



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE RESIDUOS
AGROINDUSTRIALES DE TUSA DE MAÍZ Y CÁSCARA DE PAPA
ENRIQUECIDAS CON NANOESFERAS DE CELULOSA COMO
OPCIÓN VIABLE EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: MELANNY CRISTINA GUEVARA SANANDRÉS

DIRECTOR: Ing. MABEL MARIELA PARADA RIVERA MSc.

Riobamba-Ecuador

2022

©2021, Melanny Cristina Guevara Sanandrés

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Melanny Cristina Guevara Sanandrés, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de diciembre 2022.

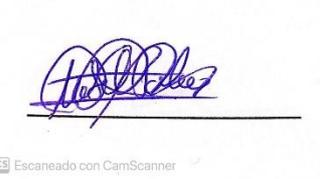
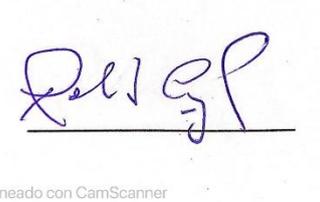


Melanny Cristina Guevara Sanandrés

CI:060378194-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE TUSA DE MAÍZ Y CÁSCARA DE PAPA ENRIQUECIDAS CON NANOESFERAS DE CELULOSA COMO OPCIÓN VIABLE EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN**, realizado por el señorita **MELANNY CRISTINA GUEVARA SANANDRÉS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Segundo Hugo Calderón MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.	 <small>Escaneado con CamScanner</small>	2022-12-19
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 <small>Escaneado con CamScanner</small>	2022-12-19
Dr. Robert Alcides Cazar Ramírez. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 <small>Escaneado con CamScanner</small>	2022-12-19

DEDICATORIA

A Dios por guiarme durante todo este proceso, pero sobre todo a mis padres Diego y Renata que han sido mi pilar fundamental durante toda mi carrera gracias por todo el amor, confianza y el apoyo incondicional que me han brindado, esto es por y para ustedes. A mi compañero de vida, mi hermano Juan Diego que me ha motivado en cada momento de este periodo. A toda mi familia en especial a mis hermanas de corazón Karina, Jhoseline, Michelle y a mi mejor amiga Ariana que han estado presentes animándome y apoyándome de una u otra manera durante todo este camino.

Al Ing. Marco Chuiza porque más que un docente es un amigo.

Y, por último, a esos amigos de desvelos, risas y anécdotas que esta carrera me regalo especialmente a Karito, los llevo en mi corazón gracias por hacer de este proceso la mejor etapa de mi vida.

Melanny

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitir mi formación académica en sus instalaciones.

Al grupo de investigación GIMA por su colaboración y apertura para formar parte de ellos.

A mi directora de tesis la Ing. Mabel Parada y al Dr. Robert Cazar gracias por brindarme su apoyo, compartir su conocimiento, pero sobre todo gracias por confiar en mi para realizar con éxito este trabajo.

A todos los docentes y técnicos de laboratorio de la carrera de Ingeniería Química que han estado presentes durante mi formación académica y que gracias a sus conocimientos me permitieron formarme personal y profesionalmente.

Melanny

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones	3
1.2.1. <i>Limitaciones</i>	3
1.2.2. <i>Delimitaciones</i>	3
1.3. Problema general de investigación	3
1.4. Problemas específicos de investigación	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.6. Justificación	4
1.6.1. <i>Justificación teórica</i>	4
1.6.2. <i>Justificación metodológica</i>	5
1.6.3. <i>Justificación práctica</i>	6
1.7. Hipótesis	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de investigación	7
2.2. Referencias teóricas	10
2.2.1. <i>Maíz</i>	10

2.2.2. <i>Papa</i>	11
2.2.3. <i>Residuos agroindustriales</i>	12
2.2.3.1. <i>Origen de los residuos agroindustriales</i>	12
2.2.4. <i>Biomasa</i>	13
2.2.4.1. <i>Ciclo de la biomasa</i>	13
2.2.4.2. <i>Tipos de biomasa</i>	14
2.2.4.3. <i>Características energéticas de la biomasa</i>	16
2.2.5. <i>Celulosa</i>	16
2.2.5.1. <i>Principales fuentes</i>	17
2.2.6. <i>Hemicelulosa</i>	18
2.2.7. <i>Lignina</i>	18
2.2.8. <i>Nanocelulosa</i>	18
2.2.8.1. <i>Procedimientos de extracción</i>	19
2.2.8.2. <i>Aplicaciones</i>	21
2.2.9. <i>Calorimetría</i>	22
2.2.10. <i>Poder calorífico</i>	22
2.2.11. <i>Bomba calorimétrica</i>	22
2.2.12. <i>Briquetas</i>	23
2.2.12.1. <i>Procesos de fabricación</i>	23

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	25
3.1. Enfoque de investigación	25
3.2. Nivel de investigación	25
3.3. Diseño de investigación	25
3.3.1. <i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	25
3.3.2. <i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	26
3.4. Tipo de estudio y diseño experimental	26
3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	27
3.5.1. <i>Población</i>	27
3.5.2. <i>Selección de la muestra</i>	27
3.5.3. <i>Cálculo del tamaño de la muestra</i>	27
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	28
3.6.1. <i>Preparación de la muestra</i>	28
3.6.2. <i>Análisis proximal de biomasa</i>	29
3.6.2.1. <i>Porcentaje de humedad</i>	29

3.6.2.2. <i>Porcentaje de cenizas</i>	30
3.6.2.3. <i>Análisis de C, H, O, N, S</i>	31
3.6.3. <i>Obtención de nanocelulosa</i>	31
3.6.4. <i>Caracterización de la nanocelulosa</i>	32
3.6.4.1. <i>Espectroscopia Infrarroja</i>	32
3.6.4.2. <i>Microscopía electrónica de barrido</i>	32
3.6.5. <i>Determinación del poder calorífico</i>	32
3.6.6. <i>Fabricación de briquetas</i>	34

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	36
4.1. Cálculos y resultados	36
4.1.1. Cálculos	36
4.1.1.1. <i>Cálculo del porcentaje de humedad</i>	36
4.1.1.2. <i>Cálculo del porcentaje de cenizas</i>	36
4.1.1.3. <i>Cálculo de la determinación de la capacidad calórica de la bomba calorimétrica</i>	36
4.1.1.4. <i>Cálculo de la determinación del poder calorífico</i>	37
4.1.2. Resultados	37
4.1.2.1. <i>Resultados del porcentaje de humedad</i>	37
4.1.2.2. <i>Resultados del porcentaje de cenizas</i>	38
4.1.2.3. <i>Resultados del análisis de C, H, O, N, S</i>	38
4.1.2.4. <i>Resultados de la caracterización de la nanocelulosa</i>	39
4.1.2.5. <i>Resultados de la determinación del poder calorífico</i>	40
4.1.2.6. <i>Resultados de la fabricación de briquetas</i>	43
4.2. Discusión de resultados	44
4.2.1. <i>Porcentaje de humedad</i>	44
4.2.2. <i>Porcentaje de cenizas</i>	44
4.2.3. <i>Caracterización de nanocelulosa</i>	45
4.2.3.1. <i>Espectroscopia infrarroja</i>	45
4.2.3.2. <i>Microscopía electrónica de barrido</i>	45
4.2.4. <i>Determinación de poder calorífico sin nanocelulosa</i>	45
4.2.5. <i>Determinación de poder calorífico con nanocelulosa</i>	46
4.2.6. <i>Comparación bibliográfica de biomasa enriquecida con nanocelulosa frente a otras biomásas</i>	46
4.3. Prueba de hipótesis	47
CONCLUSIONES	49

RECOMENDACIONES	50
------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Antecedentes de investigación.....	9
Tabla 2-2: Tipos de biomasa según su composición.....	15
Tabla 1-3: Porcentaje de residuos agroindustriales.....	26
Tabla 2-3: Composición de la biomasa con nanocelulosa	26
Tabla 3-3: Composición de biomasa.....	27
Tabla 4-3: Tamaño de la muestra.....	27
Tabla 5-3: Preparación de la muestra.....	28
Tabla 6-3: Proceso de obtención de porcentaje de humedad	29
Tabla 7-3: Proceso de obtención del porcentaje de cenizas	30
Tabla 8-3: Proceso para el análisis de C H O N S	31
Tabla 9-3: Proceso para la obtención de nanocelulosa	31
Tabla 10-3: Proceso para la determinación del poder calorífico.....	32
Tabla 1-4: Resultados de porcentaje de humedad.....	37
Tabla 2-4: Resultados de porcentaje de cenizas.....	38
Tabla 3-4: Resultados de C H O N S.	38
Tabla 4-4: Resultados de poder calorífico sin nanocelulosa.....	40
Tabla 5-4: Resultados con 15% de nanocelulosa.....	41
Tabla 6-4: Resultados con 30% de nanocelulosa.....	41
Tabla 7-4: Resultados con 45% de nanocelulosa.....	42
Tabla 8-4: Parámetros de briquetas fabricadas	44
Tabla 9-4: Poder calorífico con nanocelulosa.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Mazorca de maíz.....	11
Ilustración 2-2: Variedades de papa.....	12
Ilustración 3-2. Ciclo de la biomasa.....	14
Ilustración 4-2. Tipos de biomasa.....	14
Ilustración 5-2: Estructura de la celulosa.....	17
Ilustración 7-2: Bomba calorimétrica.....	23
Ilustración 1-3. Etapas de la investigación.....	28
Ilustración 2-3. Proceso para la fabricación de briquetas.....	34
Ilustración 3-3: (a) Presión ligera a la mezcla (b) Verificación.....	35
Ilustración 1-4: Espectroscopia infrarroja de la nanocelulosa.....	39
Ilustración 2-4: Imágenes SEM de la nanocelulosa.....	40
Ilustración 3-4. Comparación entre experimentos con diferentes porcentajes de.....	43
Ilustración 4-4: Briquetas de tusa de maíz y cáscara de papa.....	43

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE TUSA DE MAÍZ Y CÁSCARA DE PAPA ENRIQUECIDAS CON NANOESFERAS DE CELULOSA COMO OPCIÓN VIABLE EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el poder calorífico de los residuos agroindustriales de tusa de maíz y cáscara de papa enriquecidas con nanoesferas de celulosa. Este proceso se lo realizó de manera sistemática, en primer lugar, se obtuvo por separado la biomasa de los materiales antes nombrados mediante un proceso de secado, molienda y tamizado, posteriormente se realizaron 3 mezclas con diferentes proporciones de cada material para después determinar el poder calorífico de cada una, el mayor poder calorífico fue de 41,994 KJ/g este valor lo presentó la mezcla de 70% tusa de maíz y 30% cáscara de papa. En cuanto a la obtención de nanoesferas de celulosa se utilizó un molino mezclador en el cual se redujo el tamaño de partícula de la celulosa. A continuación, se añadió la nanocelulosa en porcentajes de 15%, 30% y 45% a la mezcla antes elegida y se procedió a realizar dos experimentos de cada muestra para así determinar el poder calorífico. Con los dos porcentajes no se notó un aumento en el poder calorífico, mientras que al añadir 45% de nanocelulosa se obtuvo un poder calorífico de 42,880 KJ/g un incremento que no es significativo al momento de comparar el porcentaje de nanocelulosa que se añadió. Para finalizar se fabricó briquetas con la mezcla que presentó este poder calorífico alto. Se recomienda realizar la caracterización de la materia prima y obtener valores bajos del porcentaje de humedad ya que de esta manera el poder calorífico será mucho más alto.

Palabras clave: <BIOMASA>, <TUSA DE MAÍZ>, <CÁSCARA DE PAPA>, <NANOCELULOSA>, < PODER CALORIFICO>.

0151-DBRA-UPT-2023



Escaneado con CamScanner

ABSTRACT

The objective of this study dealt with determining the calorific value of agro-industrial residues of corn stover and potato peel enriched with cellulose nanospheres. This process was carried out in a systematic way, first, the biomass of the above mentioned materials was obtained separately through a process of drying, grinding and sieving, then 3 mixtures were made with different proportions of each material to then determine the calorific value of each one, the highest calorific value was 41,994 KJ/g, this value was presented by the mixture of 70% corn stover and 30% potato peel. In order to obtain cellulose nanospheres, a mixer mill was used to reduce the particle size of the cellulose. Then, the nanocellulose was added in percentages of 15%, 30% and 45% to the mixture previously chosen and two experiments were carried out with each sample to determine the calorific value. With the two percentages, no increase in the calorific value was noted, while the addition of 45% nanocellulose resulted in a calorific value of 42,880 KJ/g, an increase that is not significant when comparing the percentage of the nanocellulose added. Finally, briquettes were manufactured with the mixture that presented this high calorific value. It is recommended to carry out the characterization of the raw material and to obtain low values of the percentage of humidity since in this way the calorific value will be much higher.

Key words: <BIOMASS>, <CORN COB>, <POTATO SHELL>, <NANOCELLULOSE>, <CALORIFIC POWER>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs

Ced. 1103696132

 Escaneado con CamScanner

INTRODUCCIÓN

Debido que durante años el uso de combustibles fósiles ha incrementado, la sociedad se ha empeñado en buscar diferentes alternativas para reemplazar a estos combustibles impulsando así a la investigación de biocombustibles. Estos combustibles amigables con el medio ambiente deben cumplir con diferentes características como por ejemplo ser obtenidos de materia que sea renovable para poderlos fabricarlos sin ningún problema, otra característica clave sería que el monto para elaborarlos no sea demasiado costoso o por lo menos no sea mayor al de los combustibles fósiles pero sin duda la principal característica sería la cantidad de calor que se puede obtener de este combustible para analizar si es viable su uso en tareas claves para la sociedad.

Por esta razón, en el presente proyecto de investigación se pretende utilizar una biomasa preparada con cáscara de papa, tusa de maíz y enriquecida con nanocelulosa. La utilización de residuos orgánicos tiene la finalidad de mitigar otra problemática que aqueja a la sociedad y al medio ambiente, que es el de la generación de residuos agroindustriales, se debe considerar que el desecho de estos residuos también genera un costo para las industrias y en algunos casos no se lo realiza de la mejor manera creando así una contaminación para el medio ambiente.

Se decidió emplear la nanocelulosa para potencializar la biomasa debido a que este material presenta propiedades únicas y diferentes que se aprovecharán al máximo como un biocombustible, además de tener una resistencia 8 veces mayor al acero, ser ligero y un buen conductor de la electricidad este material presenta una gran estabilidad con relación a los cambios de temperatura. La disponibilidad de celulosa y más adelante de nanocelulosa no implica un problema ya que este material se encuentra en todas las plantas, así como en residuos agroindustriales haciéndolo un recurso renovable.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Debido al cambio climático que en los últimos años se ha venido evidenciando en el planeta, la búsqueda de energías renovables y que produzcan menor gases de efecto invernadero se ha convertido en prioridad para diferentes empresas, científicos y proyectos de investigación. En el Ecuador el uso de diésel, gasolina y GLP representa el 82% de la matriz energética del país y como es de conocimiento estos combustibles son los que causan emisiones contaminantes y son una fuente no renovable del Ecuador.

Una de las alternativas de combustible que en los últimos años se ha estado estudiando y en algunas partes del país se utiliza, son los biocombustibles los cuales se extraen de diferentes recursos orgánicos como por ejemplo la caña de azúcar, la evaluación en los aspectos económico, social, ambiental, institucional y político es de gran importancia ya que de esta manera se evidencia la viabilidad de esta alternativa. Los precios elevados y el agotamiento acelerado de los combustibles fósiles son algunas de las razones por las cuales diferentes países y entre ellos el Ecuador busquen su autosuficiencia energética. La idea de poner en práctica estas energías no es solo en beneficio del medio ambiente, supone también la mitigación de los residuos orgánicos que se desechan diariamente y no cumplen ninguna funcionalidad en pro con la población (Villa et al., 2021. pp.3-8)

La implementación de diversas alternativas de energía se va evidenciando con el paso del tiempo un ejemplo de esto es la instalación de un biodigestor con el cual no solo genera biogás sino también abono orgánico, a nivel de mercados y camales de las ciudades grandes del Ecuador existe una problemática con el manejo integral de los residuos orgánicos, este equipo trabaja con estos residuos y los resultados obtenidos son en beneficio del mismo establecimiento, esta idea se ejecutó en la provincia de Pichincha una de las más grandes del Ecuador (Casanova et al., 2022, pp.5-10).

