos, con aglutinante de almidón de papa, presentó la mayor densidad (promedio de 439.52 kg/m³) y resistencia a la combustión. En conclusión, se determinó que el tratamiento dos es el más adecuado para su uso práctico debido a su resistencia a la combustión, bajo contenido de humedad y alta densidad, lo que facilita su manipulación, almacenamiento y transporte sin quebraduras.

- En el 2020, Delgado, et al. En sus trabajos: “Caracterización Energética Y Bioeconomía De Las Briquetas Elaboradas Con Biomasa Residual Del Cultivo De Maíz En Ecuador”. Tuvieron como objetivo caracterizar las briquetas elaboradas con biomasa del cultivo de maíz en Ecuador evaluando su poder calorífico y realizando un análisis económico. La investigación fue de tipo experimental, con un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y tres replicas cada uno, utilizando como testigo carbón doméstico. La composición de cada tratamiento fue 30% aglomerante como variable fija y 70% residuos agrícolas de maíz con una composición de: T1 = 42% tusa - 28% tallo, T2 = 28% tusa – 42% tallo, T3 = 35% tusa – 35% tallo. En cuanto a los resultados obtenidos de las variables: resistencia de compresión, ceniza, tiempo de encendido, humedad y poder calorífico; el T3, fue el que cumplió con la mayoría de los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana 2060. El mayor poder calórico de las briquetas fue el T3 con un valor de 15,55 MJ.kg⁻¹, sin embargo, es inferior a lo observado en el testigo, cuyo valor fue de 27,31 MJ.kg⁻¹. En todos los tratamientos el tiempo de encendido de las briquetas estuvo por debajo de 1,15min., siendo el de menor tiempo el T1, mientras que el testigo tardó 30 minutos en encenderse. La menor humedad se registró en el T3 (8,68 %), siendo mayor que el testigo (7,5 %). La resistencia a la compresión en los tres tratamientos fue menor a la esperada. El mayor valor se obtuvo en el T3 (48,06 kg. f),

siendo sin embargo inferior al testigo (48,06). Al determinar el porcentaje de humedad inicial, se evidenció mayor humedad en las tusas (22,06 %) en relación al tallo (21,45 %). Posterior a la desecación, se obtuvo una humedad final en las tusas de 6,27 % y en los tallos de 6,06 %.

1.2.BASES TEÓRICAS

1.2.1. Definición de biocombustible y tipos

Biocombustible es cualquier biomasa que haya sido modificada física, química o biológicamente para producir combustible. Incluyen todos los combustibles derivados directa o indirectamente de la biomasa.

En cuanto a los biocombustibles, la primera generación se elabora a partir de cultivos alimentarios, la segunda generación se elabora a partir de residuos agrícolas y forestales, la tercera generación se elabora a partir de plantas no alimentarias de rápido crecimiento y miel. La cuarta generación, de alta energía, se elabora a partir del dióxido de carbono, generado por los biocombustibles de bacterias genéticamente modificadas (Rivera, 2018).

1.2.2. Métodos para obtener biocombustibles sólidos

La obtención de combustibles sólidos puede involucrar diversos procesos y métodos dependiendo del tipo de material y del combustible que se esté buscando, aquí algunos ejemplos:

a) Carbonización y Pirólisis.

Estos procesos incluyen la descomposición térmica de la biomasa para producir carbón vegetal o productos de pirólisis que pueden usarse como combustibles sólidos (Vertes, et al, 2011).

b) Gasificación de Biomasa.

La gasificación convierte la biomasa en gas combustible, que tras su limpieza y acondicionamiento, puede utilizarse como combustible sólido (Basu, 2010).

c) Procesamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

Los residuos sólidos municipales (RSU) son una fuente potencial de combustibles sólidos como los combustibles derivados de residuos (CDR). El proceso implica la selección y separación de los componentes del combustible de los residuos sólidos, seguido de un tratamiento mecánico y térmico para mejorar las propiedades térmicas (Klinghoffer, et al, 2013).

d) Procesamiento de Biomasa lignocelulósica:

La descomposición de la biomasa lignocelulósica a través de procesos químicos o biológicos para obtener materiales sólidos con potencial combustible (Chen, 2015).

1.2.3. Características físicas y químicas de los biocombustibles sólidos

Según Panagiotis (2011) los biocombustibles sólidos, como la biomasa y el biocarbón, tienen diferentes propiedades físicas y químicas necesarias para su uso y funcionamiento.

a) Características físicas:

- **Densidad aparente:** La densidad aparente de los biocombustibles sólidos es crucial para determinar su manejabilidad, almacenamiento y transporte eficientes.
- **Tamaño de partícula:** El tamaño de partícula influye en la eficiencia de la combustión y puede variar según la aplicación, desde pellets finos hasta bloques más grandes.
- **Contenido de humedad:** El contenido de humedad afecta directamente el poder calorífico y la eficiencia de la combustión. Un contenido de humedad bajo es deseable para maximizar el rendimiento energético.

b) Características químicas:

- **Poder calorífico:** La cantidad de energía liberada durante la combustión, expresada como el poder calorífico, es una característica clave. Depende de la composición química de los biocombustibles sólidos.
- **Composición elemental:** La proporción de carbono, hidrógeno, oxígeno y otros elementos en la biomasa influye en sus propiedades de combustión y en la cantidad de emisiones generadas.
- **Cenizas:** La cantidad y composición de las cenizas generadas durante la combustión son importantes para evaluar la viabilidad ambiental y la formación de residuos.

1.2.4. Aguaje (*Mauritia flexuosa L.*)

1.2.4.1. Descripción

El aguaje, una palmera polígamo-dioica, presenta una copa esférica y puede alcanzar los 35 metros de altura en su entorno natural. Su tallo, recto y cilíndrico, con un diámetro entre 30 a 60 centímetros. Sus raíces principales pueden llegar hasta los 60 centímetros de profundidad y extenderse paralelamente al nivel del suelo 40 metros, sus raíces secundarias superficiales facilitan la respiración en condiciones hidromorfas. Sus hojas miden entre 5 y 6 metros de longitud, y se encuentran en la parte en grupos de 10 a 20 formando la copa. El ancho de la hoja alcanza los 80 a 90 centímetros de diámetro, con un pecíolo profundamente acanalado de 4 metros de largo. Presenta flores masculinas y femeninas son iguales en forma y tamaño, con una longitud de 2 a 3 metros de largo, las flores masculinas tienen de 10 x 7 milímetros en la yema y las flores femeninas de 2 milímetros de largo.

El fruto del aguaje es una drupa subglobosa o elíptica que tiene entre 5 a 7 centímetros de largo y entre 4 a 5 centímetros de diámetro, con un peso promedio que oscila entre 40 a 85 gramos. Su epicarpio es escamoso y su color varía de pardo a rojo intenso. El mesocarpio es suave y harinoso, de color amarillo o anaranjado rojizo, con un espesor entre de 4 a 6 milímetros, representando entre

el 10% y el 21% en el fruto. El endocarpio es piel delgada de color blanco. Cada fruto tiene entre 1 a 2 semillas, tiene forma de globo y es sólida que contiene albumen blanco, constituyendo entre el 40% y el 44,5% en el fruto. (Paytán, 1997)

1.2.4.2.Utilización

Fruto.

El principal uso es de manera directa en la alimentación humana. Cuando está madura, es blanda, permitiendo la eliminación de las escamas para extraer el mesocarpio que representa la pulpa. Las bebidas se preparan disolviendo el mesocarpio en agua, al cual se agrega azúcar y se somete a fermentación; así mismo se puede deshidratar para luego rehidratar y hacer bebidas. Una forma común de consumir el aguaje es triturando con los dientes su mesocarpio. Además, se pueden obtener harinas y aceite a partir del mesocarpio. (Paytán, 1997)

Otras partes de la planta.

Las hojas del aguaje proporcionan material fibroso para el hogar y trabajos de artesanía, generalmente se emplean directamente para techos de viviendas campestres. El pecíolo contiene material celulósico para la fabricación de papel. Las inflorescencias jóvenes contienen savia dulce que puede ser consumida de manera directa o fermentada, también puede hervirse para para obtener azúcar, que contiene un 92.7% de sacarosa, un 2.3% de azúcares reducidos y un 1.9% de ceniza. El tallo puede usarse en la construcción de puentes, pisos o separadores de ambiente, también como cerco para huertos. De la parte central del tronco se puede obtener harina para uso alimentario, que contiene consiste principalmente almidón puro. En los tallos caídos y descomposición, proliferan los "suris" (*Rhynchoporus palmarum*), que se pueden consumir crudos, asados o cocidos debido a su alto contenido proteico. Finalmente, del meristema terminal se obtiene el palmito.(Paytán, 1997)

1.2.4.3. Taxonomía del Aguaje (*Mauritia flexuosa* L.)

División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Arecales
Familia	: Arecaceae
Género	: <i>Mauritia</i>
Especie	: <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.
Nombre Científico	: <i>Mauritia flexuosa</i> L. F.
Nombre Común	: Aguaje, achual (Perú); Caranday-guazu, ideuí (Bolivia); Buriti, burití-do-brejo, miriti, buritirana (Brasil); Canangucha, moriche, aguaje, mirití (Colombia); Moriche (Venezuela).

(Lujan, 2010)

1.2.5. Ungurahui (*Oenocarpus bataua* Mart)

1.2.5.1. Descripción

El unguurahui es una palmera monocaule que puede alcanzar entre 15 a 25 metros de altura promedio y 15 a 30 centímetros de diámetro promedio. Su estípite presenta rupturas verticales leves y círculos de 5 centímetros de ancho aproximadamente, ubicados cada 20 a 30 centímetros en los primeros metros de altura, para luego hacerse más cercanos. El sistema de raíces saliente. la parte superior con las hojas alcanza una altura de 6 metros y una amplitud de 8 metros, con un tono verde claro. Las hojas están compuestas por hojuelas, entre 7 a 16, dispuestas en forma helicoidal y tienen una longitud de 3 a 10 metros. La vaina de la hoja mide entre 0.5 y 1.4 metros, el peciolo 0.2 metros y el raquis 3.9 metros. Las hojuelas que forman la hoja completa están en número de 80 a 110 por cada lado, están dispuestos en un solo plano y tienen forma linear lanceolada. Las hojuelas tienen un largo promedio entre 85 a 160 centímetros y un ancho de 7 a 14 centímetros, mientras que los folíolos basales tienen una longitud de 60 a 150 centímetros y un ancho de 2.5 a 4 centímetros. Presentan un haz verde oscuro y un envés blancuzco. La espiga es una panícula intrafoliar, que contienen entre con

120 a 350 raquillas, de 70 a 130 centímetros de largo y 4 a 7 milímetros de diámetro. Las flores tienen un solo sexo de color pardo cremoso, las flores masculinas tienen de 9 a 12 estambres, el fruto es una drupa de 2.3 a 3.6 centímetros de largo y 1.7 a 2.3 centímetros de diámetro, presenta un epicarpio liso seroso de color negro violáceo cuando está maduro, el mesocarpio es aceitoso, con un espesor de 1,5 milímetros y presenta un color violáceo. El endocarpio es duro con textura leñosa cubierta por fibras oscuras. (Paytán, 1997).