Es por lo que en el presente proyecto de investigación se desea obtener una alternativa viable tanto químicamente como económicamente, la producción de diferentes residuos agroindustriales proporciona esta posibilidad, la selección de los componentes de la biomasa se lo realizó en base a que en el Ecuador la producción de residuos en procesadoras de maíz es alta. En la región Sierra se conoce que la papa es un producto que se consume en gran cantidad es por esto por lo que se tomó como opción la cáscara de papa como uno de los componentes de la biomasa. Al combinar esta biomasa con nanoesferas de celulosa se pretende obtener un poder calorífico efectivo para

así poder reemplazar los combustibles comúnmente utilizados por la población y de esta manera reducir los impactos sobre el medio ambiente que estos producen.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

1.2.1. Limitaciones

- La recolección de la cáscara de papa representa en cierto porcentaje una limitación ya que no siempre se realiza una limpieza de la papa antes de someterla al proceso de pelado.
- La molienda de la tusa de maíz al ser un material más grueso y su dureza es alta en comparación con la cáscara de papa se necesita de un molino con una tolva y capacidad más grande que con el que se cuenta en la Facultad de Ciencias.
- La incorporación de nanocelulosa en el estudio es de suma importancia, por esta razón su obtención es fundamental, al no disponer de este equipo esto representa una limitación para el proyecto
- Para la determinación del poder calorífico es necesario una bomba calorimétrica que no se encuentra en la Facultad de Ciencias y para acceder a él se debe contar con un permiso obligatorio.

1.2.2. Delimitaciones

Para realizar el presente proyecto se analizará solamente la cáscara de papa y tusa de maíz como fuente de biomasa, determinando así características como humedad, cenizas, la cantidad de carbono que cada biomasa presenta. Dentro del estudio de esta biomasa se incluye la nanocelulosa como aditivo para aumentar el poder calorífico.

1.3. Problema general de investigación

¿La combinación de nanoesferas de celulosa con la biomasa generada con tusa de maíz y cáscara de papa permitirá el aumento de su poder calorífico?

1.4. Problemas específicos de investigación

¿Con la determinación del análisis bromatológico de la biomasa generada con tusa de maíz y cáscara de papa enriquecida con nanoesferas de celulosa se podrá identificar la influencia en el poder calorífico?

¿La sintetización de partículas será el método adecuado para la obtención de nanocelulosa?

¿La biomasa de tusa de maíz y cáscara de papa tendrá un diferente poder calorífico dependiendo del porcentaje de nanoesferas de celulosa que se le adicione a la mezcla?

¿La producción de biomasa de tusa de maíz y cáscara de papa con nanocelulosa es una alternativa de energía en comparación a fuentes de combustible comúnmente utilizadas?

¿Con la fabricación de briquetas a base de la biomasa obtenida la determinación del poder calorífico se realizará de manera óptima?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar el poder calorífico de residuos agroindustriales de tusa de maíz y cáscara de papa enriquecidas con nanoesferas de celulosa como opción viable en procesos de combustión.

1.5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la biomasa de la tusa de maíz y cáscara de papa mediante análisis proximal.
- Obtención de nanocelulosa por medio de la sintetización de partículas.
- Determinar el poder calorífico generado por la biomasa de tusa de maíz y cáscara de papa con diferentes porcentajes de nanoesferas de celulosa.
- Comparar el poder calorífico de la biomasa de la tusa de maíz y cáscara de papa enriquecida con nanoesferas de celulosa con otras biomásas obtenidas en diferentes estudios ya realizados.
- Fabricar briquetas a base de biomasa de tusa de maíz, cáscara de papa y nanoesferas de celulosa.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación teórica

Desde la evidente subida en el precio de combustibles fósiles y el cambio climático, uno de los objetivos de la Química Verde es la sustitución de estos combustibles por fuentes de energía renovables, desde este punto de vista la investigación de la biomasa se ha expandido de tal manera que en la actualidad se puede establecer una clasificación en la producción de biocombustibles siendo estos de 1ra, 2da, 3ra y 4ta generación. Las principales diferencias entre estas es primero su proceso de producción y segundo la materia con la cual se va a trabajar se debe tener en cuenta que las dos últimas se encuentran en modelos de investigación. Pero esta es la prueba de que la

biomasa tratada por diferentes procesos químicos tiene como resultado biocombustibles en estado sólido, líquido y gaseoso, que difieren en su manera de almacenamiento pero que cumplen con la definición de energía limpia para el medio ambiente.

El grupo de investigación GIMA tiene como principal propósito encontrar y desarrollar una técnica óptima para la obtención de biocombustibles, de aquí nace la idea de indagar que residuos agroindustriales se pueden producir en cantidades significativas, su composición química sea la adecuada y de lo contrario conocer que tratamientos se deben seguir para adaptar esta materia, y en el caso de este proyecto en específico buscar una opción que potencie el poder calorífico.

Debido a los problemas mencionados con anterioridad la investigación de diferentes biomasa conformadas por distintos elementos ya ha sido estudiada, en el caso del poder calorífico del maíz y la papa, estudios realizados en diferentes sectores de la sierra ecuatoriana señalan que el poder calorífico determinado de los residuos de papa es de 15571.67 MJ/tn y en el caso del maíz 15293.44 MJ/tn (Vargas y Pérez, 2018: pp.59–72) estos valores considerando la gran magnitud de la cosecha, nos sirve como un referente para poder obtener un poder calorífico mayor al obtenido en estos estudios ya que el principal objetivo del proyecto de investigación presente es obtener un poder calorífico mayor a este mediante al enriquecimiento de nanocelulosa.

1.6.2. Justificación metodológica

Para la determinación del poder calorífico existen factores sumamente importantes como es la humedad y el porcentaje de cenizas, las cuales en primera instancia es importante determinar, por esto es el primer paso que se realiza. Seguido de esto se realiza un análisis proximal sobre los componentes CHON ya que al momento de la combustión es bien conocido que el porcentaje de carbono es una variable determinante para la combustión de la biomasa obtenida, es por esta razón que este análisis se lo realizara de manera individual, así como de manera conjunta con las nanoesferas de celulosa.

Debido a que el estudio y la implementación de nanopartículas en diferentes campos de la industria se ha intensificado en los últimos tiempos, existen varios métodos para la síntesis de estos. En este caso la utilización de nanocelulosa es de gran importancia por ende su sintetización se la realizara por medio de un método mecánico el cual consiste en introducir la celulosa en la cámara de molienda y por medio de la agitación del equipo y las bolas de molienda utilizadas, el material se triture hasta que el tamaño de partícula sea el indicado para el estudio

Al obtener las mezclas determinadas listas y en las condiciones que se indican en el manual de la bomba calorimétrica se puede llegar a determinar el poder calorífico de las biomasa preparadas para posteriormente escoger la de mayor poder calorífico y enriquecerla con diferentes

porcentajes de nanoesferas de celulosa con la finalidad de identificar si aumenta el poder calorífico.

Una vez se tenga lista los componentes de la biomasa por separado es necesario utilizar un aglutinante con el cual se facilite la compactación de estos componentes con las partículas de nanocelulosa. Y se procede a elaborar la briqueta ya sea de manera manual o con una briquetadora, la briqueta tendrá la forma que se considere adecuada, así como el tamaño que será acorde el manual de la bomba calorimétrica lo requiera.

1.6.3. Justificación práctica

Una vez la determinación del poder calorífico se ha realizado y los resultados de esta investigación muestran que la biomasa de tusa de maíz, cáscara de papa y nanocelulosa es una alternativa de combustible en diferentes procesos, se puede pensar en la elaboración de briquetas o pélets que se pueden utilizar de manera industrial en equipos como calderas, chimeneas, hornos, et. De esta manera el propósito de cuidar el medio ambiente, la economía y la sustitución de combustibles fósiles se ira cumpliendo acorde la implementación y desarrollo de esta opción se ponga en práctica, otro tema que se trata es la mitigación de residuos agroindustriales que se originan en gran cantidad en diferentes industrias.

1.7. Hipótesis

El poder calorífico aumentará en un 15% con la adición de nanocelulosa a la biomasa obtenida de tusa de maíz y cáscara de papa

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

El aprovechamiento de los residuos agroindustriales de las ciudades que posean una gran demanda de estos es el principal objetivo de varias investigaciones. En un estudio se comprobó que las concentraciones de los diferentes desechos agroindustriales que se utilizan si influyen en la elaboración del biocombustible sólido, también se concluyó que la forma que se le da a la briqueta afecta tanto la calidad, el almacenamiento y el rendimiento energético. Al obtener las características deseadas y realizando las pruebas correspondientes si se puede llegar a determinar el poder calorífico de la biomasa, así como el tiempo de combustión (Espinoza et al., 2020: pp.1-5).

La versatilidad de la biomasa se ha demostrado en diferentes estudios tal es el caso que a partir de esta materia orgánica se ha logrado obtener productos químicos el cual se puede utilizar tanto como un producto intermedio, así como un producto final. Mediante diferentes tratamientos se obtienen dos productos, el primero que es idéntico a los equivalentes de origen petroquímico y el segundo que es completamente nuevo y con propiedades propias. La obtención de biocompuestos químicos se concentra en los mercados de la producción de polímeros, fármacos, lubricantes y disolventes, en el caso del primer producto. El segundo producto al poseer características propias será de utilidad para el desarrollo de procesos nuevos para la obtención de productos de utilidad. (Chávez-Sifontes, 2019, p.3).

Otra utilidad de la biomasa con un tratamiento de pirolisis es la producción de biocarbón, que se emplea para mejorar la calidad de suelos agrícolas. La contaminación del suelo disminuye la capacidad de producción y biodiversidad de este, que afecta a la seguridad alimentaria de la población siendo una problemática por tratar. Al hallar esta alternativa se da un valor agregado a los residuos orgánicos que se desechan de manera equivocada y se remedia de alguna manera la contaminación del suelo. La producción de este biocarbón se lo realiza por un proceso de pirolisis en el que se obtiene gases de síntesis, compuestos de hidrocarburos, óxidos de carbono e hidrógeno y el biocarbón que posee residuos sólidos carbonosos (Romero, 2021, pp.5-6).

La combustión directa se ha utilizado habitualmente en calderas de uso doméstico para generar calor. Son sistemas que carecen de una gran eficiencia y no requieren un exhaustivo tratamiento previo del combustible. Sin embargo, para uso industrial se necesitan instalaciones de mayor calidad. Estas instalaciones se basan en la generación de vapor a alta temperatura y presión y, por consiguiente, en la generación de electricidad (Villacis, 2021, pp.12-20).

Como se conoce existen varios tipos de calderas las cuales poseen diferentes eficiencias entre algunas de ellas se puede nombrar calderas de lecho fijo o parrilla, calderas de combustible pulverizado, calderas de lecho fluido, entre otras.

Entre este tipo de unidades fluidizadas se encuentran los Spouted Bed Reactors este tipo mejora la recirculación de las partículas con mayor rendimiento y menor requerimiento de energía.

En la actualidad estos reactores son de gran interés ya que ha sido utilizado para la producción de energía en estudios de valorización de residuos agrícolas (Blasco, 2018, p.64)

Los residuos de biomasa también se pueden trabajar tratándolos proceso de carbonización hidrotermal para la producción de materiales carbonosos, para obtener una porosidad elevada en algunos casos es mejor la utilización de ácido fosfórico, la adición de este ácido en baja concentración proporciona una activación química más eficiente. Estos materiales se pueden usar para la remediación de suelos, tratamientos de aguas, entre otras aplicaciones que tienen el fin de erradicar o disminuir la contaminación ambiental. Al adquirir un material carbonoso con rendimientos adecuados, se lo puede emplear en el almacenamiento electroquímico de energía que facilitara el diseño de materiales avanzados para aplicaciones energéticas y medioambientales (Chaparro et al., 2020, pp.1-3).

La generación de calor y electricidad a partir de biomasa suele estar respaldada por incentivos económicos que distintos países establecen para fomentar el uso de energías renovables y promover así la reducción de emisiones contaminantes y el desarrollo socioeconómico. Así, por ejemplo, en Alemania está instaurado el sistema retributivo conocido como “feed-in tariffs”, basado en incentivos a los generadores de electricidad a partir de energías renovables. Por otro lado, Reino Unido se ha convertido en un referente en cuanto al desarrollo de energías renovables durante los últimos años desde que en 2002 introdujese el sistema “Renewable Obligation Certificates” con el que impone a las compañías distribuidoras de electricidad distribuir un porcentaje de energía procedente de recursos renovables. (Puente, 2017, pp.35-42).

En los últimos años la nanocelulosa ha tomado gran importancia, debido a que la materia prima de donde se obtiene dicho producto es uno de los más abundantes en la tierra además de poseer características muy favorables para diferentes industrias lo que hace que su aplicación sea muy extensa. Por esta razón, las investigaciones para que su obtención sea industrializada se ha intensificado, es así como en la Universidad de Texas se implementó un proceso para la obtención de nanocelulosa, en el estudio se utiliza como materia prima un alga que origina este compuesto de forma natural dicha alga fue alterada genéticamente con la bacteria “Acetobacter xylinum” de esta manera se obtendrían volúmenes significativos de celulosa y el costo de operación no sería elevado debido a que la materia prima se encuentra fácilmente. Otro caso de este método de creación de nanocelulosa es utilizando la bacteria “Komagataibacter xylinus” que tiene una gran

capacidad de producción, y el producto puede ser utilizado para películas comestibles, papeles que tengan una alta resistencia y en membranas acústicas (Pérez et al., 2021: pp.2-3).

Tabla 1-2: Antecedentes de investigación

Fecha	Autor	Tema
2021	Gamboa Romero Jorge Lenin	Producción y Aplicación de Biocarbón a partir de Biomasa Residual para Mejorar la Calidad de Suelos Agrícolas.
2021	López Villacis Isabel Cristina.	Evaluación De La Biomasa Residual Agrícola De Los Cultivos De Papa (<i>Solanum Tuberosum</i>), Maíz (<i>Zea Mays</i>) Y Tomate De Árbol (<i>Solanum Betaceum</i>) Como Recurso Energético Renovable En La Provincia De Tungurahua.
2021	Álvarez Castillo Alberto. Hernández Pérez Ricardo. Olarte Paredes Alfredo. Salgado Delgado Areli Marlen.	Obtención de nanocelulosa a partir de residuos postcosecha.
2020	Espinoza Oviedo Bryan. Macías Vera Josselin. Villarroel Bastidas José.	Biocombustibles Sólido a partir de Residuos que generan los Procesos Agroindustriales del Sector el Empalme.
2020	J. Chaparro-Garnica, M. J. Mostazo-López, D. Salinas-Torres, E. Morallón, D. Cazorla-Amorós	Residuos de biomasa como plataforma para obtener materiales carbonosos porosos mediante carbonización hidrotermal en presencia de H ₃ PO ₄

2019	Chávez-Sifontes Marvin	La biomasa: fuente alternativa de combustibles y compuestos químicos
2018	Blasco Soler, Clara	Evaluación De Los Recursos Agrícolas Para Su Valorización Energética En Calderas spouted Bed Reactors.
2017	Puente Aranda, Elena María	Generación Eléctrica Con Biomasa. Evolución De La Retribución En Este Tipo De Tecnología.

Realizado por: Guevara, M. 2022.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Maíz

Maíz o conocido por su nombre científico “Zea mays”, es considerado uno de los cultivos más importantes del mundo gracias a su gran facilidad de adaptarse a diversas condiciones ecológicas y edáficas. Se puede desarrollar en una gran variedad de climas, que van desde el trópico hasta los climas templados, desde el nivel del mar hasta altitudes de 300 msnm, latitudes ecuatoriales entre 23° norte y 23° sur desde el Ecuador (Izquierdo, 2012, pp.22-23).

Actualmente el maíz en nuestro país es el principal cereal, se cultiva ampliamente y sustenta parcialmente la economía, dependiendo de la variedad de maíz se puede cultivar en altitudes desde los 2000 hasta los 3100 msnm. En general, la mayoría de los cultivadores siembran desde septiembre hasta mediados de enero (Izquierdo, 2012, pp. 25-27).

El maíz se adapta bien a suelos profundos, ya que este es rico en materia orgánica y además tiene buen drenaje. El pH óptimo para el crecimiento del maíz está entre 5,5 y 7,5 (Izquierdo, 2012, pp. 25-27).

Al cosechar maíz, se deben tomar en cuenta muchos factores que afectarán el proceso, como la temperatura, la altitud, la variedad y si se comercializará en condiciones de grano seco o blando. Después de cosechar las mazorcas, se secan al sol sobre un paño o un trapo y se rotan periódicamente para que se sequen uniformemente, hasta que la humedad alcance el 12 % (Izquierdo, 2012, pp. 25-27).

La biomasa residual del maíz se puede utilizar para producir biocombustibles en un proceso eficiente y respetuoso con el medio ambiente. Aprovechando el gran potencial de estos residuos,

será posible reducir la quema de estos residuos agrícolas en los campos y, por tanto, la contaminación del medio ambiente (Sanaguano, 2021, p.7).



Ilustración 1-2: Mazorca de maíz

Fuente: (Zambrano et al., 2019: p.2)

2.2.2. Papa

“*Solanum tuberosum*” o papa es una dicotiledónea herbácea, rastrera o erecta, a menudo con tallos gruesos y robustos con entrenudos cortos; Otra característica de los tallos es que son huecos o tienen forma de corazón, a excepción de los tallos rígidos, angulosos, de color verde o burdeos (Pumisacho y Sherwood, 2002, p.15).

En la Sierra del Ecuador, esta planta se cultiva en regiones templadas y frías, con temperaturas que oscilan entre los 6°C y los 18°C y precipitaciones de 600 a 1200 mm. Se conoce que este cultivo crece mejor en suelos arcillosos, bien drenados y húmedos, ricos en materia orgánica y nutrientes (Pumisacho y Sherwood, 2002, p.19).

El cultivo de la papa tiene siete etapas bien definidas: comienza con la germinación de la semilla y finaliza con la cosecha. Este proceso incluye los llamados pasos pictográficos. Los primeros cuatro pasos se conocen como fase vegetativa, las siguientes dos etapas conforman la etapa reproductiva y la última etapa es la fase de madurez (Pumisacho y Sherwood, 2002, p.23)

Para iniciar la cosecha de papa, es importante determinar si los tubérculos están maduros, es importante tomar en cuenta que, dependiendo de la variedad, la temporada de crecimiento de la papa es de 127 a 200 días después de la siembra (Araujo et al., 2021, pp.12-14).

En cuanto a la producción y distribución de papa esta permanece constante durante todo el año a un precio asequible, por lo forma parte fundamental en la dieta diaria de la mayoría de las familias ecuatorianas. Esto sucede tanto en áreas rurales como urbanas; sin embargo, en Ecuador el consumo de papa es mayor en la Sierra, y sobre todo en las zonas rurales (Araujo et al., 2021, pp.17-20).



Ilustración 2-2: Variedades de papa

Fuente: (Araujo et al., 2021, p.21))

2.2.3. Residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales son todo tipo de materiales sólidos o líquidos resultantes del uso primario de un producto para consumo humano o de su procesamiento industrial. Estos residuos no se utilizan en el proceso de su generación, sino que se utilizan para transformarlos en otros productos comerciales y de interés público. Estos derivados de la agroindustria se producen en grandes cantidades en todo el mundo y han demostrado ser una excelente fuente de biomasa lignocelulósica, están fácilmente disponibles y son de muy bajo valor monetario. El aprovechamiento de esta enorme cantidad de desechos no se está realizando de manera correcta, ya que solo una pequeña parte se utiliza para alimentar a los animales, como fuente de energía en los hogares o plantas de fabricación, y la mayoría de ellos se queman, creando el problema de la contaminación ambiental (Vargas y Pérez, 2018, pp. 2–3).

2.2.3.1. Origen de los residuos agroindustriales

Su origen depende en gran medida de los productos de los que se desechan y de los procesos industriales que los producen, pero la mayoría de los subproductos agrícolas tienen la misma composición orgánica, aunque su porcentaje puede ser diferente. La materia orgánica de estos residuos se compone principalmente de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. A menudo se les llama "residuos orgánicos" porque están compuestos principalmente de materia orgánica (Izquierdo, 2012, pp. 25-27).

Para tener una idea de la cantidad de residuos agroindustriales que generan los procesos de diferentes industrias alrededor del mundo, se presentan los siguientes valores: La industria cervecera utiliza solo el 8% del grano de cebada en este proceso, el 92% restante se elimina como

residuo; la industria del aceite de palma utiliza solo el 9% de la semilla, el 91% restante se descarta; La industria del café utiliza solo el 9,5% y el 90,5% restante son residuos, la industria papelera utiliza menos del 30% y el resto son residuos (Izquierdo, 2012, pp. 25-27).

2.2.4. Biomasa

La biomasa se define como la fracción biodegradable de los productos biológicos, desechos y residuos de origen biológico de las actividades agrícolas (incluidas las sustancias de origen vegetal y animal), la silvicultura y las industrias conexas, incluidas la pesca, así como la porción biodegradable de las industrias y residuos municipales. Por tanto, las fuentes de biomasa procederán de fuentes muy diversas y heterogéneas. (Puente, 2017, p.20)

La energía almacenada de la biomasa proviene del sol: en un proceso llamado fotosíntesis, las plantas toman la energía de la luz del sol, el agua del suelo y el CO₂ de la atmósfera, almacenan materia orgánica (energía) en ellos y liberan oxígeno en el proceso. Luego, los animales absorben y procesan esta energía al comer plantas, por lo que los productos de este metabolismo, que se consideran productos de desecho, también pueden usarse como fuente de energía. (Nogués y Royo, 2002, pp.2-4)

2.2.4.1. Ciclo de la biomasa

La biomasa es un recurso de energía renovable porque crea un ciclo cerrado en comparación con la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) emitido al medio ambiente, respecto a la cantidad de CO₂ utilizada en la fotosíntesis en presencia de luz solar y agua, para formar su citoesqueleto original (Nogués y Royo, 2002, pp.2-4).

El ciclo comienza cuando se libera dióxido de carbono a la atmósfera durante la combustión, el cual será absorbido por las plantas durante la fotosíntesis mediante este proceso biológico se crearán nuevas estructuras moleculares orgánicas para almacenar energía. Estas especies en conjunto con los residuos de origen animal se vuelven una biomasa con alto poder calórico. (Nogués y Royo, 2002, pp.2-4))

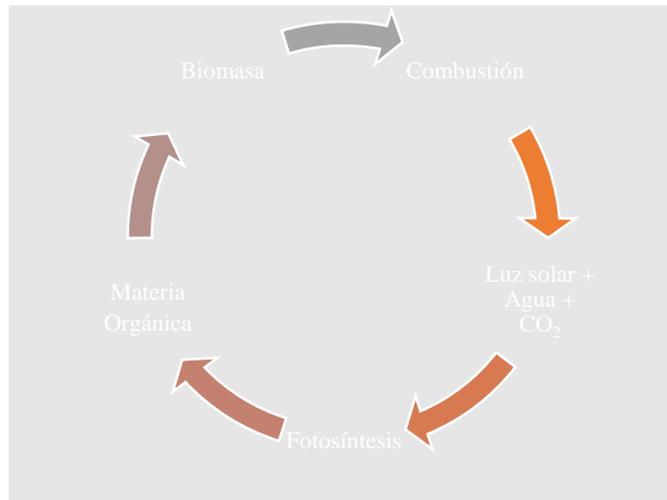


Ilustración 3-2. Ciclo de la biomasa

Realizado por: Guevara, M., 2022

2.2.4.2. Tipos de biomasa

La clasificación más completa y fundamentada es de la siguiente manera:

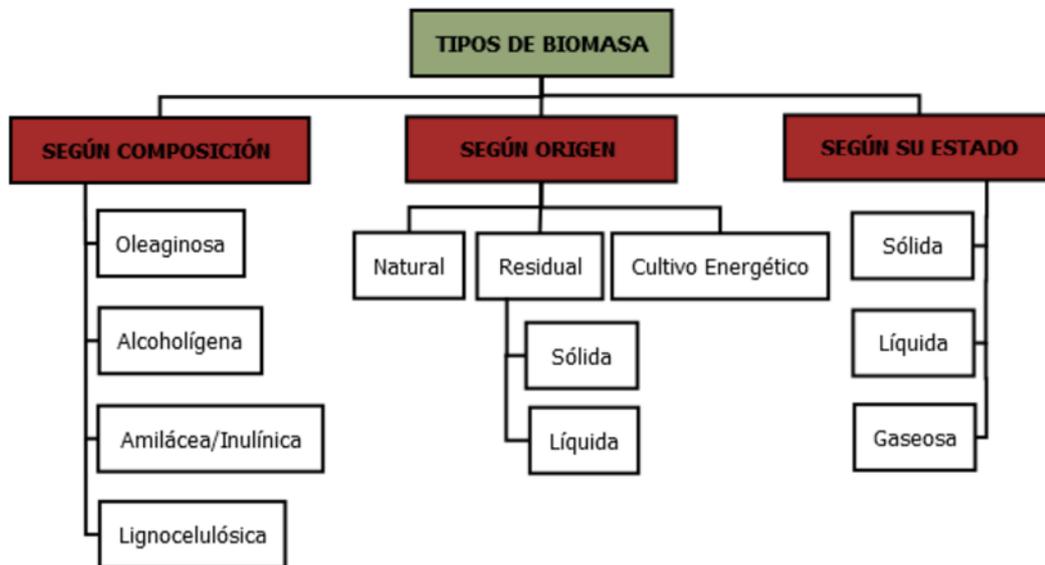


Ilustración 4-2. Tipos de biomasa.

Fuente: (Rodríguez et al., 2012, pp.4-7)

- **Según su origen**

- Natural: Es la biomasa que se da naturalmente en ecosistemas que no han sido sometidos a la intervención humana. Su operación es generalmente poco interesante por razones económicas, ya que no es rentable gestionar el aprovisionamiento y transporte de materiales

hasta el lugar de uso. Sin embargo, hoy en día sigue siendo la principal fuente de energía para los pueblos pequeños y los países en desarrollo (Rodríguez et al., 2012, pp.4-7).

- Residual: Proviene de los residuos generados por diversas actividades humanas y de las denominadas aguas residuales biodegradables. Se clasifican en secos y húmedos o sólidos y líquidos, ejemplos de estos son los residuos de industrias agrícolas y forestales, Residuos sólidos urbanos y aguas residuales urbanas, Residuos agroindustriales, aceites alimentarios usados, entre otros (Rodríguez et al., 2012, pp.4-7).
- Cultivos energéticos: Son cultivos no alimentarios destinados a producir energía. A diferencia de los cultivos agroalimentarios, los cultivos agro-energéticos se seleccionan en función de la producción de biomasa más que de la calidad, y suelen ser especies tolerantes para reducir los costes agrícolas y porque ese es el coste final de la biomasa (Rodríguez et al., 2012, pp.4-7).
- **Según su estado**
 - Biomasa Sólida _Este grupo es uno de los más conocidos y en él se puede incluir principalmente la madera derivada de cualquier proceso. También se incluye cualquier residuo que se obtenga de podas, limpieza de parques y jardines, etc.
 - Biomasa Líquida: En este tipo de biomasa se ubican básicamente residuos industriales biodegradables, aguas residuales urbanas, aceites y biocarburantes.
 - Biomasa gaseosa: La biomasa gaseosa será la que se formará con ayuda de diferentes procesos a partir de residuos animales, agroalimenticios, vertederos, etc. (Rodríguez et al., 2012, pp.4-7)
- **Según su composición**

Tabla 2-2: Tipos de biomasa según su composición

TIPO	SUSTANCIA BIOORGÁNICA		EJEMPLOS
LIPIDOS			
Oleaginosa			Semillas de girasol, soja, maíz, lino, almendro
HIDRATOS DE CARBONO			
Alcoholígena	Monosacáridos	Glucosa	Pulpa de fruta
		Fructosa	Pulpa de fruta
	Disacáridos	Sacarosa	Caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha
Amilácea /Inulínica	Polisacáridos	Insulina	Tubérculo de patata y rizomas de dalia, achicoria
		Almidón	Granos de cereal, Tubérculo de patata
Lignocelulósica	Polisacáridos	Hemicelulosa	Maderas en general
		Celulosa	Residuos lignocelulósicos

Fuente: (Rodríguez et al., 2012, pp.4-7)

2.2.4.3. Características energéticas de la biomasa

- **Composición química:** Los diferentes tipos de biomasa incluyen parte orgánica, parte inorgánica y agua. Durante la combustión, la parte orgánica se quema, la parte inorgánica afecta el proceso de combustión y forma cenizas o residuos sólidos. La composición química de la biomasa primaria se puede encontrar analizando los elementos más importantes, como el carbono (C), el hidrógeno (H), el nitrógeno (N), el azufre (S) y, en algunos casos, el cloro (Cl). También contiene oxígeno (O), pero este elemento no se determina directamente, sino que se calcula a partir de la diferencia entre el peso total y la suma de los demás elementos más la ceniza (Rodríguez et al., 2012, p.8).
- **Humedad:** Se denomina humedad relativa y es la relación de la masa de agua presente en un kilogramo de peso seco. El contenido de humedad de la biomasa se puede medir seco (h) o húmedo (H). Cuanto menor sea este contenido, mejor será el poder calorífico de esta biomasa y mejor será el proceso de combustión, ya que, al quemar la biomasa el agua primero debe evaporarse antes de que se presente el calor. La mayoría de los procesos de conversión de energía requieren menos del 30 % de humedad relativa. A valores superiores, es necesario realizar operaciones de acondicionamiento y secado antes de la transición energética (Rodríguez et al., 2012, p.9).
- **Porcentaje en cenizas:** Indica la masa de sólidos no quemados por kg de material. Si el contenido de cenizas es muy alto, el producto no es recomendable para utilizarlo como biomasa, ya que eliminar este contenido demandara mayor esfuerzo y por ende generara costos. En algunos casos este material puede ser reutilizado tal como las cenizas de la cascarilla de arroz que son utilizadas para fabricar filtros de carbón o en la mezcla de concreto se puede adicionar para una mejor consistencia y calidad (Moya, 2017, p.20).

2.2.5. Celulosa

Es considerado el polímero natural más abundante en la superficie terrestre ya que es el componente estructural básico de las células vegetales. Su fórmula general es $(C_6H_{10}O_5)_n$, el grado de polimerización se encuentra representado por n y este puede ir de 10.000 a 20.000 dependiendo de la materia prima de la celulosa (Galarza y Mena, 2021, p.9).

La superposición de varias cadenas de celulosa da como resultado microfibrillas de celulosa, las cuales al combinarse entre sí forman las fibras más grandes y compactas que componen las paredes celulares y los ejes de las células vegetales, brindando así la rigidez y el soporte que necesitan (Galarza y Mena, 2021, p.9).

En el interior de estas fibrillas de celulosa existen dos regiones muy importantes, la primera en la que las cadenas de celulosa están dispuestas en una estructura muy ordenada (cristales) y por el contrario regiones que se perciben altamente desordenadas (amorfas). Y son estas regiones cristalinas contenidas en las microfibras de celulosa las que se extraen para formar nanocristales de celulosa (Galarza and Mena, 2021, p.9).