1.2.5.2.Utilización

Fruto.

Su pulpa es comestible y se usa desde tiempos antiguos para preparar bebidas no alcohólicas conocido como "chapo" en Perú y como "vino" en Brasil, también se utiliza en la elaboración de jugos, dulces y helados diluidos en agua.

El valor más destacado del ungurahui radica en el aceite comestible contenido en su pulpa, el cual posee un excelente valor nutricional que puede compararse en apariencia y composición a los ácidos grasos presentes en el aceite de oliva (*olea europeaea*). Los habitantes de las selvas, a través de métodos tradicionales, extraen este aceite para su consumo doméstico. Además de su uso culinario, el aceite puede emplearse también para el tratamiento del cabello, como ungüento para el tratamiento de diversas enfermedades parasitarias, respiratorias y tuberculosis.

Los residuos sólidos generados durante la preparación de bebidas o de la extracción de aceite, son aprovechados como alimento para cerdos, aves. (Paytán, 1997)

Otras partes de la planta.

El tallo del ungurahui sirve como postes en la construcción de viviendas, como postes y tumbados. El tallo en estado de descomposición, sirve como un excelente sustrato para la crianza de larvas de un coleóptero, las cuales suministran proteína al ser consumidas por el poblador rural.

Las hojas se utilizan para la construcción de paredes, techos y planchas para divisiones interiores de viviendas campestres. También para elaborar cestos para usos diversos. Además, el palmito o chonta de ungurahui se considera de calidad superior respecto a otras palmeras. (Paytán, 1997)

1.2.5.3. Taxonomía del Ungurahui (*Oenocarpus bataua mart.*)

División	: Magnoliophyta.
Clase	: Liliopsida.
Orden	: Arecales.
Familia	: Arecaceae (Palmae)
Género	: Oenocarpus
Especie	: Oenocarpus bataua C. Martius.
Nombre científico	: <i>Oenocarpus bataua mart.</i>
Nombre común	: Milpesos, patauá, batauá, trupa (Colombia), aricagua, seje, palma seje (Venezuela), sacumana, ungurahui (Perú), chapil (Ecuador), jagua, majo, colaboca; Po: batauá, patauá; others: Komboe (Suriname); jagua, yagua (Trinidad), turu (Guyana).

(Gonzales, et al, 2011).

1.2.6. Huasaí (*Euterpe oleracea*)

1.2.6.1. Descripción

El huasaí es una planta que puede alcanzar una altura de más de 25 m. Normalmente, presenta más de 45 estípites durante etapas de crecimiento y producción; en ejemplares maduros, se encuentra alrededor de 48 estípites totalmente desarrollados. Estos estípites son rectos, cilíndricos, delgados (con un diámetro a la altura del pecho de 8-16 cm), lisos, presentan un color, con fisuras circulares gris claro y con cicatrices foliares circulares.

En la base del tallo, aparecen raíces adventicias de color morado brillante que se extienden en promedio 80 cm sobre a nivel del suelo. Estas raíces permiten la respiración de la planta en períodos de suelo inundado. El sistema es grande y superficial y alcanza un radio de más de 6 m, con el 80% de las raíces concentradas en los primeros 20 cm de profundidad del suelo.

Las hojas son compuestas por hojuelas, con longitudes de 2 a 4 m y están grupadas en grupos de 9 a 15 y se ubican en la parte superior del tallo. Cada hoja totalmente desarrollada con hojuelas de aproximadamente 2,5 m de longitud y está compuesta por 39 a 77 foliolos que miden de 39 a 77 cm de largo y de 3 a 4 cm de ancho. El peciolo tiene una longitud de 20 a 40 cm.

Las inflorescencias del huasaí se presentan en espádice, con un raquis rígido de alrededor de 56 cm de largo, que lleva aproximadamente 54 raquillas en promedio. Las flores son de un solo sexo y están ubicadas por grupos de tres a lo largo de las raquillas, con una flor femenina central y dos flores masculinas laterales, a excepción de la base de la raquilla, donde solo se están presentan flores masculinas. Las flores femeninas tienen dimensiones de 3,2 x 2,6 mm y varían de color de morado a pardo claro, mientras que las flores masculinas son de 4,5 x 2,7 mm y tienen anteras de color morado.

El fruto es una drupa globosa de color verde 1,1 a 1,5 cm de diámetro, presenta un color verde cuando no está maduro y morado oscuro cuando está maduro, aunque muchos ecotipos mantienen el color verde incluso en la madurez. El epicarpio es muy delgado, el mesocarpio es pulposo con un espesor de 0,5 a 1,5 mm y presenta tonos violáceos, mientras que el endocarpio está cubierto por fibras longitudinales y el endospermo es profundamente ruminado. (Paytán, 1997)

1.2.6.2.Utilización

Fruto

Los frutos maduros del huasaí son altamente requeridos por los pobladores amazónicos por ser un componente de su dieta alimenticia. Uno de los productos más conocidos es el "vino" de huasaí, un producto líquido viscoso de color rojo intenso, preparado mediante un proceso de maceración de la pulpa de los frutos maduros. En el estado de Pará, Brasil, es muy frecuente combinar este vino con azúcar y harina de yuca, aunque algunas veces también se consume sin estos agregados. La pulpa de huasai también se utiliza como saborizante en helados y muchas veces se mezcla con harina de yuca para acompañar carnes y mariscos. El huasaí es un componente esencial en la dieta alimenticia de diversos estratos

socioeconómicos, llegando muchas veces los individuos a consumir hasta 2 litros por día. Su jugo presenta un sabor muy parecido a la nuez, con una textura ligeramente cremosa y un aspecto aceitoso.

Las antocianinas presentes en los frutos tienen una gran posibilidad de uso como insumo en la industria alimentaria, principalmente como colorante natural (color rojo). (Paytán, 1997)

Otras partes de la planta

La naturaleza multicaule y su capacidad de rebrote lo convierten en una palmera ideal para la explotación sostenible del palmito, sin descuidar la utilización del fruto como alimento. A partir de una sola semilla de huasai pueden surgir en promedio 25 esquejes, incluyendo adultos, juveniles y brotes. Los estípites, al alcanzar su senilidad, se descomponen y son reemplazados naturalmente por nuevos brotes en un reemplazo continuo; los cortes para la extracción del palmito, además de aprovechar los estípites seniles, favorecen el desarrollo de otros componentes de la planta.

El estípite se aprovecha en construcciones rurales para paredes, divisiones de espacios, pisos, cercas y como fuente de leña.

Las hojas tienen usos temporales en techos y también poseen potencial para ser utilizadas como materia prima en la fabricación de pulpa. (Paytán, 1997)

1.2.6.3. Taxonomía del Huasaí (*Euterpe oleracea*.)

División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Arecales
Familia	: Arecaceae.
Género	: Euterpe
Especie	: Euterpe oleracea
Nombre científico	: Euterpe oleracea mart.
Nombre Común	: Perú: Huasai; Colombia: Asai, Asai Paso; Guasai; Ecuador: Palmito; açai; açai do mata; Jucara; Venezuela: Manaca; Mapora; Nenea; Palmito Manaca; Guayana Francesa: Pinnat; Wassai.

(Cuzcano, et al, 2015)

1.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

1.3.1. Biometría en Plantas

La evaluación biométrica de los frutos es fundamental para identificar la diversidad genética dentro de las poblaciones y comprender las relaciones entre esta diversidad y los factores ambientales. Este análisis proporciona información crucial para comprender los aspectos ecológicos de la especie. (Vilcano, et al, 2017)

1.3.2. Dureza de Materiales Sólidos

La dureza es una propiedad específica de los materiales que indica su resistencia a la deformación localizada o a ser rayados o penetrados por otro material. Es una forma de conocer la capacidad que tiene un material para resistir la deformación en su superficie exterior. (Centro Nacional de Metrología)

1.3.3. Resistencia

Es la capacidad que tienen los materiales para soportar esfuerzos y fuerzas aplicadas en ellos sin sufrir roturas, variación de su forma o daños. (Paz, 2014)

1.3.4. Briqueta

Son productos ecológicos utilizados para generar energía térmica en chimeneas, calderas y hornos. Que sustituyen a la leña en áreas rurales. Estos biocombustibles pueden presentarse en forma cilíndrica o en forma de ladrillo. (López, et al, 2021).

1.3.5. Composición de las Briquetas

Estos biocombustibles sólidos son completamente naturales, elaborados a partir de una variedad de residuos orgánicos como madera particulada, tallos exprimidos de caña de azúcar, semillas y cascaras de frutos, entre otros materiales. (López, et al, 2021)

1.3.6. Densidad

Una de las ventajas de las briquetas es su alta densidad en comparación con otros combustibles derivados de residuos. Esto facilita su transporte, almacenamiento y uso, lo que las hace más prácticas en comparación con otros productos similares. El objetivo del proceso de briqueteado es producir un producto final más consistente que los productos básicos, ya que una mayor densidad significa que las briquetas ocuparán menos espacio (al mismo peso) que la leña, lo que las hace más manejables. (Rivera, et al, 2019)

1.3.7. Poder Calorífico

Representa la cantidad de energía generada y liberada durante su combustión, expresada por unidad de masa del combustible. Representa la máxima energía liberada cuando se unen el combustible y el comburente, y se calcula restando la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas (generalmente gases) durante la combustión de la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas del combustible. (Rivera, et al, 2019)

1.3.8. Humedad

La humedad de la briqueta depende del proceso de secado de la materia prima, que puede realizarse de manera natural, al aire libre, o de forma artificial, utilizando hornos específicos. Durante el proceso de briqueteado, la materia prima suele tener un contenido de humedad cercano al 20%. Después del prensado, este porcentaje de humedad disminuirá, siendo menor al salir de la prensa. (Rivera, et al, 2019)

1.3.9. Inflamabilidad o Temperatura de Ignición

Todos los combustibles (sólidos, líquidos o gaseosos), arden cuando alcanzan su temperatura de ignición. Existen dos tipos principales de temperatura de ignición: la temperatura de autoignición y la temperatura de ignición inducida. La temperatura de autoignición es la mínima la temperatura a la cual una mezcla de gas y aire se enciende por sí sola, sin necesidad de una fuente externa de ignición como una chispa o llama. Por otro lado, la temperatura de ignición inducida es aquella en la que una mezcla de aire y gas se inflama en presencia de una llama o chispa externa. (Huanca, 2017)

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Existe diferencias en las propiedades físicas del biocombustible sólido obtenido a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*.