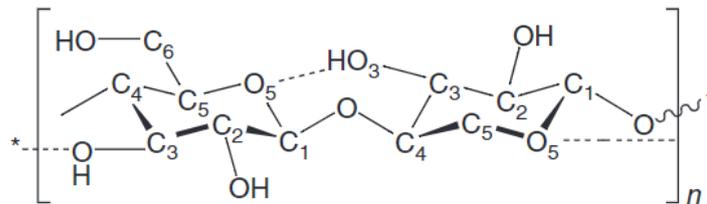


Ilustración 5-2: Estructura de la celulosa

Fuente: (Kargarzadeh et al., 2017, p.5)

2.2.5.1. Principales fuentes

- **Plantas:** Constituye una de las fuentes más abundante y rico en celulosa, se puede considerar como material de partida la cáscara de arroz, el cáñamo, la cáscara de coco y hasta las fibras de algodón ya que se aprovecha su contenido bajo de componentes celulósicos. Pero sin duda alguna, la madera encabeza la lista ya que es el material que contiene mayor cantidad de este compuesto, además de que se obtiene una celulosa de alta calidad debido a las características que presenta como lo son su alta resistencia, rigidez, estructura porosa anisotrópica y baja densidad (Kargarzadeh et al., 2017, p.8)
- **Tunicados:** Son animales invertebrados marinos que producen celulosa en su túnica que es su tejido exterior, esta celulosa está compuesta por celulosa casi pura y altamente cristalina. Se debe tener en cuenta que existen más de 2.300 especies de *Ascidiacea*, esta especie se alimenta por filtración y se pueden utilizar diferentes especies como, por ejemplo, *Halocynthia roretzi*, *Halocynthia papillosa* y *Metandrocarpa uedai* (Kargarzadeh et al., 2017, p.8)
- **Algas:** Se consideran como fuentes de celulosa algas de diferentes especies marrones, grises, verdes, etc. La obtención de dicho compuesto se lo puede realizar por métodos químicos o mecánicos dependerá de la especie que se desea tratar y su estructura está relacionada directamente con la especie (Kargarzadeh et al., 2017, p. 8).
- **Bacterias:** La celulosa bacteriana se produce mediante procesos metabólicos primarios utilizados en varios tipos de bacterias, la *Gluconacetobacter xylinus* es la más empleada, la gran ventaja de esta fuente es que se puede ajustar las condiciones del proceso para obtener microfibrillas y la cristalización deseada, además de que posee bajos porcentajes de

hemicelulosa y lignina lo que la hace altamente pura químicamente (Kargarzadeh et al., 2017, pp.8-9).

2.2.6. Hemicelulosa

Es un heteropolímero con una estructura ramificada compleja, que consta de diferentes polímeros azúcares como xilosa y arabinosa (pentosas), manosa, glucosa y galactosa (hexosas), ramnosa y fucosa (ácido urónico) y desoxihexosas. La hemicelulosa tiene un peso molecular más bajo. La celulosa actúa como enlace entre la lignina y las fibras de celulosa, y puede representar del 25 al 30% del peso total de la biomasa vegetal. Sin embargo, su estabilidad química y térmica es inferior a la de la celulosa, por lo que es soluble en álcalis y fácilmente hidrolizado por ácidos (Sanaguano, 2021, p.10).

2.2.7. Lignina

Es uno de los polímeros más abundantes en la naturaleza, junto con la celulosa y la hemicelulosa con las cuales forma las paredes celulares de las plantas. La biosíntesis de lignina se divide en tres procesos, biosíntesis de monómeros de lignina, transporte y polimerización. La lignina se polimeriza en tres monómeros (alcohol sinapílico, unidad S; alcoholconiferil, unidad G y alcohol p-cumárico, unidad H) este proceso se lleva a cabo gracias a la peroxidasa y lactasa (Sanaguano, 2021, p.10).

El bajo valor de los productos de la lignina la hace totalmente versátil en cualquier industria, un ejemplo, de ello es el lignosulfato que debido a que posee una solubilidad específica en agua resulta ser un excelente aglutinante. También se puede utilizar como curtientes, componentes resinosos, antioxidantes o aerogeles. La lignina tiene propiedades termoplásticas únicas, por lo que facilita su utilización en la fabricación de algunos productos termoplásticos reduciendo así el uso de polímeros de alto valor monetario como lo son poliésteres, poliamida, policaprolactona, polihidroxibutirato (Galarza and Mena, 2021, p.10).

2.2.8. Nanocelulosa

La nanocelulosa se deriva de recursos renovables como los desechos industriales agrícolas. Es un material que, por su apariencia y rigidez, ha sido objeto de investigación para producir nanocompuestos, que tienen propiedades mecánicas superiores al material original. Esta nanocelulosa se obtiene principalmente por dos vías, una es la hidrólisis ácida de la celulosa, que generalmente involucra el uso de algún tipo de ácido fuerte como el ácido sulfúrico (H₂SO₄), y la otra es mediante el uso de bacterias para realizar un proceso enzimático (Pérez et al., 2021, pp.8-9).

La nanocelulosa se ha utilizado para crear materiales con propiedades únicas. Dichos nanocompuestos se pueden utilizar como refuerzos mecánicos, espesantes, estabilizadores en emulsiones y en forma de hidrogeles y aerogeles en las industrias farmacéutica y automotriz (Pérez et al., 2021, pp.8-9).

2.2.8.1. *Procedimientos de extracción*

Las microfibras de celulosa se componen de partes amorfas y cristalinas, que se distribuyen al azar en la estructura de las microfibras, la parte amorfa de las microfibras está desordenada dentro de la estructura, por lo que es fácil atacar y destruir estos enlaces con ayuda de ácidos o las enzimas, Por otro lado, la región cristalina se encuentra muy unida por enlaces de hidrógeno, lo que hace que su separación sea más complicada. Los procesos y métodos utilizados para producir nanopartículas de celulosa en la actualidad son mecánicos, biológicos y químicos. (Pérez et al., 2021, pp.10-11)

- **Procedimientos mecánicos**

- Proceso de obtención de la celulosa por refinación.: Durante el proceso de refinación, la pulpa diluida pasa a través de un nip entre un extractor y un motor de disco equipado con artesas y vigas, donde la pulpa es sometida a una carga cíclica continua. Este proceso mecánico puede dañar irreversiblemente las fibras de celulosa y aumentar su potencial de unión. (Pérez et al., 2021, p.11)
- La homogeneización a alta presión.: La celulosa a alta presión se carga en el recipiente a través de una pequeña boquilla; la alta velocidad, la presión y las fuerzas de impacto y cizallamiento en el líquido reducen las fibras a un tamaño nanométrico. Se cree que el proceso es eficaz para refinar fibras celulósicas y es simple ya que no se utilizan disolventes orgánicos. Cuando se homogeneiza la suspensión de fibras de celulosa, el proceso se repite varias veces para aumentar el grado de fibrilación y aumentar así el requerimiento energético, que puede llegar a los 30.000 kWh/t (Pérez et al., 2021, p.11).
- Producción de nanocelulosa por molienda.: La molienda es otro método para producir celulosa a nanoescala. En el molino, una piedra estacionaria y una piedra afilada giran (~1500 rpm), y la pulpa pasa entre las dos piedras. Este proceso rompe los enlaces de hidrógeno bajo la influencia de las fuerzas de cizallamiento, lo que hace que las fibras sean únicas a nanoescala. La molienda consume mucha energía, y la relación entre el consumo de energía y el tiempo de fibrilación es función de la cristalinidad (Pérez et al., 2021, p.11).
- Trituración a bajas temperaturas: El proceso (congelación) consiste en sumergir las fibras de celulosa hinchadas en nitrógeno líquido y luego triturarlas con un mortero y un cuchillo. Cuando se aplica una gran fuerza de impacto a las fibras de celulosa congeladas, las paredes

celulares se rompen debido a la presión ejercida por los cristales de hielo, liberando las microfibrillas. Este es un proceso poco utilizado porque las fibras molidas a bajas temperaturas se dispersan en agua con un desintegrador. Dependiendo de la energía y la duración del ultrasonido, este proceso provoca cambios estructurales en la biomasa y también es un proceso que consume mucha energía, ya que el ultrasonido puede causar fluctuaciones extremas de presión y temperatura (Pérez et al., 2021, p.11).

- **Procedimientos biológicos:** La más importante es la conocida como Hidrólisis enzimática para la producción de nanopartículas de celulosa energéticamente eficientes. Se han realizado muchos estudios sobre pulpas blanqueadas e hidrolizadas con enzimas. La celulasa es la más utilizada. Los procesos biológicos a menudo se combinan con procesos mecánicos para aumentar la accesibilidad de la fibra. Este proceso incluye 3 pasos importantes. La primera etapa (I) consiste en el pretratamiento de la biomasa lignocelulósica. El objetivo de este pretratamiento aplicado a la lignocelulosa es romper los enlaces estructurales de su composición. Esta exposición aumenta el área superficial del polímero y facilita la eficacia del tratamiento enzimático. La principal tecnología utilizada para el pretratamiento es una combinación de procesos mecánicos y procesos de lavado. El segundo paso (II) consiste en la hidrólisis enzimática controlada de la muestra de fibra y es el paso principal en la producción de nanocelulosa. En esta etapa, la mezcla de enzimas se usa para disolver el material de pretratamiento en una solución tampón. La función de la mezcla de enzimas es descomponer los polímeros celulósicos en polímeros más pequeños. Dependiendo del material lignocelulósico, las condiciones de operación del proceso variarán y la estructura final de la nanocelulosa resultante presentará ligeras diferencias. Finalmente, la tercera etapa (III) constituye un proceso de homogeneización del material tratado enzimáticamente por simple lavado, suspensión u homogeneización mecánica. Estos procesos finales son capaces de producir nanocelulosa con uniformidad y consistencia (Pérez et al., 2021, pp.11-12).
- **Procedimientos químicos:** El método más común y conocido es la hidrólisis ácida. Este proceso rompe las partes desordenadas y amorfas de la celulosa, liberando solo cristales bien definidos. Las nanopartículas de celulosa producidas por hidrólisis ácida son estructuras de celulosa obtenidas en condiciones controladas de temperatura, agitación y tiempo. Dependiendo de la fuente, las nanopartículas de celulosa tienen diferentes apariencias (L/d , donde L es la longitud y d es el diámetro), que van desde 1 a 100 nm. (Pérez et al., 2021, p.13)

Los pasos generales para la obtención de nanopartículas de celulosa por hidrólisis ácida son los siguientes:

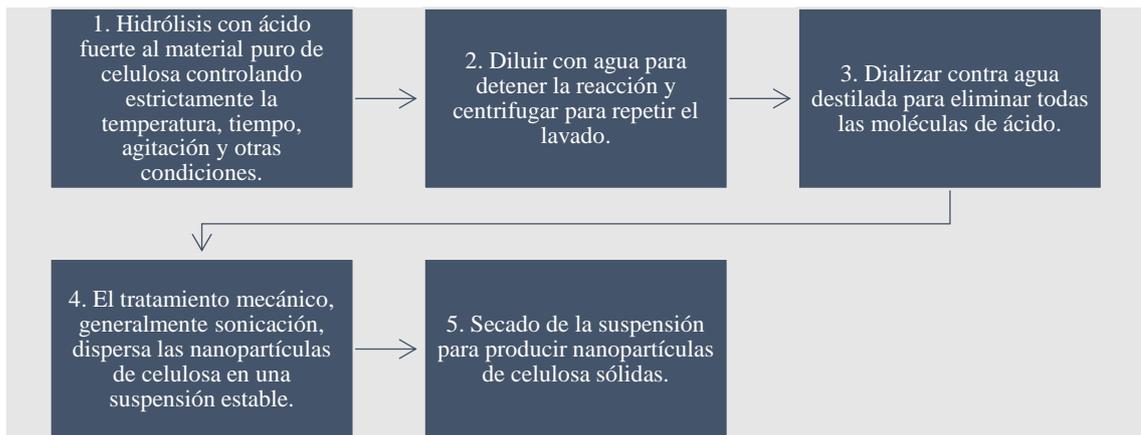


Ilustración 6-2. Procedimiento químico para obtención de nanocelulosa.

Fuente: ((Pérez et al., 2021, pp.13-14)

Realizado por: Guevara, M. 2022.

2.2.8.2. Aplicaciones

En general, se plantea su uso desde dos perspectivas: por un lado, se desarrollarán compuestos de matriz polimérica reforzados con nanocelulosa, y, por otro lado, se desarrollarán materiales fabricados al 100% con nanocelulosa y luego se someterán a modificación o plastificación. Estos materiales incluyen: compuestos de matriz polimérica reforzada con celulosa, películas de celulosa pura, modificaciones/composites y aerogeles. (Sanaguano, 2021, p.19)

Un ejemplo de su aplicación es un estudio de administración de fármacos que informó la síntesis de nanocristales de celulosa unidos covalentemente al fármaco doxorrubicina, que actúa como un enlazador y liberador selectivo, y demostró la eficacia de la quimioterapia contra el cáncer (Sanaguano, 2021, p.19).

Otra aplicación es la creación de una superficie anfibia, una superficie que repele el agua y el aceite, dando como resultado una superficie con propiedades anti humectantes. Aprovechando que la nanocelulosa tiene dimensiones a nanoescala y es rica en grupos hidroxilo ligados a diversos materiales, se preparó un papel anfótero en el que la superficie del papel filtro se revistió primero con nanocelulosa y luego se trató químicamente con triclorosilano por deposición de vapor. El papel resultante exhibe superhidrofobicidad y oleofobicidad a líquidos polares y no polares, así como una alta resistencia superficial en varios ambientes (ácidos, álcalis, agua de mar) lo que indica su aplicación en áreas que requieren superficies resistentes a la corrosión y autolimpiables (Sanaguano, 2021, p.19).

2.2.9. Calorimetría

La calorimetría es una rama de la termodinámica que mide la energía producida durante el intercambio de calor. Según el estudio de la calorimetría, el calor es un líquido muy fino producido por la combustión, que se transfiere de un objeto a otro y se almacena en cantidades más o menos grandes. Posteriormente se observó que cuando se aplica trabajo mecánico a un objeto (por ejemplo, por fricción o impacto), se produce calor; el hecho contradice la ley de conservación de la energía porque la energía se pierde en forma de trabajo mecánico y no se observa combustión, aparte de la aparición de calor (Garcés y Martínez, 2007, pp.22-24).

2.2.10. Poder calorífico

El valor calorífico de un combustible es la cantidad máxima de calor que se puede extraer del combustible cuando se quema por completo y sus productos se enfrían a la temperatura de la mezcla original de aire y combustible. La característica principal de un combustible es su poder calorífico. Este calor se mide en Joules, calorías o BTU, según el sistema de unidades. El vapor de agua está presente en los productos de combustión y, dependiendo de la temperatura del producto, el vapor de agua puede permanecer en forma de vapor, parcial o totalmente condensado. Debido a que el vapor de condensación libera calor, cuanto más condensado se forma, más calor se extrae del combustible (Garcés y Martínez, 2007, pp.22-24).

2.2.11. Bomba calorimétrica

Dispositivo típico para medir el poder calorífico de los combustibles. Las mediciones incluyen la reacción del combustible con oxígeno (o aire) en un recipiente cerrado sumergido en un calorímetro de agua. Por lo general, la bomba se carga con combustible de muestra y oxígeno a alta presión para garantizar una combustión completa. El aumento de temperatura en el calorímetro del agua se mide y se utiliza para calcular la transferencia de calor en el sistema de segregación durante la combustión. La masa de combustible y la cantidad de agua utilizada en un calorímetro de agua se eligen generalmente de tal manera que la temperatura del agua solo aumente unos pocos grados (alrededor de 3 a 4 °C), de modo que los productos de temperatura y presión del agua son casi restaurados a los de los reactivos. Cuando se prueba a 25 °C, esta medida proporciona esencialmente una medida de la energía de combustión interna en condiciones de referencia estándar. Para la mayoría de los combustibles, la diferencia entre la entalpía de combustión y la energía interna de combustión es pequeña (Garcés y Martínez, 2007, pp.24-25).



Ilustración 7-2: Bomba calorimétrica

Fuente: (Guevara, M. 2022.)

2.2.12. Briquetas

La briqueta de carbón es un biocombustible sólido obtenido por compresión o compactación de residuos (de lignocelulosa u otros materiales). Se fabrican a alta presión y temperatura, lo que provoca la auto aglomeración de sus partículas, o se consigue su densificación a baja y media presión con la ayuda de sustancias llamadas aglutinantes (Almache, 2020, p.23)

Son muy utilizados en el ámbito doméstico e industrial para la generación térmica o eléctrica, ya sea en estufas, chimeneas, cocinas, hornos, calderas como combustibles limpios, gasificadores, etc (Almache, 2020, p.23)

Debido a la variedad de materiales utilizados y cómo se compactan, el término briquetas a veces puede resultar confuso, ya que pueden o no referirse a los biocombustibles. Las materias primas comúnmente utilizadas provienen de residuos de la silvicultura, agricultura, ganadería, virutas de acero, etc. (Almache, 2020, p.23)

Para cumplir con las condiciones de producción de la briqueta, la materia prima debe ajustarse a un porcentaje de humedad y tamaño de partícula aceptables (Almache, 2020, p.23)

2.2.12.1. Procesos de fabricación

Según la tecnología que se usa para fabricarlas se clasifican en:

- **Artesanales:** En este tipo, no hay dispositivos complicados porque no se requiere fabricación en masa, es decir que, con solo usar medios primarios, la biomasa mezclada con algún tipo de aglutinante se puede pensar en moldes, luego secar y usar. La presión de compactación es baja, con un promedio de hasta 0,5 kPa, gracias al uso de una gran cantidad de ligante, que

favorece la cohesión entre las partículas del material. Generalmente se utilizan aglutinantes como desechos animales, papel, aserrín, almidón, arcilla, etc (Fonseca y Tierra, 2011, pp.18-22).

- **Semi-Industriales:** En este tipo de proceso, la presión oscila entre 0,5 y 100 kPa. El proceso de producción suele ser continuo con una producción de briquetas medianas. Un aspecto muy importante para considerar es que el contenido de humedad del material debe estar en el rango de 15-20%. Si la humedad es alta, debido a la alta presión interna durante la compresión, el aumento de la humedad hará que la temperatura generada durante la compresión genere una mayor cantidad de vapor de agua, por lo que la briqueta se agrietará en la superficie o provocará una explosión cuando se enfríe. Las briquetas se pueden disparar como proyectiles, con un aumento repentino de la humedad en el material de entrada, una explosión de vapor puede incluso dañar la prensa. En este caso se utiliza menor cantidad de aglutinante debido a las altas presiones a las que la mezcla está sometida, esto significa una reducción en los costos de operación (Fonseca y Tierra, 2011, pp.18-22).
- **Industriales:** Para procesos industriales, se encuentran disponibles compactadores de alta presión de más de 100 kPa y altas tasas de producción continua. No se requiere aglutinante, pero es esencial obtener la materia prima lo más seca posible, típicamente un contenido de humedad de 5 a 15% en base húmeda, en el óptimo 12% considerado alrededor de 7, con tamaños de partículas menores a 15 mm ante estas presiones. Debido a la temperatura elevada durante la compactación, la misma mezcla o materia prima se aglomerará por ser un material lignocelulósico que aporta su propia lignina como aglomerante. En algunas industrias o plantas briquetadoras se utilizan secadores, trituradoras, tamices, filtros y colectores de polvo; las briquetadoras con resistencia eléctrica soportan la auto aglomeración, además, alta presión de prensado, briquetas de alta calidad y excelentes propiedades mecánicas y de fragilidad, que son importante al transportar y almacenar (Fonseca y Tierra, 2011, pp.18-22).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

El presente proyecto de investigación posee dos enfoques en primer lugar, será de tipo cualitativo ya que mediante una secuencia de pasos se pudo obtener biomasa la cual con ayuda de diferentes análisis físicos y químicos será caracterizada y posteriormente evaluada para su utilización con nanocelulosa de tal manera que el objetivo principal se llegue a cumplir correctamente. En lo que se refiere al enfoque cuantitativo debido a los análisis realizados se obtendrán datos numéricos lo que permitirá relacionar de mejor manera las variables independientes con la variable dependiente facilitando así la demostración de la hipótesis planteada de manera estadística.

3.2. Nivel de investigación

De acuerdo con la problemática que el trabajo de investigación propuesto desea tratar se puede definir el mismo como un estudio exploratorio debido a que este brinda una visión general sobre una situación específica. Tomando como punto de inicio estudios realizados anteriormente en los que se utiliza la biomasa como un biocombustible sólido, se emplea la mezcla de biomasa de tusa de maíz con cáscara de papa que se pretende enriquecer con la adición de nanoesferas de celulosa. Además, se manejará un estudio de tipo deductivo en vista de que se utilizará conocimientos generales para cumplir con un propósito, en este caso se conoce que la nanocelulosa posee carbono y oxígeno en porcentajes considerables lo cual beneficiara la combustión tomando en cuenta que estos dos componentes son esenciales para el proceso antes mencionado.

3.3. Diseño de investigación

El diseño propuesto en el siguiente trabajo de investigación es de tipo experimental, dado que se trabaja a nivel de laboratorio se tiene total control sobre las variables a tratar por ende al realizar diferentes combinaciones de biomasa con nanocelulosa la determinación del poder calorífico se hará más fácil y de esta manera concluir con la óptima.

3.3.1. *Según la manipulación o no de la variable independiente*

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Cantidad de biomasa de tusa de maíz y cáscara de papa
- Cantidad de nanoesferas de celulosa

Variable dependiente

- El poder calorífico de la biomasa

3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo

En el caso del siguiente proyecto de investigación para obtener los datos y análisis que se requieren, se van a manipular de diferentes maneras las variables independientes, es por estas características que el presente trabajo es de tipo longitudinal.

3.4. Tipo de estudio y diseño experimental

El tipo de estudio que se va a realizar en el presente proyecto es a nivel de laboratorio y con muestras que van a tener un peso de entre 1 a 10 gr, el tamaño de estas dependerá del manual de la bomba calorimétrica que se va a utilizar.

Tabla 1-3: Porcentaje de Residuos Agroindustriales.

Biomasa	Residuos Agroindustriales	
	CP (Cáscara de papa)	TM (Tusa de maíz)
B ₁	70%	30%
B ₂	50%	50%
B ₃	30%	70%

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Tabla 2-3: Composición de la Biomasa con nanocelulosa

Biomasa elegida	Concentración Nanocelulosa		
	CN1	CN2	CN3
BE ₁	PC1	PC2	PC3
BE ₂	PC1	PC2	PC3

Donde:

BE: Biomasa elegida

CN: Concentración de nanocelulosa

PC: Poder Calorífico

Realizado por: Guevara, M. 2022.

3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

3.5.1. Población

La población para estudiar corresponderá a los residuos agroindustriales tusa de maíz y cáscara de papa combinados posteriormente con nanocelulosa.

3.5.2. Selección de la muestra

En este caso, al trabajar con residuos agroindustriales la selección de la muestra no se realizará de manera minuciosa, se enfocará en desechar solo la materia que se encuentre en muy mal estado o que presente microorganismos en crecimiento.

3.5.3. Cálculo del tamaño de la muestra

Generalmente en la mayoría de las bombas calorimétricas se trabaja con un peso que va desde 0,6 \approx 1 g en este caso se decidió trabajar con el valor aleatorio de 0,8 g.

Se trabajará con pesos exactos para facilitar el pesaje de las muestras.

En primer lugar, se obtienen 2 g de B1 B2 y B3

Tabla 3-3: Composición de biomasa

Biomasa	Residuos Agroindustriales	
	CP (g)	TM (g)
B ₁	1,40	0,60
B ₂	1,0	1,0
B ₃	0,60	1,40

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Se determinará el poder calorífico de las 3 mezclas y se elegirá el más alto.

Posteriormente y cuando se defina el porcentaje de la mezcla más eficiente, se prepara 6 g de una Biomasa madre que se dividirá entre 3. Los 2 g separados se mezclarán con el 15%, 30% y 45% en peso de nanocelulosa respectivamente.

Tabla 4-3: Tamaño de la muestra

Biomasa madre elegida	2 g	0,35 g	0,8 g	Poder Calorífico
			0,8 g	

6 g	2 g	0,85 g	0,8 g
			0,8 g
	2 g	1,63 g	0,8 g
			0,8 g

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Finalmente se pesa dos muestras de 0,8 g de cada mezcla de tal manera que se puedan realizar dos corridas en la bomba calorimétrica.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

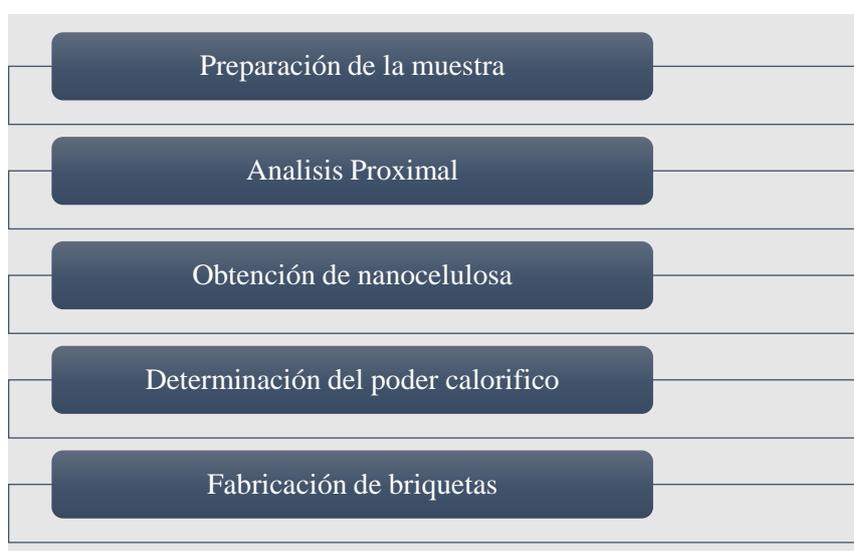


Ilustración 1-3. Etapas de la investigación.

Realizado por: Guevara, M. 2022.

3.6.1. Preparación de la muestra

Tabla 5-3: Preparación de la muestra

Operación	Materiales, equipos y reactivos	Procedimiento
Secado	<ul style="list-style-type: none"> • Secador de bandejas • Balanza • Guantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar los residuos. • Ubicar en las bandejas de manera pareja los residuos de tusa de maíz y cáscara de papa. • Colocar las bandejas dentro del secador. • Dejar secar durante 5 días a 60°C.

		<ul style="list-style-type: none"> • El ultimo día realizar 3 pesajes con un intervalo de 1 hora • Si el peso se mantiene constante se pueden retirar los residuos del secador.
Molienda	<ul style="list-style-type: none"> • Molino de martillo • Trituradora • Guantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentar el molino de martillo con los residuos de tusa de maíz y cáscara de papa. • Recoger la molienda. • Debido a que para los análisis posteriores se necesita un tamaño de partícula reducido se utiliza una trituradora. • Alimentar la trituradora con la molienda antes obtenida • Recoger el producto final.
Tamizado	<ul style="list-style-type: none"> • Torre de tamices 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar el producto al inicio de la torre de tamices. • Agitar constantemente. • Recoger y almacenar la materia obtenida al final de la torre de tamices.

Realizado por: Guevara, M. 2022.

3.6.2. *Análisis proximal de Biomasa*

3.6.2.1. *Porcentaje de humedad*

Tabla 6-3: Proceso de obtención de porcentaje de humedad

Materiales y equipos	Reactivos
– 4 cápsulas	– 2,5 ≈ 10 gramos de tusa de maíz.
– Balanza analítica	– 2,5 ≈ 10 gramos de cáscara de papa.
– Pinza	
– Estufa de secado	
– Guantes	
– Desecador	
Procedimiento	
1.	Tarar las cápsulas a utilizar durante 3 horas en la estufa.
2.	Pesar las cápsulas vacías.

<p>3. En cada una de las cápsulas pesar la muestra con un peso que se encuentre en el intervalo de 2,5-10 gr. Tener dos capsulas de cada material con el que se vaya a trabajar.</p> <p>4. Colocar en la estufa de secado a una temperatura de 105°C ± 2°C durante 24 horas.</p> <p>5. Posteriormente con ayuda de las pinzas sacar la cápsula y trasladarla al desecador. Esperar que la muestra adquiriera la temperatura ambiente, esto puede tomar de 30 a 45 minutos aproximadamente.</p> <p>6. Una vez pasado el tiempo, pesar el resultado.</p> <p>Su cálculo se lo realiza a partir de la siguiente ecuación:</p> $\text{Humedad, \%} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$ <p style="text-align: right;">Ec. (1-3)</p> <p>W₁: Peso inicial de la muestra, g.</p> <p>W₂: Peso de la muestra seca, g. (Peso del recipiente con la muestra – peso del recipiente vacío).</p>
--

Realizado por: Guevara, M. 2022.

3.6.2.2. Porcentaje de cenizas.

Tabla 7-3: Proceso de obtención del porcentaje de cenizas

Materiales y equipos	Reactivos
– 4 crisoles de porcelana	– 2 ≈ 2,5 gramos de tusa de maíz.
– Balanza analítica	– 2 ≈ 2,5 gramos de cáscara de papa.
– Mufla	
– Pinza	
– Reverbero	
– Guantes	
– Desecador	
Procedimiento	
1.	Tarar los crisoles a utilizar durante 3 horas en la estufa.
2.	Pesar los crisoles vacíos.
3.	Pesar de 2 a 2,5 gr de la muestra en los crisoles. Tener dos crisoles de cada material.
4.	Calcinar en el reverbero cada muestra hasta que la materia no desprenda más vapor o humo, como se puede observar en el ANEXO A.
5.	Colocar los crisoles en la mufla a 525°C ± 25°C durante 24 horas.
6.	Pasado el tiempo mencionado sacar los crisoles y utilizar un desecador por 3 horas o hasta que estén a temperatura ambiente.
7.	Pesar la muestra una vez que este fría.

Para el cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$Ceniza, \% = \frac{(A \times 100)}{B}$$

Ec. (2-3)

A: Peso de la ceniza, g. (Peso del crisol con ceniza – Peso del crisol vacío)

B: Peso de la muestra inicial, g.

Realizado por: Guevara, M. 2022.

3.6.2.3. Análisis de C, H, O, N, S

Tabla 8-3: Proceso para el análisis de C H O N S

Materiales y equipos	Reactivos
– Analizador Elemental Orgánico	– 1 ≈ 2 gramos de tusa de maíz.
– Balanza analítica	– 1 ≈ 2 gramos de cáscara de papa.
– Crisoles	
Procedimiento	
1. Pesar las muestras a analizar.	
2. Colocar las muestras en diferentes crisoles, con ayuda de pinzas cerrar el crisol.	
3. Ubicar los crisoles sobre la bandeja del equipo.	
4. Encender el equipo.	
5. Generar los datos para analizar posteriormente.	

Realizado por: Guevara, M. 2022.

3.6.3. Obtención de nanocelulosa

Para la sintetización de la nanocelulosa se utilizó un método mecánico que se detalla a continuación.

Tabla 9-3: Proceso para la obtención de nanocelulosa

Materiales y equipos	Reactivos
– Molino mezclador MM 400	– 1,5 ≈ 50 ml de celulosa.
– Balanza analítica	
– Bolsas de molienda.	
Procedimiento	
1. Pesar la celulosa entre los valores requeridos.	

2. En el recipiente de molienda colocar las bolas de molienda y después la muestra pesada.
6. Tapar el recipiente de manera segura, colocar en el equipo y cerrar.
7. Establecer los datos de operación de acuerdo con la cantidad de muestra que se pesó.
8. Transcurrido el tiempo de operación dejar enfriar el recipiente o sacarlo con guantes.
9. Finalmente extraer la nanocelulosa del recipiente.