2.2. VARIABLE Y SU OPERACIONALIZACIÓN

Variable de estudio

Propiedades biométricas y mecánicas de las semillas.

Propiedades físicas y mecánicas del biocombustible sólido.

Tabla 1. Variables y su Operacionalización

Variable de estudio	Definición	Tipo Por Naturaleza	Indicador	Escala De Medición	Valores Finales De Medición	Medio de Verificación
Propiedades Biométricas y Mecánicas de las semillas de <i>Mauritia flexuosa l.</i> , <i>Oenocarpus bataua mart</i> y <i>Euterpe oleracea.</i>	Características físicas de cada semilla propios de cada variedad que permiten autenticar su identidad.	Cuantitativa	Largo Diámetro Peso Resistencia	Razón Razón Razón Razón	mm mm g Kg/cm ²	Cuaderno de laboratorio
Propiedades físicas del biocombustible sólido obtenido a partir de las semillas de <i>Mauritia flexuosa l.</i> , <i>Oenocarpus bataua mart</i> y <i>Euterpe oleracea.</i>	Aquellas características que se observan sin que ocurra un cambio en la composición del material.	Cuantitativa	Densidad Poder Calorífico Humedad Inflamabilidad Resistencia	Razón Razón Razón Razón Razón	g/lt Kcal/kg % °C Kg/cm ²	Cuaderno de laboratorio.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación tiene un enfoque cuantitativo con diseño descriptivo, comparativo, porque especifica los valores de las propiedades mecánicas de las tres semillas y las propiedades físicas del biocombustible sólido obtenido a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea* así mismo se compara.

3.2. DISEÑO MUESTRAL

Se realizó un diseño muestral no aleatorio de semillas en estado fresco de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea* de los mercados de la provincia de Maynas, independientemente de la cantidad de muestra a utilizar.

3.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Estuvo conformada por la totalidad de las semillas en estado fresco de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*, existente en los mercados Belén, Central y Modelo de la provincia de Maynas.

3.4. MUESTRA

De acuerdo a su procedencia la muestra estuvo constituida de la siguiente manera; 33,33 % del mercado Belén, 33,33% del mercado central y 33,33% del mercado Modelo y de acuerdo a la cantidad, se recolectó 3 kg por cada tipo de semilla; independientemente de la cantidad de muestra a utilizar.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Comprende procedimientos y actividades ejecutadas para recabar la información requerida necesaria para el cumplimiento de los objetivos de la investigación; las principales técnicas utilizadas fueron:

3.5.1. Observación

Para el caso de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea* la observación se realizó in situ en los mercados en los mercados donde se comercializan estos frutos al estado natural (belén, central, modelo), teniendo en cuenta ciertas características físicas como el color que nos indicará el estado de madurez y de conservación, el aspecto que nos indicará el grado de degradación de las semillas.

3.5.2. Ensacado

Se utilizó para acopiar y almacenar las semillas recolectadas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea* para luego ser transportadas al laboratorio.

3.5.3. Etapa de Campo

El acopio de las muestras se realizó en los principales mercados de la ciudad de Iquitos para lo cual se utilizarán bolsas plásticas, para posteriormente ser llevados al laboratorio.

3.5.4. Criterios de Selección

Inclusión.

Se eligieron semillas en estado fresco de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*, que alcanzaron un completo estado de madurez y que fueron desechados el mismo día después de consumidos los frutos, de mayor tamaño, que no tenían signos de deterioro o mal formación.

Exclusión.

No se eligieron las semillas muy pequeñas, de frutos verdes y las que presentaron signos de deterioro o las que fueron desechadas con mucha anterioridad.

3.5.5. Etapa de Laboratorio

La recolección de datos a nivel de laboratorio de la presente investigación, en lo referente a la biometría de las semillas y algunas propiedades físicas de los biocombustibles elaborados se realizaron en los laboratorios de mecánica de materiales y ensayo de suelos de la universidad científica del Perú, los demás se realizaron en el laboratorio de físico química de la FIQ y comprende las siguientes etapas:

Determinación de las propiedades biométrica y mecánica de las semillas.

- Propiedades biométricas (peso, largo y diámetro)
- Propiedades mecánicas (resistencia)

Determinación de las propiedades biométricas, mecánica y físicas del biocombustible.

- Propiedades mecánicas (resistencia).
- Propiedades físicas (humedad, densidad, inflamabilidad y poder calorífico).

3.5.5.1. Determinación de la Biometría

Procedimiento.

Por lo general la determinación de la biometría en semillas consiste en la determinación del largo, diámetro y peso de cada semilla para lo cual se utilizó un vernier y una balanza analítica.

3.5.5.2. Determinación de las Propiedades Mecánicas

a) Determinación de la Resistencia.

Procedimiento

Es la propiedad mecánica más importante en los materiales sólidos y representa la capacidad que tienen los materiales para resistir un peso, el valor se expresa en términos de esfuerzo, usualmente en unidades como kg/cm^2 , MPa, y ocasionalmente en libras por pulgada cuadrada (psi).

3.5.5.3. Determinación de las Propiedades Físicas del Biocombustible

a) Determinación del contenido de Humedad.

Procedimiento

En una capsula de porcelana se colocó tres muestras del biocombustible obtenido, con un peso aproximado de un gramo cada una, y llevo a una estufa la cual se encontraba entre 100-105 °C, se dejó en ella, durante 24 horas, se terminó cuando dos pesadas consecutivas arrojaron el mismo peso; la humedad se calculó utilizando la siguiente fórmula;

$$\%H = \frac{W_{inicial} - W_{const}}{W_{inicial}} \times 100 \text{ Porcentaje de agua}$$

Porcentaje de la materia seca: Se obtendrá por diferencia.

b) Determinación del Poder Calorífico.

Para determinar el poder calorífico se utilizó una bomba calorimétrica, siguiendo un protocolo de medición, mediante el siguiente procedimiento: Primero se calibro la bomba calorimétrica para este fin se utilizó briquetas elaboradas en base a ácido benzoico.

A continuación, se seleccionaron briquetas de 1 g aproximadamente, se introdujeron en la cápsula de combustión, sobre el cual se colocó el fusible (alambre de tungsteno). Posteriormente se inyectó oxígeno necesario y cerró herméticamente el calorímetro adiabático, luego se efectuó la ignición de la muestra y se controló la variación de la temperatura del agua durante el tiempo que duro la ignición. La determinación finalizó cuando la temperatura del agua se mantuvo constante. Para el cálculo del poder calorífico se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta H^* = \frac{C_C \text{ bomba} \times \Delta T - Q_z}{m}$$

Donde:

ΔH^* = Poder calorífico del material

C_C = Capacidad calorífica del calorímetro (3018.722 Cal/°C)

Q_z = Calor del fusible (Longitud de alambre de Tungsteno 1 cm = 2 cal)

ΔT = Variación de la temperatura del agua (°C).

m = masa del material (g)

c) Determinación de la Densidad.

Para determinar la densidad del biocombustible que se obtuvo en forma cilíndrica se tomara las medidas de las dimensiones (diámetro y altura) para obtener el volumen de la briqueta y con la masa. Finalmente se determinará la densidad con la siguiente formula:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

ρ = Densidad (g/cm³)

m = Masa (g)

V = Volumen (cm³)

d) Determinación de la Inflamabilidad.

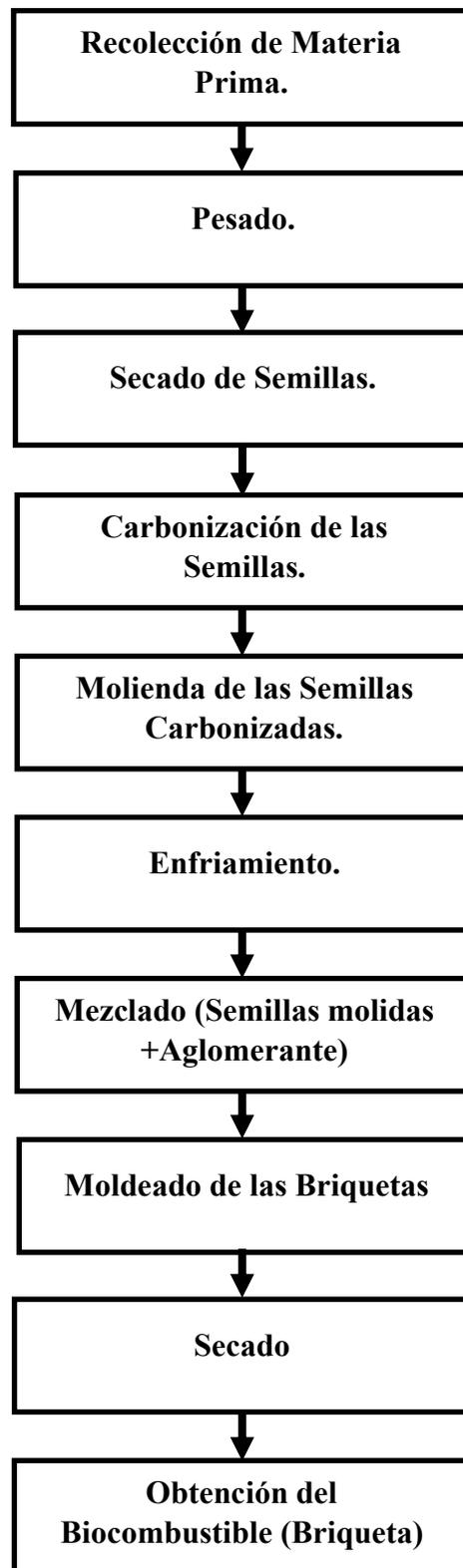
Para la determinación de la inflamabilidad se toma 5 muestras de briquetas y se coloca 1 briqueta en una luna de reloj cada una, quemar las 5 muestras al mismo tiempo y controlar el tiempo en que demora en consumirse cada briqueta por el fuego.

La diferencia del tiempo final menos el tiempo inicial es el tiempo de la inflamabilidad.

3.5.5.4. Etapas de la Elaboración del Biocombustible Sólido:

- Recolección de Materia Prima.
- Pesado
- Secado de las semillas
- Carbonización de las semillas
- Molienda de las semillas carbonizadas
- Enfriamiento
- Mezclado con el aglomerante
- Moldeado de las briquetas por prensado
- Secado de las briquetas
- Obtención del Biocombustible (Briqueta)

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA OBTENER BICOMBUSTIBLE SOLIDO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea.*



3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizaron software estadístico SPSS para realizar pruebas estadísticas paramétricas de comparación que nos permitan realizar el análisis de varianza (ANOVA) y también usamos herramientas como Microsoft Excel para analizar los datos; el cual es un programa que nos permite utilizar hojas de cálculo para el almacenamiento de datos cuantitativos, organizando la información y relacionado la con uno o más archivos, para posteriormente mostrarla en forma de gráficos y obtener una imagen científica más amplia.

3.7. ASPECTOS ÉTICOS

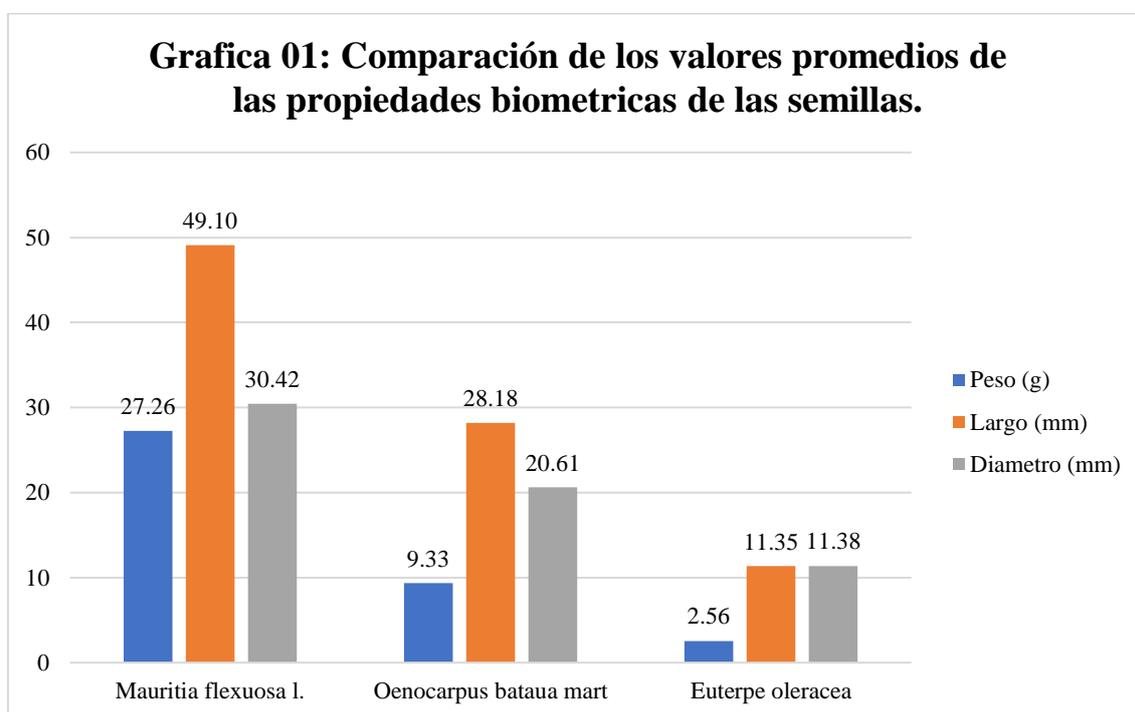
La investigación se basó en los principios éticos fundamentales, donde se respetó la autoría al citar adecuadamente los diferentes trabajos utilizados. Asimismo, se aseguró la protección de la sociedad durante todo el proceso investigativo. También en este estudio no se usó como parte de la investigación seres humanos ni animales; en ninguna fase de la investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES BIOMÉTRICAS DE LAS SEMILLAS

Tabla 2. Propiedades biométricas de las semillas

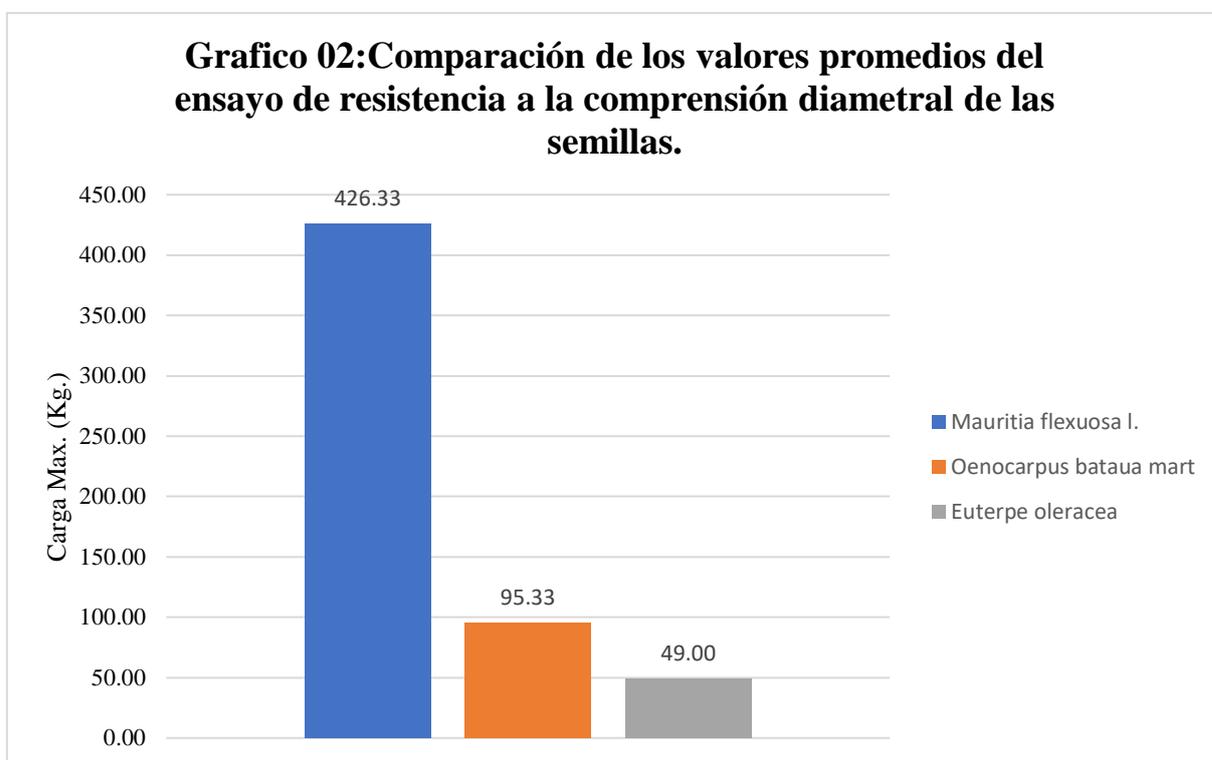
Propiedades	<i>Mauritia flexuosa l.</i>		<i>Oenocarpus bataua mart</i>		<i>Euterpe oleracea</i>	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Peso (g)	27.26	4.71	9.33	0.77	2.56	0.38
Largo (mm)	49.10	3.27	28.18	0.89	11.35	1.08
Diámetro (mm)	30.42	1.93	20.61	0.56	11.38	0.88



4.2. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS SEMILLAS

Tabla 3. Ensayo de resistencia a la compresión diametral de las semillas

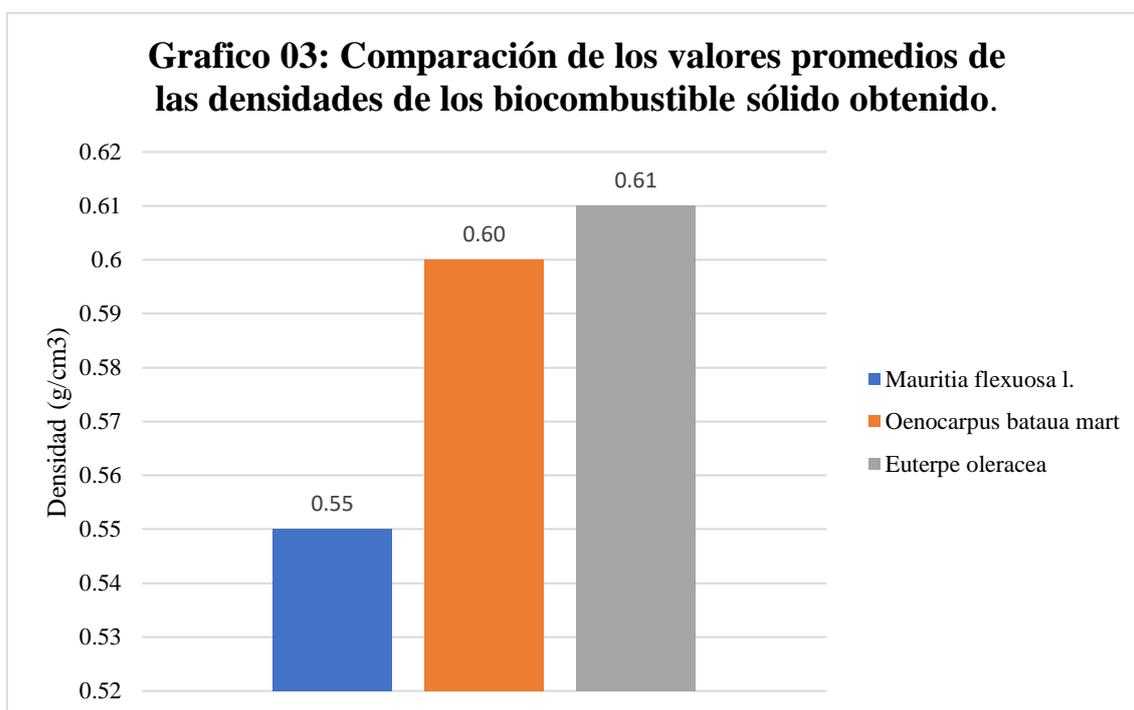
Propiedades	<i>Mauritia flexuosa l.</i>		<i>Oenocarpus bataua mart</i>		<i>Euterpe oleracea</i>	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Carga Max. (KN)	4.18	0.83	0.94	0.22	0.48	0.03
Carga Max. (Kg)	426.33	83.92	95.33	22.50	49.00	2.65