Realizado por: Guevara, M. 2022.

3.6.4. Caracterización de la nanocelulosa.

3.6.4.1. Espectroscopia infrarroja

Con la intención de identificar los grupos funcionales presentes en la muestra de nanocelulosa se empleó este procedimiento el cual se fundamenta en la absorción de la radiación IR, es decir, la molécula absorberá la energía de un haz de luz de infrarroja necesaria para que la molécula vibre. (Lozada, 2020, p.44)

3.6.4.2. Microscopía electrónica de barrido

Este proceso es parecido a cómo funciona el microscopio óptico con la diferencia de que el microscopio de barrido utiliza un haz de electrones, esto con el fin de conseguir una resolución superior. (García et al., 2021, p.44)

Para realizarlo se necesita una cantidad de 16 μL de la muestra que se va a ubicar en un portaobjetos que se recubrirá con una cinta de carbono y para obtener los resultados con una distancia entre 5 mm y 15 kV se debe someter a una temperatura de 105 °C durante 15 minutos. (Lozada, 2020, p.46)

3.6.5. Determinación del poder calorífico

Tabla 10-3: Proceso para la determinación del poder calorífico

Materiales y equipos	Reactivos
– Crisol	– Acido benzoico (para calibración)
– Tanque de oxígeno	– 0,6 \approx 1 gramos de biomasa.
– Alambre de ignición	– Agua destilada
– Bomba calorimétrica	
– Bomba manual	

<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica - Válvula de desfogue de gases 	
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar el sistema de alimentación eléctrica. 2. Pesar la muestra a analizar entre el rango determinado, colocar en el crisol de tal manera que el material no se desborde. 3. Ubicar la tapa del obús en el soporte y situar el crisol entre los dos hilos gruesos verticales. 4. Medir y cortar el alambre de ignición de acuerdo con lo que se necesite. 5. Conectar el alambre de ignición entre los dos hilos, el alambre debe rozar la superficie de la muestra. 6. Enroscar la tapa en el obús de acero hasta que este seguro. 7. Conectar la válvula de entrada de O₂ con el tanque de O₂, abrir la llave de paso hasta 3 MPa y cronometrar 30 segundos. Pasado este tiempo cerrar la llave de paso. Desconectar el tanque de O₂ de manera rápida para no dejar escapar tanta cantidad de oxígeno. 8. Ubicar el obús en el fondo del vaso del calorímetro, conectar los cables de conexión eléctrica. Como se demuestra en el ANEXO A. 9. Con ayuda de la bomba manual llenar con agua destilada la vasija de doble pared. El agua debe quedar por debajo de la conexión eléctrica. 10. Tapar la bomba e insertar el termómetro digital. 11. Una vez todo este bien conectado se encenderá el agitador, después de que el equipo registre 10 datos de temperatura se debe iniciar la ignición. 12. A continuación, se empezarán a registrar los datos de temperatura cada 30 segundos. Cuando el registro se encuentre en un rango de 26 a 31 se puede dar fin al proceso. 13. Se procede a tomar los datos de temperatura y se apaga el agitador. 14. Por último, se extrae el obús de la vasija, desconectar los cables eléctricos y con ayuda de la válvula de desfogue se elimina los gases producidos por la combustión, de esta manera la tapa se desenrosca fácilmente. <p>Primero es necesario establecer la capacidad calórica del equipo:</p> $\epsilon = \frac{Q_c \times M_c + 40}{\Delta T}$ <p style="text-align: right;">Ec. (3-3)</p> <p>Q_c: Poder calorífico de la pastilla J/g (pastilla que se utilice para calibrar el equipo)</p> <p>M_c: Peso de la pastilla, g.</p> <p>ΔT: Variación de la temperatura. °C</p>	

Para la determinación del poder calorífico se usa la siguiente expresión:

$$Q = \frac{\epsilon \times \Delta T - 40}{G}$$

Ec. (4-3)

ϵ : Capacidad calorífica del equipo, J/°C.

ΔT : Variación de la temperatura, °C.

G: Peso de la muestra puesta en el crisol, g.

Realizado por: Guevara, M. 2022.

3.6.6. Fabricación de briquetas

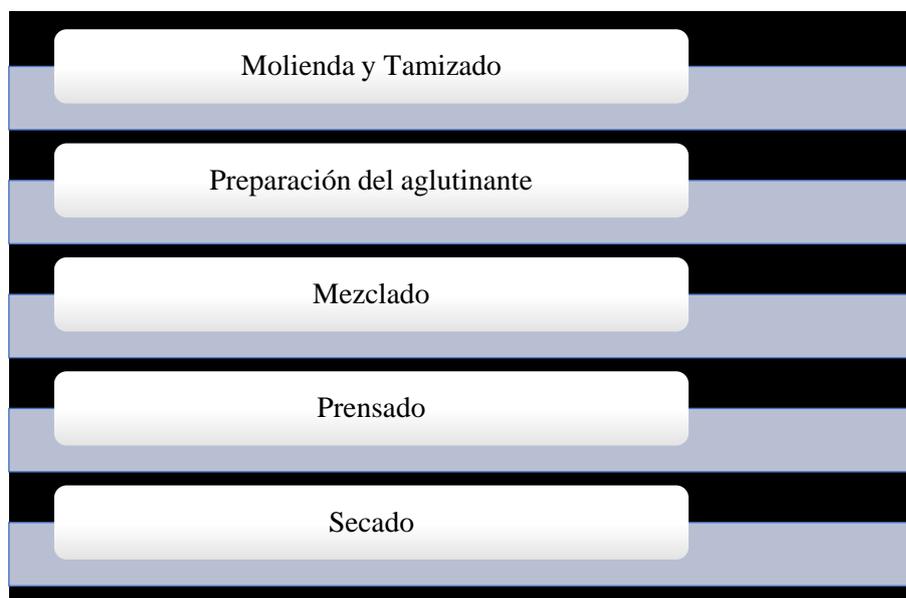


Ilustración 2-3. Proceso para la fabricación de briquetas

Realizado por: Guevara, M. 2022.

- **Molienda y tamizado:** Para facilitar la compactación de la mezcla se recomienda trabajar con un tamaño de partícula menor a 3 mm, por ende, es necesario moler y/o triturar la tusa de maíz y la cáscara de papa, para posteriormente tamizar y homogenizar el material.
- **Preparación de aglutinante:** Debido a que el principal objetivo del presente trabajo de investigación es el poder calorífico se decidió utilizar la menor cantidad posible de este componente de tal manera que este dato no tenga una variación significativa. Al ser un material orgánico, combustible y que durante la combustión mantiene la forma de la briqueta se va a utilizar almidón de yuca en una proporción de 4 a 8 % en peso. Primero se necesita disolver en una cantidad pequeña de agua fría el almidón pesado anteriormente agitando constantemente. En otro recipiente calentar agua, una vez este alcance el punto de ebullición

de manera progresiva se va a incorporar el almidón con agua fría y mezclar constantemente. Cuando la mezcla llegue a la temperatura de ebullición se apaga y se deja enfriar.

- **Mezclado:** al tener definido la mezcla que dio como resultado el mayor poder calorífico se procede a adicionar el aglutinante antes preparado y de ser necesario más agua, con la ayuda de un mezclador de hélice durante 10 min se homogenizan todos los componentes. Por último, para dar por aceptable la mezcla para la máquina, con una poca porción de la mezcla se forma una pequeña bola con la mano y se verifica si permanece igual o se agrieta, de ser lo último la mezcla no es aceptable.
- **Prensado:** En este paso se debe definir la forma y el tamaño de las briquetas. Se selecciona el molde y se ubica en la máquina, posteriormente se alimenta el equipo con la mezcla obtenida como se demuestra en el ANEXO A la presión que se va a utilizar será entre 0,8 – 1,7 KPa. Finalmente se desmolda cada briqueta.
- **Secado:** Se lo puede realizar al aire libre, pero por cuestión de tiempo en el presente trabajo se lo realiza en un secador de bandejas como se puede observar en el ANEXO A hasta que el peso de estas sea constante. Para que una briqueta se pueda someter a un proceso de combustión debe tener una humedad menor al 5%.

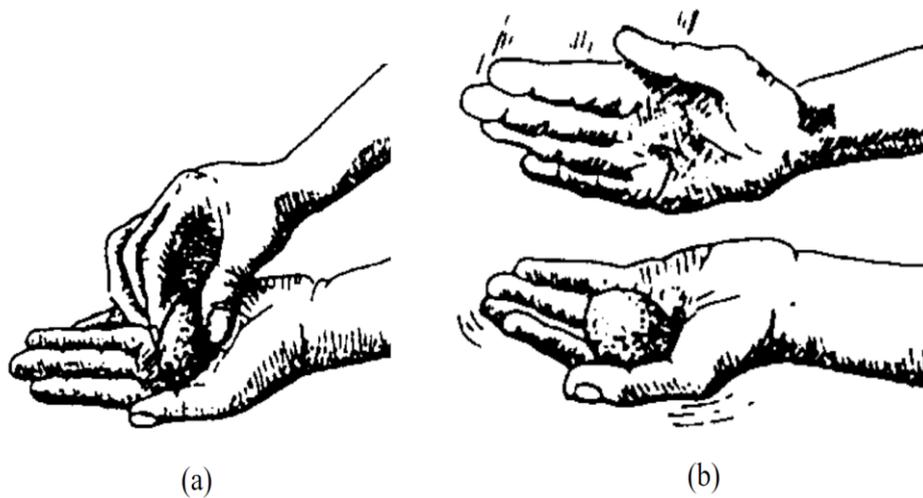


Ilustración 3-3: (a) Presión ligera a la mezcla (b) Verificación

Fuente: (Araujo et al., 2021, p.21)

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Cálculos y resultados

4.1.1. Cálculos

4.1.1.1. Cálculo del porcentaje de humedad

$$\text{Humedad, \%} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$$

Ec. (1-4)

$$\text{Humedad, \%} = \frac{(5,597 - (96,444 - 91,435))}{5,597} \times 100$$

$$\text{Humedad, \%} = 10,506$$

4.1.1.2. Cálculo del porcentaje de cenizas

$$\text{Ceniza, \%} = \frac{(A \times 100)}{B}$$

Ec. (2-4)

$$\text{Ceniza, \%} = \frac{((43,126 - 43,075) \times 100)}{2,351}$$

$$\text{Ceniza, \%} = 2,169$$

4.1.1.3. Cálculo de la determinación de la capacidad calorífica de la bomba calorimétrica

$$\epsilon = \frac{Q_c \times M_c + 40}{\Delta T}$$

Ec. (3-4)

$$\epsilon = \frac{26457 \times 0,9794 + 40}{0,787}$$

$$\epsilon = 32975,84 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

4.1.1.4. Cálculo de la determinación del poder calorífico

$$Q = \frac{\epsilon \times \Delta T - 40}{G}$$

Ec. (4-4)

$$Q = \left(\frac{32975,84 \times 1,02 - 40}{0,8} \right) \times \frac{1}{1000}$$

$$Q = 39,6034 \text{ KJ/g}$$

4.1.2. Resultados

4.1.2.1. Resultados del porcentaje de humedad

Aplicando la fórmula antes descrita se pudo determinar los porcentajes de humedad presentes en las muestras con las que se va a trabajar. De cada muestra se realizó dos pruebas para posteriormente obtener un promedio y que el porcentaje de humedad sea más exacto.

Tabla 1-4: Resultados de porcentaje de humedad

	Resultados	
	Cáscara de Papa	Tusa de Maíz
Humedad (%)	7,783	10,506
	7,670	10,948
Promedio	7,726	10,727

Realizado por: Guevara, M. 2022.

El promedio del porcentaje de humedad es de 7,726 % y 10,727% para cáscara de papa y tusa de maíz respectivamente demostrando así que esta cantidad no es elevada lo cual no influenciara de manera negativa para la biomasa y posteriormente para la determinación del poder calorífico

4.1.2.2. Resultados del porcentaje de cenizas

En la siguiente tabla se presenta los porcentajes de cenizas presentes en los materiales a utilizar después de someterlos a la metodología antes mencionada:

Tabla 2-4: Resultados de porcentaje de cenizas

	Resultados	
	Cáscara de Papa	Tusa de Maíz
Cenizas (%)	13,267	2,169
	12,953	2,693
Promedio	13,110	2,431

Realizado por: Guevara, M. 2022.

El porcentaje de cenizas representa la materia sólida no combustible que presente un material después de la combustión este parámetro puede afectar de manera negativa al poder calórico ya que al momento de eliminarla puede representar un inconveniente por esta razón un porcentaje menor de cenizas será lo ideal para el proceso de combustión. Con esta premisa se ha determinado que esta materia sólida en el caso de la cáscara de papa será de 13,110% y para la tusa de maíz es de 2,341%

4.1.2.3. Resultados del análisis de C, H, O, N, S

A continuación, se presentan los valores adquiridos del Analizador elemental obtenido:

Tabla 3-4: Resultados de C H O N S.

Muestra	Método	Resultados		Unidad
		Carbono	Nitrógeno	
Cáscara de Papa	Oxidación completa por combustión	40,535	1,314	%
Tusa de Maíz		44,839	0,954	%

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Se puede observar que ambos residuos agroindustriales poseen un porcentaje considerable de carbono el cual en cierto punto beneficiara al proceso de combustión. En el caso de nitrógeno sus porcentajes deben ser menores ya que esto disminuirá la producción de gases que sean perjudiciales para el medio ambiente.

En relación con el oxígeno e hidrógeno al momento de realizar una oxidación completa del combustible estos valores serán bajos lo cual asegura valores de calentamiento altos.

4.1.2.4. Resultados de la caracterización de la nanocelulosa

- Espectroscopia infrarroja: Mediante el método antes descrito se pudo obtener la espectroscopia infrarroja de la nanocelulosa que se indica en la siguiente figura:

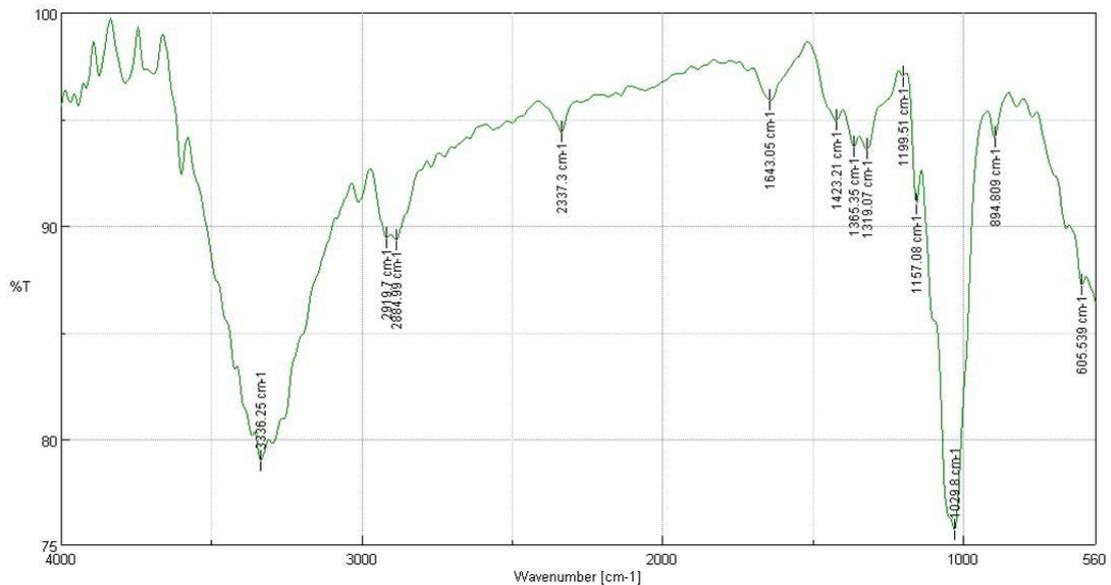


Ilustración 1-4: Espectroscopia infrarroja de la nanocelulosa.