4.4. RESULTADO DE LA DENSIDAD DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SOLIDOS OBTENIDOS

Tabla 4. Densidad de los biocombustibles sólidos obtenidos

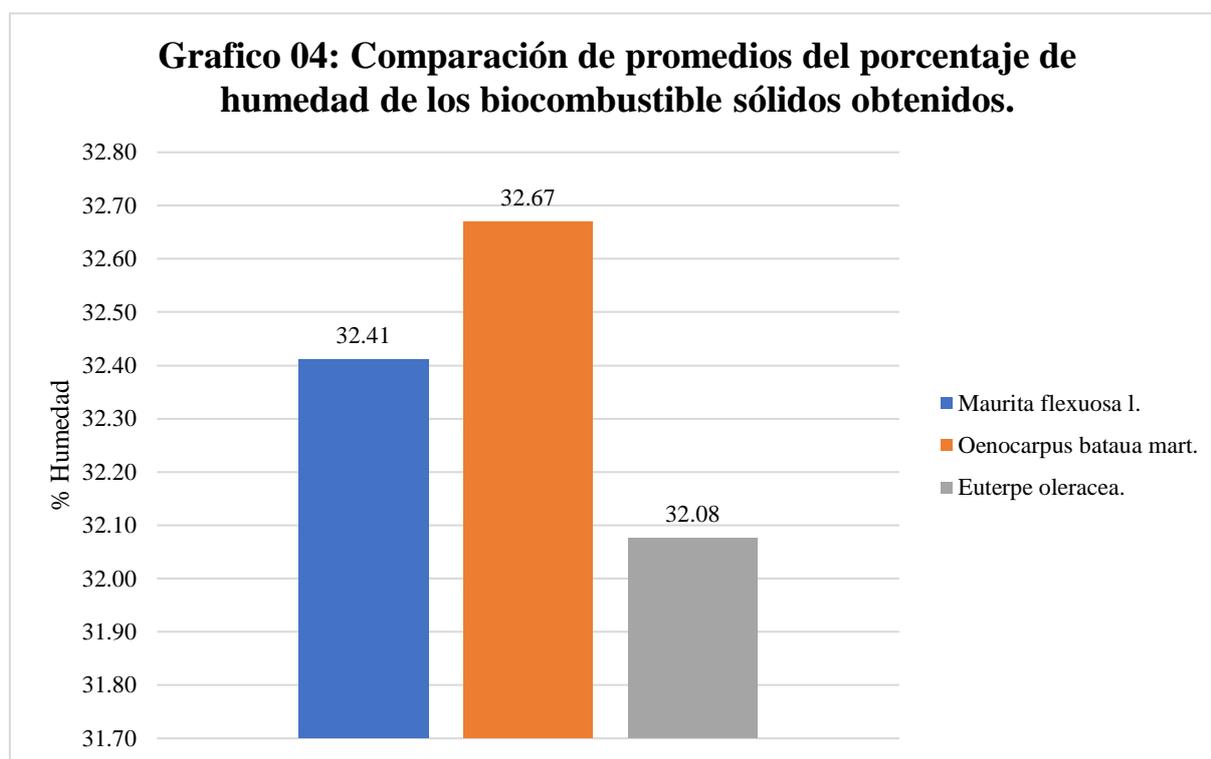
Propiedades	<i>Mauritia flexuosa l.</i>		<i>Oenocarpus bataua mart</i>		<i>Euterpe oleracea</i>	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Masa (g.)	0.92	0.04	0.91	0.02	0.92	0.01
Altura (cm)	1.35	0.04	1.22	0.04	1.25	0.04
Diámetro (cm)	1.26	0.01	1.25	0.01	1.25	0
Volumen (cm ³)	1.68	0.06	1.51	0.07	1.52	0.04
Densidad (g/cm ³)	0.55	0.01	0.60	0.02	0.61	0.02



4.3. RESULTADO DE LAS HUMEDAD DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS OBTENIDOS

Tabla 5. Humedad de los biocombustibles sólidos obtenidos

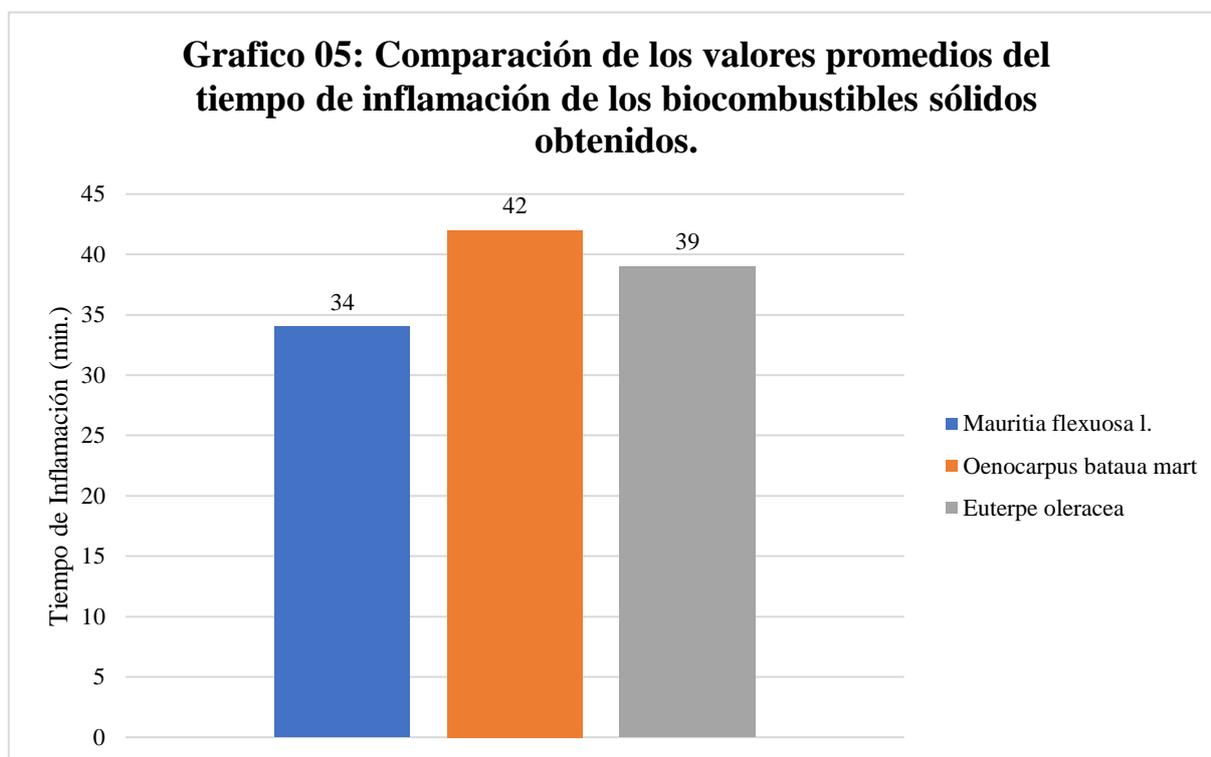
Propiedades	<i>Mauritia flexuosa l.</i>		<i>Oenocarpus bataua mart</i>		<i>Euterpe oleracea</i>	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Fracción Humedad	0.32	0.02	0.33	0.01	0.32	0.02
% Humedad	32.41	2.48	32.67	0.85	32.08	2.11



4.5. RESULTADO DEL TIEMPO DE INFLAMACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS OBTENIDOS

Tabla 6. Tiempo de Inflamación de los biocombustibles sólidos obtenidos

Propiedades	<i>Mauritia flexuosa l.</i>		<i>Oenocarpus bataua mart</i>		<i>Euterpe oleracea</i>	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Peso (g.)	0.94	0.03	0.97	0.01	0.98	0.01
Tiempo de Inflamación (min.)	34	1.14	42	1.58	39	1.22



4.6. RESULTADO DEL PODER CALORÍFICO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SOLIDOS OBTENIDOS

Tabla 7. Determinación de la variación de la temperatura del biocombustible sólido obtenido a partir de *Maurita flexuosa l.*

Tiempo (min.)	Temperatura Muestra 1	Temperatura Muestra 2	Temperatura Muestra 3	Temperatura Muestra 4	Temperatura Muestra 5
0	28.4	28.6	28.6	30.9	33.3
1	28.5	28.8	28.7	31.1	33.4
2	29.2	29.4	29.0	32.1	34.1
3	30.0	30.1	30.0	32.6	34.6
4	30.4	30.5	30.5	32.9	35.0
5	30.3	30.5	30.7	33.1	35.4
6	30.4	30.7	30.6	33.3	35.7
7	30.3	30.9	30.5	33.2	35.8
8	30.5	31.0	30.5	33.3	35.9
9	30.5	31.1	30.5	33.4	35.9
10	30.6	31.1	30.5	33.5	36.0
11	30.6	31.2	30.6	33.6	36.0
12	30.7	31.2	30.6	33.5	36.0
13	30.7	31.3	30.6	33.6	36.0
14	30.7	31.3	30.7	33.6	36.0
15	30.8	31.3	30.7	33.7	36.0
16	30.8	31.4	30.7	33.8	36.0
17	30.8	31.4	30.8	33.9	36.0
18	30.9	31.4	30.8	33.9	36.0
19	30.9	31.5	30.9	34.0	36.0

Tabla 8. Determinación de la variación de la temperatura del biocombustible sólido obtenido a partir de *Oenocarpus bataua* mart

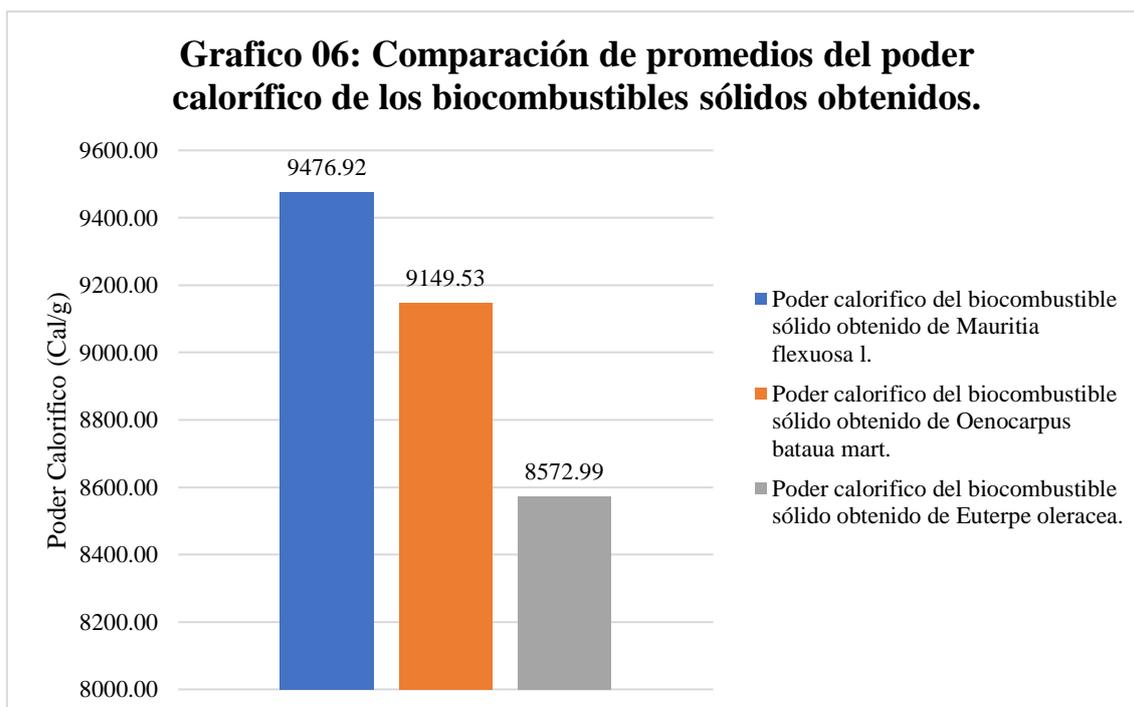
Tiempo (min.)	Temperatura Muestra 1	Temperatura Muestra 2	Temperatura Muestra 3	Temperatura Muestra 4	Temperatura Muestra 5
0	28.8	29.9	30.6	31.0	31.6
1	29.1	30.1	30.9	31.2	31.7
2	30.9	30.9	32.8	32.8	33.2
3	31.0	31.6	32.9	33.4	33.7
4	30.8	31.9	32.6	33.5	33.8
5	31.0	32.1	32.7	33.2	33.9
6	31.1	32.3	32.8	32.9	33.8
7	31.3	32.4	32.9	33.0	33.9
8	31.4	32.5	33.0	33.0	33.9
9	31.4	32.5	33.1	33.1	34.0
10	31.5	32.5	33.1	33.2	34.0
11	31.5	32.5	33.2	33.2	34.1
12	31.5	32.6	33.2	33.2	34.1
13	31.6	32.6	33.3	33.3	34.1
14	31.6	32.6	33.3	33.3	34.1
15	31.6	32.6	33.3	33.3	34.1
16	31.6	32.6	33.3	33.3	34.2
17	31.6	32.6	33.3	33.3	34.2
18	31.6	32.6	33.3	33.3	34.2
19	31.6	32.6	33.3	33.3	34.2

Tabla 9. Determinación de la variación de la temperatura del biocombustible sólido obtenido a partir de *Euterpe oleracea*

Tiempo (min.)	Temperatura Muestra 1	Temperatura Muestra 2	Temperatura Muestra 3	Temperatura Muestra 4	Temperatura Muestra 5
0	31.7	33.6	30.4	31.7	31.8
1	31.8	33.8	30.5	31.8	32.2
2	33.9	34.5	31.4	33.4	33.1
3	34.5	35.6	32.1	33.6	33.9
4	34.2	35.8	32.2	33.7	34.2
5	33.8	35.9	32.3	33.8	34.3
6	33.8	35.7	32.4	33.8	34.4
7	33.8	35.7	32.5	33.9	34.4
8	33.9	35.8	32.5	33.9	34.4
9	34.0	35.8	32.6	34.0	34.4
10	34.0	35.9	32.7	34.0	34.4
11	34.0	35.9	32.7	34.0	34.4
12	34.1	36.0	32.7	34.1	34.5
13	34.1	36.0	32.8	34.1	34.5
14	34.1	36.0	32.8	34.1	34.5
15	34.2	36.0	32.8	34.1	34.5
16	34.2	36.0	32.8	34.1	34.5
17	34.2	36.0	32.8	34.1	34.5
18	34.2	36.0	32.8	34.1	34.5
19	34.2	36.0	32.8	34.1	34.5

Tabla 10. Poder Calorífico de los biocombustibles sólidos obtenidos

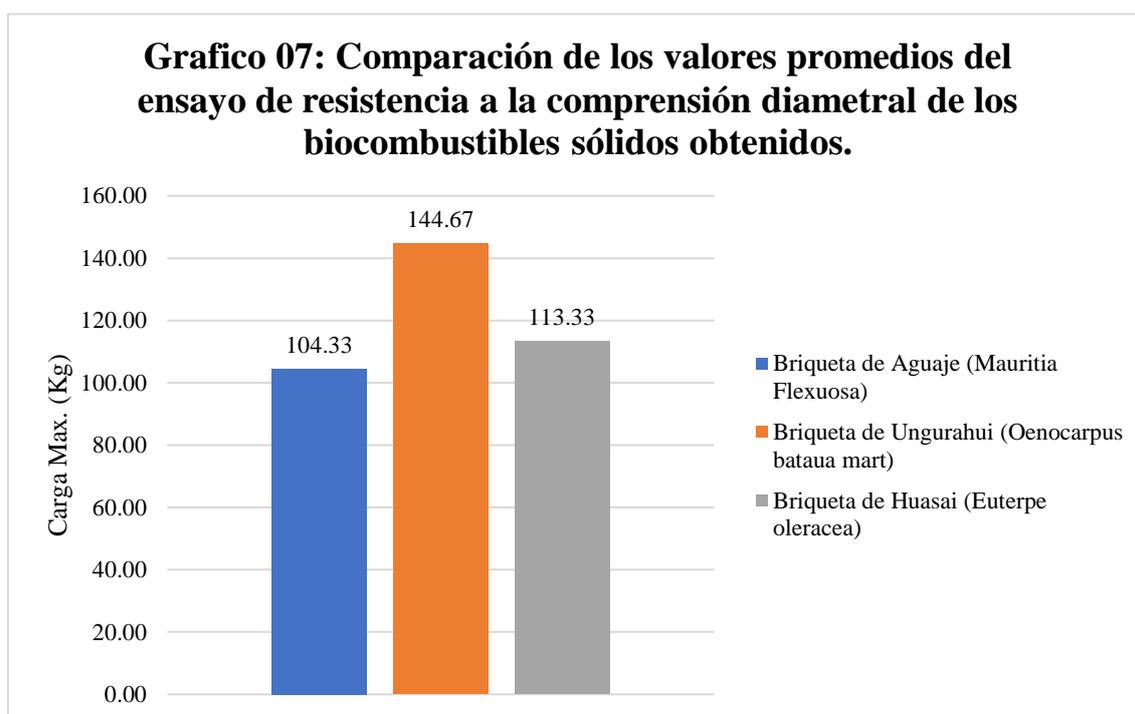
Propiedades	<i>Mauritia flexuosa l.</i>		<i>Oenocarpus bataua mart</i>		<i>Euterpe oleracea</i>	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Masa (g.)	0.86	0.08	0.86	0.02	0.87	0.01
Longitud de Alambre de Tungsteno (cm)	12.00	0.92	11.98	1.05	12.38	1.77
Calor del Fusible (Cal)	24.00	1.84	23.96	2.10	24.76	3.54
ΔT (°C)	2.70	0.32	2.62	0.19	2.48	0.13
Poder Calorífico (Cal/g)	9476.92	795.53	9149.53	459.06	8572.99	449.45



4.7. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS OBTENIDOS

Tabla 11. Ensayo de resistencia a la compresión diametral de los biocombustibles sólidos obtenidos

Propiedades	<i>Mauritia flexuosa l.</i>		<i>Oenocarpus bataua mart</i>		<i>Euterpe oleracea</i>	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
Peso (g.)	52.65	0.84	51.03	3.53	54.20	2.33
Diámetro (mm)	52.54	0.56	55.24	2.68	51.85	0.77
Altura (mm)	52.88	2.22	43.35	3.91	46.82	0.69
Carga Max. (KN)	1.02	0.26	1.42	0.33	1.11	0.17
Carga Max. (Kg)	104.33	26.86	144.67	33.98	113.33	17.79



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los valores de poder calorífico obtenidos en el biocombustible sólido de las semillas de *Mauritia flexuosa L.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. (9476.92 Kcal/Kg , 9149 Kcal/Kg , 8572.99 Kcal/Kg) Se encuentran por encima y por debajo de los rangos obtenido en otras investigaciones realizados por otros autores con materias primas diferentes, tal es el caso de estudio realizado por (flores et al, 2023) elaboraron biocombustible sólido (eco carbón) a partir de semillas frescas y secas de *Mauritia flexuosa L.*, procedente de Pucallpa y Yurimaguas cuyo poder calorífico fue de 6716.9 Cal/g. , dicho valor al igual que el encontrado por, (Pérez et al , 2022) quienes obtuvieron biocombustible sólido de cascarilla de café tuvo un poder calorífico entre 19.80 MJ/kg (4729.24 Kcal/Kg) a 19.44 MJ/Kg (4643.25 Kcal/Kg) y (Delgado et al, 2020), obtuvieron biocombustible sólido carbonizado a partir de biomasa residual del cultivo de maíz con un poder calorífico de 15.55MJ/Kg. (3714.12 Kcal/Kg), cuyos valores se encuentran por debajo de los valores encontrados en el presente trabajo, así mismo (Vásquez et al, 2021), elaboraron biocombustible sólido no carbonizado de cascara del fruto de castaña *Bertholletia excelsa* tuvo un poder calorífico de 12939 Kcal/Kg, 7581 Kcal/Kg , 4663 Kcal/Kg y (López et al, 2021), elaboraron biocombustible sólido no carbonizado a partir de residuos de frutas (cascaras de piña, naranja y cocona) cuyos poderes caloríficos fueron 9671.36 Kcal/Kg, 9551.36/Kcal/Kg , 9549,74 Kcal/Kg y 9483.4 Kcal/Kg , Dichos valores e encuentran por encima de los valores encontrados en la presente investigación. Al realizar el estudio comparativo de los valores promedio del poder calorífico del biocombustible sólido carbonizado obtenido a partir de las tres semillas utilizadas en el presente trabajo se establece que el obtenido a partir de semilla de *Mauritia flexuosa L.*, presenta el mayor poder calorífico.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Se determinó las propiedades biométricas y mecánicas de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. Los cuales se muestran en las Tablas 2, 3 y paginas 28, 29.

Se determinó y comparo la densidad de los biocombustibles solidos obtenido a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. Los mismos que se muestran en la tabla 4 y la pagina 30. Determinando que el *Euterpe oleracea* tiene una mayor densidad.

Se determinó y comparo el porcentaje de humedad de los biocombustibles solidos obtenido a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. Los mismos que se muestran en la tabla 5 y la pagina 31. Determinando que el *Oenocarpus bataua mart* tiene un mayor porcentaje de humedad.

Se determinó y comparo el tiempo de inflamación de los biocombustibles solidos obtenido a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. Los mismos que se muestran en la tabla 6 y la pagina 32. Determinando que el *Oenocarpus bataua mart* tiene un tiempo de inflamación mayor.

Se determinó y comparo el poder calorífico de los biocombustibles solidos obtenido a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. Los mismos que se muestran en la tabla 10 y la pagina 36. Determinando que el *Mauritia flexuosa l.* tiene un mayor poder calorífico.

Se determinó y comparo la resistencia de los biocombustibles solidos obtenido a partir de las semillas de *Mauritia flexuosa l.*, *Oenocarpus bataua mart* y *Euterpe oleracea*. Los mismos que se muestran en la tabla 11 y la pagina 37. Determinando que el *Oenocarpus bataua mart* tiene una mayor resistencia.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

- Se recomiendan que las semillas a utilizar deben estar en su estado de maduras completa y frescas, sin signos de degradación por demasiado tiempo exposición de medio ambiente.
- Para reducir el tiempo de secado y carbonización de las briquetas elaboradas las semillas a utilizar deben ser molidas a un tamaño adecuado.
- El aglomerante debe estar a un 5% con respecto al peso del biocombustible elaborado.
- La materia carbonizada para la elaboración del biocombustible no debe ser reducida a polvo.
- Durante la realización de las pruebas de poder calorífico en el calorímetro adiabático; el agua utilizada en el recipiente del mismo debe ser cambiado para cada prueba.