Realizado por: Guevara, M. 2022.

En la Figura 1-4 se muestra el espectro IR de la nanocelulosa con un rango vibracional que va desde 4000 a 560 cm^{-1} . Se pueden observar picos característicos que muestran la presencia de ligninas, hemicelulosa y pectina.

La presencia de lignina se demuestra en la longitud de onda de 3336,25 cm^{-1} correspondiente a un estiramiento del grupo alcohólico del polisacárido, en la banda 2919,7 cm^{-1} se demuestra una vibración perteneciente al enlace C-H, principal componente lignocelulósico. La presencia de ácidos carboxílicos y enlaces éster se pueden observar en las bandas 2884,99 cm^{-1} y 1157,08 cm^{-1} correspondientemente, estos componentes son propios de la hemicelulosa y lignina que la celulosa presenta en grandes cantidades

Los picos que se representan desde las bandas 1643,05 cm^{-1} hasta 1365,35 cm^{-1} no presentan gran intensidad y pertenecen al grupo de alcanos.

- Microscopia electrónica de barrido (SEM): Mediante el proceso anteriormente descrito se obtuvo las siguientes imágenes:

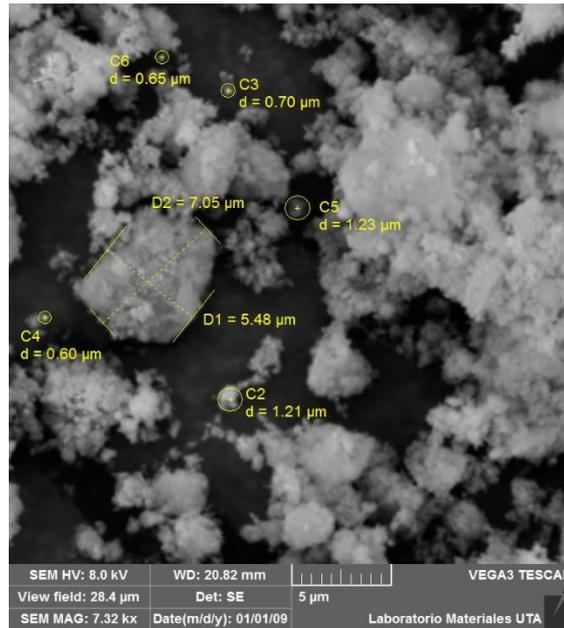


Ilustración 2-4: Imágenes SEM de la nanocelulosa.

Realizado por: Guevara, M. 2022.

En la Figura 2-4 se puede distinguir que el diámetro de partícula va desde 0,60 μm a 7,05 μm , estas nanopartículas en su mayoría se ven dispersas y es más fácil distinguir el tamaño de las partículas presentes.

4.1.2.5. Resultados de la determinación del poder calorífico

- Poder calorífico de biomasa sin nanocelulosa

Con la ayuda de la bomba calorimétrica, su debida calibración y aplicando las fórmulas detalladas con anterioridad, se determinó el poder calorífico de diferentes porcentajes de la cáscara de papa y tusa de maíz, los mismos que se representan a continuación:

Tabla 4-4: Resultados de poder calorífico sin nanocelulosa

Variables	Biomasa					
	B ₁		B ₂		B ₃	
	CP	TM	CP	TM	CP	TM
%	70	30	50	50	30	70
Peso (g)	0,56	0,24	0,4	0,4	0,24	0,56
G (g)	0,8		0,8		0,8	
ϵ (KJ/°C)	32,9758		32,9758		32,9758	
T ₀ (°C)	22,006		22,499		22,241	

T_f (°C)	22,968	23,439	23,261
ΔT (°C)	0,962	0,94	1,02
Q (KJ/g)	39,6034	38,6966	41,9942

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Como indica la Tabla 4-4 la composición que muestra el mayor poder calorífico es la conformada por 70% de tusa de maíz y 30% de cáscara de papa, se puede deducir este valor ya que por separado la tusa de maíz presenta mayor porcentaje de carbono y su poder calorífico calculado por separado tiene un valor de 41,541 KJ/g.

- Poder calorífico de biomasa con nanocelulosa

Una vez determinado el porcentaje que cada componente formara la biomasa se realizaron dos experimentos con el fin de conseguir un valor de poder calorífico más acertado.

Tabla 5-4: Resultados con 15% de nanocelulosa

B₃ con 15 % de NANOCELULOSA		
	Experimento 1	Experimento 2
G (g)	0,8	0,8
ε (KJ/°C)	32,9758	32,9758
T_o (°C)	22,496	22,432
T_f (°C)	23,478	23,416
ΔT (°C)	0,982	0,984
Q (KJ/g)	40,4278	40,5103
Promedio	40,4691	

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Al adicionar un 15% de nanocelulosa a la biomasa antes elegida se obtendrá 40,4278 KJ/g y 40,5103 KJ/g del experimento 1 y 2 respectivamente, mientras que el promedio obtenido de estos valores será de 40,4691 KJ/g.

Tabla 6-4: Resultados con 30% de nanocelulosa

B₃ con 30 % de NANOCELULOSA		
	Experimento 1	Experimento 2
G (g)	0,8	0,8
ε (KJ/°C)	32,9758	32,9758
T_o (°C)	22,994	22,463
T_f (°C)	23,972	23,459

ΔT (°C)	0,978	0,996
Q (KJ/g)	40,2630	41,0049
Promedio	40,6339	

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Con la adición del 30% de nanocelulosa en el experimento 1 se obtuvo un poder calorífico de 40,2630 KJ/g y en el experimento 2, 41,0049 KJ/g. El promedio de los dos experimentos es de 40,6339 KJ/g.

Tabla 7-4: Resultados con 45% de nanocelulosa

B₃ con 45 % de NANOCELULOSA		
	Experimento 1	Experimento 2
G (g)	0,8	0,8
ε (KJ/°C)	32,9758	32,9758
T_o (°C)	22,696	23,345
T_f (°C)	23,725	24,399
ΔT (°C)	1,029	1,054
Q (KJ/g)	42,3652	43,3957
Promedio	42,8804	

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Por último, al añadir 45% de nanocelulosa el poder calorífico del experimento 1 y 2 es de 42,3652 KJ/g y 43,3957 KJ/g, el valor del promedio de los poderes caloríficos es de 42,8804 KJ/g.

En el siguiente gráfico se puede notar como en cada experimento se nota un ligero aumento entre ellos, esto se puede deber a factores externos o propios de la bomba calorimétrica.

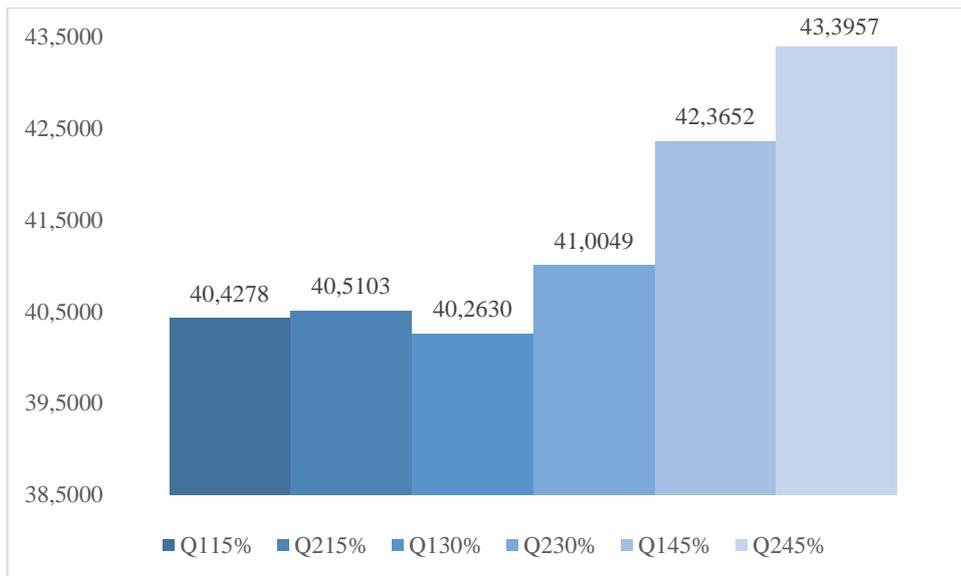


Ilustración 3-4. Comparación entre experimentos con diferentes porcentajes

Realizado por: Guevara, M. 2022.

4.1.2.6. Resultados de la fabricación de briquetas



Ilustración 4-4: Briquetas de tusa de maíz y cáscara de papa.

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Como se presenta en el Figura 3-4 las briquetas se elaboraron con 70% de tusa de maíz y 30% de cáscara de papa, se utilizó 6 kg de materia prima inicial para conseguir 5 kg de producto final de briquetas. Mediante pruebas de error y ensayo para lograr que la consistencia de la mezcla sea la deseada se determinó que la proporción del aglutinante debe ser del 8% en peso y la proporción de agua será que por cada un gr de mezcla seca se utilizara 2,25 ml. Se debe tener en cuenta que el aglutinante se disolverá en la proporción de agua. Después de la compactación se consiguieron

aproximadamente 320 briquetas con un peso de 16 gr, una longitud de 4,6 cm y un diámetro de 3 cm.

Tabla 8-4: Parámetros de briquetas fabricadas

Parámetros de elaboración	
Peso	16 gr
Longitud	4,6 cm
Diámetro	3 cm

Realizado por: Guevara, M. 2022.

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Porcentaje de humedad

Según Blasco (2018) menciona que la humedad es un factor que influye de manera inversa al proceso de la combustión, es decir, mientras más porcentaje de humedad exista en la muestra menor será el rendimiento de la combustión.

Para que la biomasa agrícola se pueda utilizar como un biocombustible es necesario que el porcentaje de humedad no supere el 15%, basándose en dichos antecedentes al obtener un porcentaje de 7,726% de humedad en la cáscara de papa y 10,727% en la tusa de maíz dichos materiales son óptimos y se encuentran en condiciones para determinar su poder calorífico (Moya, 2017).

De acuerdo con un estudio antes realizado y en el cual se obtuvo un valor de 9,85% de humedad en cultivos de papa y 12,28% en cultivos de maíz se puede decir que los valores obtenidos anteriormente tienen una cierta diferencia ya que el material que se utilizó en este estudio se lo realizó después de secarlo en un secador de bandejas, pero el método que se utilizó para obtener este parámetro se realizó exactamente igual (López, 2021, p.51).

4.2.2. Porcentaje de cenizas

En los residuos agrícolas el rango de contenido de cenizas se encuentra entre 10-15% se debe tener en cuenta el tamaño de partícula con el cual se va a calcular este porcentaje.

Según López (2021, p.55) indica que el porcentaje de cenizas es de 2,47% y 14,66% de cultivo de maíz y papa respectivamente, mientras que en el análisis realizado para este proyecto se tiene un porcentaje de 13,110% de cenizas en la cáscara de papa y 2,431% de la tusa de maíz siendo esta última de mejor calidad al presentar menor contenido de cenizas.

4.2.3. Caracterización de nanocelulosa.

4.2.3.1. Espectroscopia infrarroja

Teniendo en cuenta a Lozada (2020, pp 76-78) y el trabajo realizado los grupos funcionales presentes en la nanocelulosa extraída de la cáscara de café presenta valores muy similares a los descritos en el apartado de resultados. En el caso del autor antes mencionado se encontraron valores muy bajos de grupos sulfatos debido al método de hidroxilación acida que se utilizó en su trabajo. En términos generales se concuerda en la presencia de lignina, hemicelulosa y polisacáridos de diferente tipo.

4.2.3.2. Microscopia electrónica de barrido

Como se ha planteado con anterioridad el diámetro obtenido de las nanopartículas se encuentra entre 0,60 μm – 7,05 μm , según Moon et al. (2011, p3947) los nanomateriales son los que presentan diámetros menores a 100 μm , es decir, que el material que se utilizó en el siguiente proyecto cumple con los requisitos para ser llamado nanocelulosa. Por otra parte, como lo detalla (García et al., 2021, p.p 154-156) el método que se utilice para sintetizar la celulosa va a ser muy importante para obtener el tamaño de partícula, se ha comprobado que al emplear un método químico las partículas serán de menor tamaño.

4.2.4. Determinación de poder calorífico sin nanocelulosa

Como se representa en la Tabla 4-4 la mezcla de 70% de tusa de maíz y 30% de cáscara de papa es la que posee el mayor poder calorífico de las 3 composiciones propuestas. Al realizar el experimento de la tusa de maíz y la cáscara de papa por separado se obtuvo un valor de 41,541 KJ/g y 40,487 KJ/g respectivamente. De acuerdo con López (2021, p.42) el poder calorífico obtenido en los cultivos de maíz y papa son de 16,858 KJ/g y 17,165 KJ/g se puede observar que estos valores difieren debido al porcentaje de humedad que los materiales mostraron, en el anterior apartado se detalla los valores de humedad conseguidos favorecen al poder calorífico de las muestras por separado. Al momento de mezclar dichas biomasas el poder calorífico fue determinado, resultando un valor de 41,9942 KJ/g que va en concordancia con lo anterior descrito

4.2.5. Determinación de poder calorífico con nanocelulosa

Al adicionar un 15% de peso en la biomasa antes elegida se puede notar que no existe un incremento del poder calorífico esto se puede deber a que al aumentar nanocelulosa se incrementa el porcentaje de carbono, pero el oxígeno no es el suficiente para que el poder calorífico aumente, esto no quiere decir que la eficiencia de la combustión no vaya a aumentar, pero dicho análisis se comprobara con otro método.

Con la adición del 30% de nanocelulosa pasa algo similar que el caso anterior se nota un ligero aumento del poder calorífico con referencia al anterior mas no un aumento con el de la biomasa elegida sin nanocelulosa. El porcentaje de nanocelulosa añadido en relación con el oxígeno teórico no es el suficiente para que desprenda la mayor capacidad de energía requerida para aumentar el poder calorífico.

A diferencia de los casos anteriores al acrecentar la mezcla a un 45% de nanocelulosa se logra aumentar el poder calorífico, esto debido que la cantidad de nanopartículas adicionales contara con el oxígeno teórico necesario para que la oxidación se pueda dar de manera que sea completa liberando así el máximo de energía. Aunque esta adición supone un aumento de poder calorífico el porcentaje de nanocelulosa empleado no es significativo al porcentaje de aumento, ya que al adicionar el 45% de nanopartículas de celulosa solo se consigue un 2,10% de aumento, haciendo que este procedimiento no sea viable.

4.2.6. Comparación bibliográfica de biomasa enriquecida con nanocelulosa frente a otras biombras.

No se ha encontrado un estudio completo en el que se analice de manera conjunta los 3 elementos propuestos en este proyecto, el mayor poder calorífico que se obtuvo en el mismo es de 42,880 KJ/g que está conformado por 45% de nano celulosa, 38,5% de tusa de maíz y 16,5% de cáscara de papa.

En el caso de la cáscara de papa no se ha utilizado como componente de la biomasa como tal, pero según el análisis de Díaz (2018, pp.35-41) la cáscara de papa se utiliza como aglutinante en la fabricación de briquetas, al formar parte de la biomasa este elemento influye en el poder calorífico, pero no se conoce su valor de manera individual, en dicho estudio el mayor poder calorífico que se determino es de 41,54 KJ/g utilizando un porcentaje de 74% cáscara de papa como aglutinante para la biomasa se puede deducir que este elemento favorece al aumento del poder calorífico debido al porcentaje de carbono que presenta en su estructura por ende este será de gran utilidad como parte de la biomasa o como un aglutinante para la elaboración de materiales bicombustibles.