CAPITULO VIII: FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ **Basu, Prabir. 2010.** *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*. Kidlington : Academic Press, 2010. ISBN: 978-0-12-374988-8.
- ❖ **Centro Nacional de Metrología, CENAM. DUREZA - CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA.** *Centro Nacional de Metrología*. [Online] Gobierno de México. [Citado em: 26 de Setiembre de 2023.] <https://www.cenam.mx/FYP/Dureza/Dur1.aspx#:~:text=La%20dureza%20es%20una%20magnitud,rayado%20o%20penetrado%20por%20otro..>
- ❖ **Chen, Hongzhang. 2015.** *Lignocellulose Biorefinery Engineering: Principles and Applications*. Kidlington : Woodhead Publishing, 2015. ISBN 978-0-08-100145-5.
- ❖ **Cuzcano Patow , Janeth Milagros e Vela Paredes, Rafael Segundo. 2015.** Evaluación bromatológica y de antioxidantes fenólicos presentes en la pulpa de Euterpe precatoria Mart y Euterpe Oleracea Mart (Huasaí). Iquitos, Loreto, Peru : Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, 22 de Enero de 2015. p. 101.
- ❖ **Delgado, Carlos, et al. 2020.** Caracterización energética y bioeconómica de las briquetas elaboradas con biomasa residual del cultivo de maíz en Ecuador. *Energy and bioeconomic characterization of briquettes made with residual biomass from corn culture in Ecuador*. [Revista]. s.l., Venezuela : REDIELUZ, 2020. Vol. 10, 2, pp. 76-86. 2244-7334.
- ❖ **Flores, Edinson, et al. 2023.** Efecto de dos métodos artesanales de carbonización en la elaboración de carbón a partir de semillas de aguaje (*Mauritia flexuosa*). [Artículo de investigación]. Trujillo, Perú : Agroindustrial Science, 02 de 05 de 2023. Vol. 13, 1, pp. 33-41.
- ❖ **Gonzales Coral, Agustino e Torres Reyna, Guiuseppe M. 2011.** *CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO DE FRUTALES NATIVOS AMAZÓNICOS*. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Loreto : s.n., 2011. p. 137. ISBN xxx.
- ❖ **Huaman Ramos, Hermelinda, Ramirez Sucño, Mireya Marianela e Surichaqui Unchupaico, Rossy Josselin. 2021.** *Diseño y elaboración de*

briquetas ecológicas para la obtención de energía calorífica con residuos agrícolas generados en Masma Chicche, Jauja - 2021. Huancayo : Universidad Continental, 2021.

- ❖ **Huanca Ríos, Lizbeth Vanessa. 2017.** EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS A PARTIR DE RESIDUOS DE DOS MADERAS DE LA ZONA DE IQUITOS, LORETO. [Monografía]. Lima, Perú : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017. p. 22.
- ❖ **Klinghoffer, Naomi B. e Castald, Marco J. 2013.** *Waste to Energy Conversion Technology.* Cambridge : Woodhead, 2013. ISBN 978-0-85709-011-9.
- ❖ **Lopez Del Rio, Jhofre Pablo e Robalino Inuma, Moises. 2021.** OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO A PARTIR DE RESIDUOS DE FRUTA. [Tesis]. Iquitos, Loreto, Perú : s.n., Diciembre de 2021. p. 56.
- ❖ **Lujan Navarro, Mara. 2010.** “*EVALUAR LA ESTABILIDAD DE LA PRO VITAMINA A EN LA PULPA LIOFILIZADA DE TRES MORFOTIPOS DE AGUAJE (Mauritia flexuosa L.f)*”. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos : s.n., 2010. p. 97, Tesis.
- ❖ **Panagiotis, Grammelis. 2011.** *Solid Biofuels for Energy-A Lower Greenhouse Gas Alternative.* Maidstone : Springer, 2011. ISSN 1865-3529/ISBN 978-1-84996-392-3.
- ❖ **Paytán, Salvador Flores. 1997.** Cultivo de frutales nativos amazónicos: manual para el extensionista. [ed.] Tratado de Cooperación Amazónica. Lima, Perú : Secretaría pro tempore del Tratado de Cooperación Amazónica, 1997. p. 337.
- ❖ **Paz Zett, María. 2014.** MARÍA PAZ ZETT - FICHA 02/03072014. *Ficha 02 - Resistencia Estructural.* [Online] CASIOPEA, 04 de Julio de 2014. [Citado em: 26 de Setiembre de 2023.] https://wiki.ead.pucv.cl/Mar%C3%ADa_Paz_Zett_-_Ficha_02/03072014.
- ❖ **Pérez Sánchez, Melissa Andrea e Torpoco Cano, Evelyn Steffany. 2022.** Evaluación de la calidad de briquetas como biocombustible sólido, elaboradas a partir del residuo cascarilla café en el valle del monzón. Callao, Perú : Universidad Nacional del Callao, 12 de Noviembre de 2022.

- ❖ **Rivera Guitton, Damary Vanessa. 2018.** *Determinación de la viabilidad del carozo de aceituna del valle del Algarrobal, como biocombustible sólido a través de sus propiedades físico, químicas y energéticas.* Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua : s.n., 2018. p. 110, Tesis.

- ❖ **Rivera López, Héctor Andrés e Flores Ampie, Dorian Joel. 2019.** PROPIEDADES ENERGÉTICAS DE BRIQUETAS, A BASE DE ASERRIN DE PINO DURANTE LA COMBUSTIÓN, ESTELÍ, NICARAGUA PERIODO 2018-2019. [Monografía]. Estelí, Nicaragua : Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, MANAGUA., Junio de 2019. pp. 36-37.

- ❖ **Vasquez Vasquez , Jorge e Ríos Arimuya , Andreus Jhonatan. 2022.** OBTENCIÓN DE BIOCMBUSTIBLE SÓLIDO A PARTIR DE LA CÁSCARA DEL FRUTO DE CASTAÑA (BERTHOLLETIA EXCELSA). [Tesis]. Iquitos, Loreto, Perú : Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Agosto de 2022. p. 63.

- ❖ **Vertes , Alain A., et al. 2011.** *Biomass to Biofuels: Strategies for Global Industries.* USA : John Wiley and Sons, 2011. ISBN 978-0-470-51312-5.

- ❖ **Vilcano Medina, Carlos, et al. 2017.** BIOMETRÍA DE HOJAS, FRUTOS Y SEMILLAS DE MOBOLO (DIOSPYROS BLANCOI WILLD). 2 *Biometría de hojas, frutos y semillas de Maboló.* La Plata, Argentina : Facultad de Agronomía, 2017. Vol. 116, pp. 179-185.

ANEXOS

ANEXO 1: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA SEMILLA DE AGUAJE (*Mauritia flexuosa* L.)



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO OBTENIDO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE MAURITIA FLEXUOSA L., OENOCARPUS BATAUA MART Y EUTERPE OLERACEA.
ASESOR (ES) : Q.F. LEON VARGAS, FRANK ROMEL.
 ING. SUAREZ RUMICHE, JORGE ANTONIO.
SOLICITANTE (ES) : BACH. FLORES PINEDO, RUTH LILIANA.
 BACH. IPANAMA MENDOZA, JHON PATRIC.
ENTIDAD : UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA (UNAP)
FECHA : SAN JUAN, 09 DE NOVIEMBRE DE 2023.

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL

N° Mst.	Identificación	Fecha de Ensayo	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)
1	Semilla de Aguaje (Mauritia Flexuosa)	09/11/2023	3.31	338
2	Semilla de Aguaje (Mauritia Flexuosa)	09/11/2023	4.27	436
3	Semilla de Aguaje (Mauritia Flexuosa)	09/11/2023	4.96	505

OBSERVACIONES : - Para los ensayos realizados no cuenta con ninguna referencia normativa internacional y nacional.

ESPECIFICACIONES : - Las semillas se ensayaron de forma diametral para la aplicación de la carga .
 - Las semillas fueron muestreadas e identificadas por el solicitante.
 - El Laboratorio solo se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado.

DATOS DE PRENSA : Marca: FORNEY
 Modelo: LA-3626
 Serie: 2456

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TECNICAS S.A.C.
 N° de certificado: MT-LFP-177-2023
 Fecha de calibración: 31/05/2023

DATOS DE INDICADOR DE CARGA : Marca: HIWEIGHT
 Modelo: X8
 Serie: MH20200730014

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TECNICAS S.A.C.
 N° de certificado: MT-LFP-177-2023
 Fecha de calibración: 31/05/2023



St

ANEXO 2: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA SEMILLA DE UNGURAHUI (*Oenocarpus bataua mart*)



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO OBTENIDO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE MAURITIA FLEXUOSA L., OENOCARPUS BATAUA MART Y EUTERPE OLERACEA.
ASESOR (ES)	:	Q.F. LEON VARGAS, FRANK ROMEL.
SOLICITANTE (ES)	:	ING. SUAREZ RUMICHE, JORGE ANTONIO. BACH. FLORES PINEDO, RUTH LILIANA. BACH. IPANAMA MENDOZA, JHON PATRIC.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA (UNAP)
FECHA	:	SAN JUAN, 09 DE NOVIEMBRE DE 2023.

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL

N° Mst.	Identificación	Fecha de Ensayo	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)
1	Semilla de Ungurahui (<i>Oenocarpus Batua Mart</i>)	09/11/2023	0.93	95
2	Semilla de Ungurahui (<i>Oenocarpus Batua Mart</i>)	09/11/2023	1.16	118
3	Semilla de Ungurahui (<i>Oenocarpus Batua Mart</i>)	09/11/2023	0.72	73

OBSERVACIONES : - Para los ensayos realizados no cuenta con ninguna referencia normativa internacional y nacional

ESPECIFICACIONES : - Las semillas se ensayaron de forma diametral para la aplicación de la carga .
- Las semillas fueron muestreadas e identificadas por el solicitante.
- El Laboratorio solo se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado.

DATOS DE PRENSA : Marca: FORNEY
Modelo: LA-3626
Serie: 2456

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.
N° de certificado: MT-LFP-177-2023
Fecha de calibración: 31/05/2023

DATOS DE INDICADOR DE CARGA : Marca: HIWEIGHT
Modelo: X8
Serie: MH20200730014

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.
N° de certificado: MT-LFP-177-2023
Fecha de calibración: 31/05/2023



St

ANEXO 3: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA SEMILLA DE HUASAI (*Euterpe oleracea*)



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS : COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO OBTENIDO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE MAURITIA FLEXUOSA L., OENOCARPUS BATAUA MART Y EUTERPE OLERACEA.

ASESOR (ES) : Q.F. LEON VARGAS, FRANK ROMEL.
 ING. SUAREZ RUMICHE, JORGE ANTONIO.

SOLICITANTE (ES) : BACH. FLORES PINEDO, RUTH LILIANA.
 BACH. IPANAMA MENDOZA, JHON PATRIC.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA (UNAP)

FECHA : SAN JUAN, 09 DE NOVIEMBRE DE 2023.

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL

N° Mst.	Identificación	Fecha de Ensayo	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)
1	Semilla de Huasai (<i>Euterpe Oleracea</i>)	09/11/2023	0.51	52
2	Semilla de Huasai (<i>Euterpe Oleracea</i>)	09/11/2023	0.47	48
3	Semilla de Huasai (<i>Euterpe Oleracea</i>)	09/11/2023	0.46	47

OBSERVACIONES : - Para los ensayos realizados no cuenta con ninguna referencia normativa internacional y nacion

ESPECIFICACIONES : - Las semillas se ensayaron de forma diametral para la aplicación de la carga .
 - Las semillas fueron muestreadas e identificadas por el solicitante.
 - El Laboratorio solo se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado.

DATOS DE PRENSA : Marca: FORNEY
 Modelo: LA-3626
 Serie: 2456

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TECNICAS S.A.C.
 N° de certificado: MT-LFP-177-2023
 Fecha de calibración: 31/05/2023

DATOS DE INDICADOR DE CARGA : Marca: HIWEIGHT
 Modelo: X8
 Serie: MH20200730014

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TECNICAS S.A.C.
 N° de certificado: MT-LFP-177-2023
 Fecha de calibración: 31/05/2023



JS

ANEXO 4: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA BRIQUETA DE AGUAJE (*Mauritia flexuosa* L.)



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO OBTENIDO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE MAURITIA FLEXUOSA L., OENOCARPUS BATAUA MART Y EUTERPE OLERACEA.
ASESOR (ES)	:	Q.F. LEÓN VARGAS, FRANK ROMEL. ING. SUAREZ RUMICHE, JORGE ANTONIO.
SOLICITANTE	:	BACH. FLORES PINEDO, RUTH LILIANA. BACH. IPANAMA MENDOZA, JHON PATRIC.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA (UNAP)
FECHA	:	SAN JUAN, 01 DE MARZO DE 2024.

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL

N° Mst.	Identificación	Fecha de Ensayo	Peso (gr)	Diam. (mm)	Alt. (mm)	Carga Max.(K N)	Carga Max.(Kg)
1	Briqueta de Aguaje (Mauritia Flexuosa)	01/03/2024	51.711	53.13	53.8	0.83	85
2	Briqueta de Aguaje (Mauritia Flexuosa)	01/03/2024	52.884	52.48	50.35	1.32	135
3	Briqueta de Aguaje (Mauritia Flexuosa)	01/03/2024	53.350	52.02	54.49	0.91	93

OBSERVACIONES - Para los ensayos realizados no cuenta con ninguna referencia normativa internacional y nacional.

ESPECIFICACIONES - Las semillas se ensayaron de forma diametral para la aplicación de la carga .
- Las semillas fueron muestreadas e identificadas por el solicitante.
- El Laboratorio solo se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado.

DATOS DE PRENSA : Marca: FORNEY
Modelo: LA-3626
Serie: 2456

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TECNICAS S.A.C.
N° de certificado: MT-LFP-177-2023
Fecha de calibración: 31/05/2023

DATOS DE INDICADOR DE : Marca: HIWEIGHT
Modelo: X8
Serie: MH20200730014

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TECNICAS S.A.C.
N° de certificado: MT-LFP-177-2023
Fecha de calibración: 31/05/2023



ANEXO 5: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA BRIQUETA DE UNGURAHUI (*Oenocarpus bataua mart*)



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO OBTENIDO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE MAURITIA FLEXUOSA L., OENOCARPUS BATAUA MART Y EUTERPE OLERACEA.
ASESOR (ES)	:	Q.F. LEON VARGAS, FRANK ROMEL. ING. SUAREZ RUMICHE, JORGE ANTONIO.
SOLICITANTE	:	BACH. FLORES PINEDO, RUTH LILIANA. BACH. IPANAMA MENDOZA, JHON PATRIC.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA (UNAP)
FECHA	:	SAN JUAN, 01 DE MARZO DE 2024.

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL

N° Mst.	N° Mst.	Fecha de Ensayo	Peso (gr)	Diam. (mm)	Alt. (mm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)
1	Briqueta de Ungurahui (<i>Oenocarpus Bataua Mart</i>)	01/03/2024	54.506	55.92	47.69	1.05	107
2	Briqueta de Ungurahui (<i>Oenocarpus Bataua Mart</i>)	01/03/2024	51.147	52.29	42.23	1.70	173
3	Briqueta de Ungurahui (<i>Oenocarpus Bataua Mart</i>)	01/03/2024	47.443	57.52	40.12	1.51	154

OBSERVACIONES - Para los ensayos realizados no cuenta con ninguna referencia normativa internacional y nacional.

ESPECIFICACIONES

- Las semillas se ensayaron de forma diametral para la aplicación de la carga .
- Las semillas fueron muestreadas e identificadas por el solicitante.
- El Laboratorio solo se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado.

DATOS DE PRENSA :

Marca: FORNEY
Modelo: LA-3626
Serie: 2456

DATOS DE CALIBRACIÓN :

Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.
N° de certificado: MT-LFP-177-2023
Fecha de calibración: 31/05/2023

DATOS DE INDICADOR DE C. :

Marca: HIWEIGHT
Modelo: X8
Serie: MH20200730014

DATOS DE CALIBRACIÓN :

Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.
N° de certificado: MT-LFP-177-2023
Fecha de calibración: 31/05/2023



ANEXO 6: ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL DE LA BRIQUETA DE HUASAI (*Euterpe oleracea*)



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESIS	:	COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO OBTENIDO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE MAURITIA FLEXUOSA L., OENOCARPUS BATAUA MART Y EUTERPE OLERACEA.
ASESOR (ES)	:	Q.F. LEON VARGAS, FRANK ROMEL. ING. SUAREZ RUMICHE, JORGE ANTONIO.
SOLICITANTE	:	BACH. FLORES PINEDO, RUTH LILIANA. BACH. IPANAMA MENDOZA, JHON PATRIC.
ENTIDAD	:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA (UNAP)
FECHA	:	SAN JUAN, 01 DE MARZO DE 2024.

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAMETRAL

N° Mst.	N° Mst.	Fecha de Ensayo	Peso (gr)	Diam. (mm)	Alt. (mm)	Carga Max.(K N)	Carga Max.(Kg)
1	Briqueta de Huasai (<i>Euterpe Oleracea</i>)	01/03/2024	51.521	51.1	46.59	1.26	129
2	Briqueta de Huasai (<i>Euterpe Oleracea</i>)	01/03/2024	55.387	52.64	46.28	1.15	117
3	Briqueta de Huasai (<i>Euterpe Oleracea</i>)	01/03/2024	55.701	51.8	47.6	0.92	94

OBSERVACIONES - Para los ensayos realizados no cuenta con ninguna referencia normativa internacional y nacional.

ESPECIFICACIONES - Las semillas se ensayaron de forma diametral para la aplicación de la carga .
- Las semillas fueron muestreadas e identificadas por el solicitante.
- El Laboratorio solo se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado.

DATOS DE PRENSA : Marca: FORNEY
Modelo: LA-3626
Serie: 2456

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.
N° de certificado: MT-LFP-177-2023
Fecha de calibración: 31/05/2023

DATOS DE INDICADOR DE C/ : Marca: HIWEIGHT
Modelo: X8
Serie: MH20200730014

DATOS DE CALIBRACIÓN : Empresa: METROTEC - METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.
N° de certificado: MT-LFP-177-2023
Fecha de calibración: 31/05/2023



ANEXO 7: PROCESO DE OBTENCIÓN DE LAS BRIQUETAS A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE AGUAJE (*Mauritia flexuosa* L.), UNGURAHUI (*Oenocarpus bataua* Mart) Y HUASAI (*Euterpe oleracea*)

Figura 01: Preparación del material.



Figura 02: Realización de biometría de las semillas

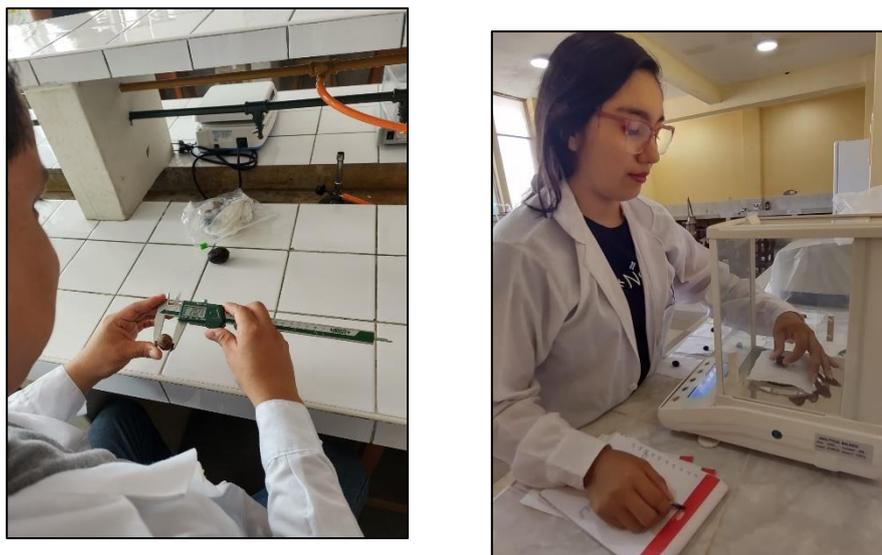


Figura 03: Ensayo de compresión diametral de las semillas.



Figura 04: Secado de las semillas.



Figura 05: Carbonizado y molido de las semillas.



Figura 06: Mescla del aglomerante con el carbón y moldeado para una muestra de 1 g.

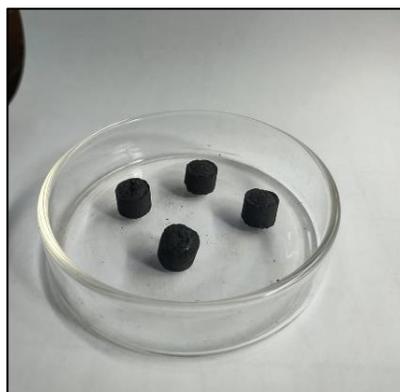


Figura 07: Preparación, obtención y prueba de compresión diametral de la Briqueta de 54 g.



ANEXO 8: CARACTERIZACIÓN FÍSICAS DE LAS BRIQUETAS

Figura 08: Prueba para poder calcular el poder calorífico.



Figura 09: Prueba de Inflamabilidad.