Por el contrario, con la tusa de maíz se han generado otros tipos de biomasa un ejemplo de esto es el combustible gaseoso propuesto por Gómez et al (2019, pp.3-8) en el cual la tusa de maíz forma un papel importante ya que es el principal componente de este biocombustible, así como lo es en la biomasa elegida que contiene un 70% de tusa de maíz. El poder calorífico que se obtuvo del producto individual de la tusa de maíz fue de 4,23 MJ/Nm³ se debe considerar que las unidades no serán las mismas ya que se está tratando de diferentes estados de biomasa, pero al momento de comparar con el poder calorífico obtenido en el presente proyecto se puede verificar que es aceptable, concluyendo así que los residuos agroindustriales del maíz son de mejor calidad para la formación de biomasas y/o biocombustibles en cualquier estado. Lo que se debe tomar en cuenta será el proceso de producción y los parámetros para analizar ya que de esto dependerá el poder calorífico que se vaya a lograr.

En cuanto a la nanocelulosa se pretende emplearla en más campos industriales por las especiales características que presenta una de ellas y de mayor importancia es la de combustibles limpios.

4.3. Prueba de hipótesis

En la siguiente tabla se demuestra:

Tabla 9-4: Poder calorífico con nanocelulosa

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7,25900141	2	3,6295007	13,4491081	0,0317844	9,5520945
Dentro de los grupos	0,80960775	3	0,26986925			
Total	8,06860916	5				

Realizado por: Guevara, M. 2022.

Mediante un análisis de varianza aplicado a los datos de poder calorífico obtenidos de los dos experimentos con diferentes porcentajes de nanocelulosa, con un 95% de nivel de confianza, se obtiene un valor de F de 13,449 mayor que su valor crítico 9,552 por esta razón se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que la nanocelulosa añadida en diferentes porcentajes no representa un aumento del poder calorífico.

Este análisis concluye que se rechaza la hipótesis de que el poder calorífico aumentará en un 15% con la adición de nanocelulosa a la biomasa obtenida de tusa de maíz y cáscara de papa

Para cumplir con la hipótesis planteada de aumentar en un 15% el poder calorífico de la biomasa se debía lograr un poder calorífico de 48,293 KJ/g aproximadamente.

CONCLUSIONES

- Se determinó el poder calorífico de residuos agroindustriales de tusa de maíz y cáscara de papa enriquecidas con nanoesferas de celulosa como opción viable en procesos de combustión, teniendo como resultado que la mezcla a la que se le añadió el 45% de nanocelulosa un valor de 42,8804 KJ/g de poder calorífico, que si bien el valor aumenta la diferencia no es significativa para el estudio presente.
- Se caracterizó la biomasa de tusa de maíz y cáscara de papa mediante análisis proximal del cual se obtuvieron porcentajes de humedad de 7,726 % y 10,727% y 13,110% y 2,341% de cenizas los cuales son aptos para utilizar dichos materiales como una fuente de energía en el proceso de combustión, de igual manera se analizó la composición química de los mismo, dando como resultado un valor 40,535% y 44,839% de carbono que es de gran importancia en la composición de un combustible.
- Se obtuvo nanocelulosa mediante un procedimiento mecánico que permitió la producción de tales partículas y con la utilización de métodos como la espectroscopia de infrarrojo y microscopia electrónica de barrido se pudo confirmar el tamaño requerido para ser utilizado como aditivo en la biomasa conformada por tusa de maíz y cáscara de papa.
- Se determinó el poder calorífico generado por la biomasa de tusa de maíz y cáscara de papa con diferentes porcentajes de estas, resultando la biomasa conformada de 70% tusa de maíz y 30% de cáscara de papa la de mayor poder calorífico con un valor de 41,541 KJ/g, esto con el fin de utilizar esta mezcla con diferentes porcentajes de nanoesferas de celulosa.
- Se analizó bibliográficamente el valor del poder calorífico obtenido de las biomásas de tusa de maíz y cáscara de papa enriquecida con nanoesferas de celulosa comparadas con otras biomásas obtenidas en diferentes estudios, esto dio a conocer que la aplicación de nanomateriales con biocombustibles sólidos, no es muy aplicada debido a que la obtención de nanopartículas tiene un alto valor monetario y no es viable su combinación con biomásas para elevar su poder calorífico y reemplazar las fuentes comunes de combustibles.
- Se fabricó briquetas a base de biomasa conformada por 70% tusa de maíz y 30% cáscara de papa que presento el mayor poder calorífico, a la cual se le añadió el 8% en peso de aglutinante con el que se consiguió la mejor consistencia y no se alteró la composición de la mezcla madre, esto con el fin de impulsar el estudio a fondo de este material y conocer si este producto es viable como fuente alternativa de energía.

RECOMENDACIONES

- Dejar secar al aire libre la cáscara de papa y tusa de maíz algunos días para que el proceso de secado en bandejas dure menos tiempo.
- Para que la molienda de la tusa de maíz se realice con facilidad se recomienda cortar en pedazos pequeños y si es posible molerlos en un molino de martillos para reducir el tamaño de partícula.
- Se recomienda conservar la biomasa obtenida en un envase totalmente sellado para que el material no se humedezca al contacto con el aire.
- Al momento de purgar el obús de la bomba calorimétrica se recomienda hacerlo de manera rápida y precisa para que no se elimine más de la cuenta de oxígeno.
- Se recomienda que antes de realizar la corrida de la bomba calorimétrica homogenizar el agua de enfriamiento que recubre la vasija para obtener valores exactos de temperatura y evitar datos atípicos de poder calorífico.

BIBLIOGRAFÍA

Almache, C. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA. Riobamba, Espoch. (2020) p-23. Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://www.espoch.edu.ec/index.php/facultad-de-mecanica.html>

Araujo, A., Cartagena, Y., Castillo, C., & Cuesta, X. *Manual del cultivo de papa para pequeños productores* [en línea]. Ecuador-Quito, 2021, EC: INIAP-EESC, 2021 Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5672>

Blasco, C. RedacciA "Cielo"(2018). 4(33) [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://nuevaepoca.revistalatinacs.org/index.php/revista/article/view/575>

Casanova, É., Guerrero, W., Roldán, G., & Salazar, R. 2426-Artículo completo-17365-6-10-20220329 *biodigestor*. (2022). 4(33) [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/esferas/citationstylelanguage/get/acs-nano?submissionId=2426&publicationId=1941>

Chaparro, J., Mostazo, J., Salinas, D., Morallón, E., & Cazorla, D. "Residuos de biomasa como plataforma para obtener materiales carbonosos porosos mediante carbonización hidrotermal en presencia de H₃PO₄", *Boletín GEC carbonoso*. (2020).1(55), pp. 22-27[Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: www.rseq.org

Chávez-Sifontes, M. "La biomasa: fuente alternativa de combustibles y compuestos químicos". In *An. Quím* (2019). (Vol. 115, Issue 5) [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: www.rseq.org

Díaz, P. ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL. (Trabajo de titulación). (Ingeniería), UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERIA Ecuador. 2018. pp. 20-23.

Espinoza, B., Macías, J., & Villarroel, J. "Biocombustible Sólido A Partir De Residuos Que Generan Los Procesos Agroindustriales Del Sector El Empalme Revista Ingeniería e Innovación". *Revista Ingeniería e Innovación*, 1–5. (2020). Vol. 11 [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: file:///C:/Users/Dieguin/Downloads/imarquez,+2333-Texto+del+arti%CC%81culo-10411-1-10-20210323_pagenumber.pdf

Fonseca, E., & Tierra, L. DESARROLLO DE UN PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE BRIQUETAS DE ASERRÍN DE MADERA Y CASCARILLA DE ARROZ, Y PRUEBAS DE PRODUCCIÓN DE GAS POBRE. (Trabajo de titulación). (Ingeniería), ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Ecuador. 2011. pp. 20-23.

Galarza, R., & Mena, J. OBTENCIÓN DE NANOCELULOSA MEDIANTE LA HIDRÓLISIS ÁCIDA DE LA CÁSCARA DE SOLANUM TUBEROSUM. (Trabajo de titulación). (Ingeniería), ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Ecuador. 2021. pp. 20-23.

Garcés, R., & Martínez, S. *Poder calorífico*. (Trabajo de titulación). (Ingeniería), UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA Ecuador. 2007. pp. 20-23 [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11773/2/ESPEL-MAI-0557-P.pdf>

García, D., Zegarra, R., Jave, J., & Ruiz, A. "Morphological characterization by scanning electron microscopy of nanocelluloses of watermelon (*Citrullus lanatus*) peel". *Agroindustrial Science*, (2021). 11(2), 149–157. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.03>

Gómez, R. D., Camargo, D. A., Soto, C. C., & Bula, A. J. "Synergistic evaluation of residual biomass gasification in mixtures of corn and cotton". *Informacion Tecnologica*, (2019). 30(6), 11–20. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600011>

Izquierdo, R. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE. (2012).

Kargarzadeh, H., Ioelovich, M., Ahmad, I., Thomas, S., & Dufresne, A. *Methods for Extraction of Nanocellulose from Various Sources* (2017).

López, I. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO [blog]. Ecuador, 2021. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://uta.edu.ec/v4.0/index.php/sala-de-prensa/119-sala-de-prensa/2022/2842-rector-de-la-uta-designado-como-miembro-de-la-academia-nacional-de-historia>

Lozada, A. *DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN PETROQUÍMICA. SERTY.7(3)*, (2020). pp.30-100. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisach>

Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J., & Youngblood, J. "Cellulose nanomaterials review: Structure, properties and nanocomposites". *Chemical Society Reviews*, (2011). 40(7), 3941–3994. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://doi.org/10.1039/c0cs00108b>

Moya, R. "USO DE LA BIOMASA FORESTAL Y RESULTADOS DE PROPIEDADES DENDROENERGÉTICAS PARA ESPECIES DE INTERÉS AUTOR: RECONOCIMIENTO TÉCNICO: DICIEMBRE 2017 3 USO DE LA BIOMASA FORESTAL Y RESULTADOS DE PROPIEDADES DENDROENERGÉTICAS PARA ESPECIES DE INTERÉS". *Reviews*, (2017). 1(3), 3941–3994. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://doi.org/10.1039/c0cs00108b>

Nogués, S., & Royo, J. *CICLO ENERGÍAS RENOVABLES JORNADAS DE BIOMASA GENERALIDADES* [en línea]., 2002, Fundación CIRCE, Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: http://www.agenergia.org/wp-content/uploads/2018/05/1234281334_Gralidades_biomasa.pdf

Pérez, R. H., Álvarez Castillo, A., Olarte Paredes, A., & Salgado Delgado, A. M. "Obtención de nanocelulosa a partir de residuos postcosecha".. *Revista Interdisciplinaria En Nanociencias y Nanotecnología*, (2021). 16(30). [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2023.30.69662>

Puente, E. TRABAJO FIN DE GRADO (Trabajo de titulación) (Licenciatura) Facultad de Ciencias Humanas y Sociales Panamá, 2020. pp.20-30. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/47388/TFG-%20Casado%20Puente%2C%20Claudia.pdf?sequence=1>

Pumisacho, M., & Sherwood, S. *EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR* [en línea]*Ecuador-Quito: INIAP-CIP*, 2002. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://cipotato.org/wpcontent/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>

Rodríguez, E., Prieto, P., & Sanz, E. *BIOMASA, BIOCOMBUSTIBLES Y SOSTENIBILIDAD*. [en línea]. España-Madrid, 2012, Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario, Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>

Romero, L. *FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL*. (2021).

Sanaguano, S. OBTENCIÓN DE NANOCELULOSA A PARTIR DE LA HOJA DE MAZORCA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) MEDIANTE EL PROCESO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA. (Trabajo de titulación). (Ingeniería), ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Ecuador. 2011. pp. 20-23.

Vargas, A., & Pérez, I. (2018). "APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE USE OF AGRO-INDUSTRIAL WASTE IN IMPROVING THE QUALITY OF THE ENVIRONMENT". *Revista Facultad de Ciencias Básicas Historia Del Artículo Resumen / Abstract* /, 14(1), pp.59–72. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rfcb.xxxx>

Villa, M., Crespo-Berti, L., & Cruz, J. "TITLE: Biofuels, an ecological alternative for sustainable development in Ecuador", *Imbabura province*.7(3), (2021), pp.30-100. [Consulta: 14 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>



ANEXOS

ANEXO A: DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE TUSA DE MAÍZ Y CÁSCARA DE PAPA ENRIQUECIDAS CON NANOESFERAS DE CELULOSA COMO OPCIÓN VIABLE EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN

a)	b)	c)						
		 						
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Guevara Sanandrés Melanny						
a) a) Tusa de maíz seca. b) b) Cáscara de papa seca c) c) Molienda de tusa de maíz y cáscara de papa	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar							
		DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO						
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">LÁMIN A</th> <th style="width: 33%;">ESCALA</th> <th style="width: 33%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">2022/10/08</td> </tr> </table>	LÁMIN A	ESCALA	FECHA	1	1:1	2022/10/08
LÁMIN A	ESCALA	FECHA						
1	1:1	2022/10/08						

d)



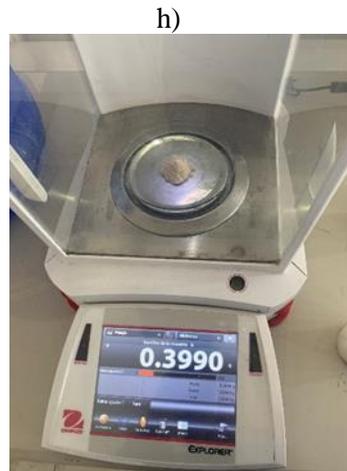
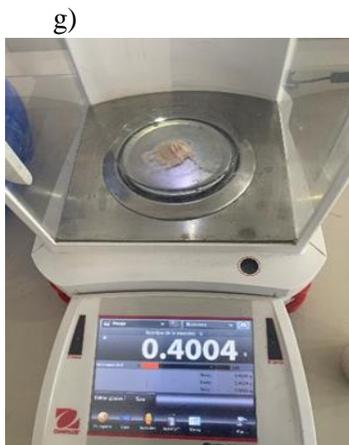
e)



f)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Guevara Sanandrés Melanny	DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO		
a) d) Pesaje de la muestra para porcentaje de humedad b) e) Pesaje de la muestra para contenido de ceniza c) f) Carbonización de la muestra	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	2022/10/08



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Guevara Sanandrés Melanny	DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO		
a) g) Pesaje de biomasa de cáscara de papa para la bomba calorimétrica.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) h) Pesaje de biomasa de tusa de maíz para la bomba calorimétrica. c) i) Preparación y ubicación de la muestra para la bomba calorimétrica.	<input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		3	1:1	2022/10/08

j)



k)



l)

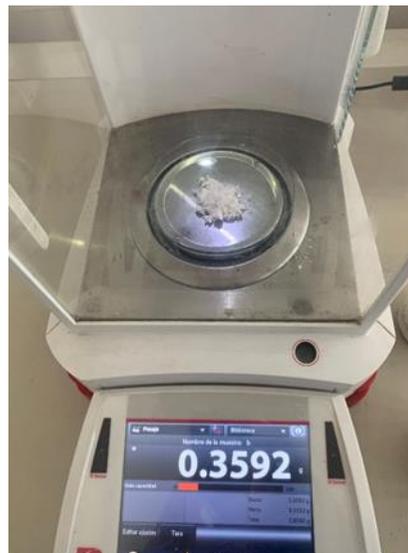


NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Guevara Sanandrés Melanny	DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO		
a) j) Purga de oxígeno b) k) Ubicación del obús dentro de la vasija de la bomba calorimétrica c) l) Conexión y puesta en funcionamiento de la bomba calorimétrica.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4	1:1	2022/10/08

m)



n)



o)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Guevara Sanandrés Melanny	DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO		
e) Resultado de la combustión dentro de la cámara de combustión f) Pesaje de nanocelulosa. g) Toma de datos de los experimentos.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	2022/10/08

p)



q)



r)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Guevara Sanandrés Melanny	DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO			
a) p) Preparación de la mezcla adecuada q) Prensado de la mezcla en la briquetadora. b) r) Secado de briquetas	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA	
			6	1:1	2022/10/08	



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 30 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Melanny Cristina Guevara Sanandrés
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Rafael Inty Salto Hidalgo

0151-DBRA-UPT-2023