



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS

NATURALES Y DEL AMBIENTE

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

ELABORACIÓN DE PELLETS A PARTIR DE BIOMASA PROCEDENTE DE
PODA DE ÁRBOLES, Y SU UTILIZACIÓN COMO BIOCOMBUSTIBLE

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero
Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente,
Carrera de Agroindustria.**

AUTORES:

Kevin Ivan Guillin Andachi

Nelson Enrique Gómez Cherres

TUTOR:

Ing. Juan Gaibor Chávez PhD

GUARANDA - ECUADOR

2024

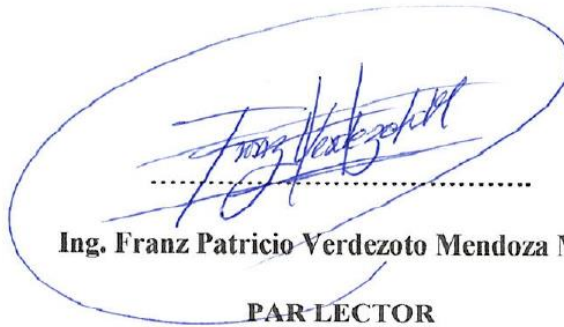
ELABORACIÓN DE PELLETS A PARTIR DE BIOMASA PROCEDENTE DE PODA
DE ÁRBOLES, Y SU UTILIZACIÓN COMO BIOCOMBUSTIBLE

REVISADO Y APROBADO POR:

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname, positioned above a horizontal dotted line.

Ing. Juan Gaibor Chávez. PhD

TUTOR

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MsC.

PAR-LECTOR

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

Ing. Herminia Sanaguano. PhD

PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Nosotros, Guillin Andachi Kevin Ivan con CI: 1718571431 y Gómez Cherres Nelson Enrique, con CI: 0202384475, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, su Reglamento y Normativa Institucional vigente.



A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized cursive letters, positioned above a horizontal dashed line.

Guillin Andachi Kevin Ivan

CI:1718571431

A handwritten signature in blue ink, featuring a large circular flourish, positioned above a horizontal dashed line.

Gómez Cherres Nelson Enrique,

CI: 0202384475

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and strokes, positioned above a horizontal dashed line.

Ing. Juan Gaibor Chávez PhD

CI: 0201051687



Notaria Tercera del Cantón Guaranda

Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez

Notario

No. ESCRITURA

20230201003P02897



**DECLARACION JURAMENTADA
OTORGADA POR:
KEVIN IVAN GUILLIN ANDACHI
NELSON ENRIQUE GOMEZ CHERRES
CUANTIA: INDETERMINADA
DI: 2 COPIAS
FACTURA. 001-005-000002085**

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día dieciocho de Diciembre del dos mil veintitrés ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparecen KEVIN IVAN GUILLIN ANDACHI soltero con celular 0967863140 y NELSON ENRIQUE GOMEZ CHERRES, soltero con celular 0968747689. por sus propios derechos. Los comparecientes son de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, hábiles e idóneos para contratar y obligarse a quienes de conocerlos doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana, bien instruidas por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presentan su declaración Bajo Juramento dicen: el criterio e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado "ELABORACIÓN DE PELLETS A PARTIR DE BIOMASA PROCEDENTE DE PODA DE ÁRBOLES, Y SU UTILIZACION COMO BIOCOMBUSTIBLE" es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autores previo a la obtención del título de Ingenieros en Agroindustrias" en la Universidad Estatal de Bolívar. HASTA AQUÍ LA DECLARACION La misma que queda elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a las comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquellos se ratifican y firman conmigo en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta Notaria la presente declaración de todo lo cual doy Fe.

KEVIN IVAN GUILLIN ANDACHI
C.C. 1718571431

NELSON ENRIQUE GOMEZ CHERRES
C.C. 0202384475

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ
NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA

El Nota..



NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis_Pellets_8_12_23.docx

AUTOR

Kevin Guillin

RECUENTO DE PALABRAS

20070 Words

RECUENTO DE CARACTERES

110347 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

116 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

12.2MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 8, 2023 12:00 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 8, 2023 12:02 PM GMT-5

● **4% de similitud general**

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

- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de Internet
- Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados



.....
Ing. Juan Gaibor Chávez. PhD
TUTOR

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios y a la virgen del Guayco, por darme vida, salud, motivación y sabiduría, elementos que me posibilitaron alcanzar mis anhelados objetivos.

Mi más profundo reconocimiento se dirige a mis padres María y Ángel, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida. Aprecio su amor incondicional, esfuerzo, sacrificio, consejos y apoyo, que me han guiado y moldeado hasta convertirme en la persona que soy. Les agradezco por ser referentes indispensables en mi vida académica, inculcándome valores, esfuerzo y buenas costumbres, por enseñarme la importancia de la perseverancia frente a las adversidades.

Expreso mi gratitud a mis hermanos por brindarme su amistad, confianza y ser mi fuente de inspiración para seguir avanzando. A mis familiares, quienes han estado atentos a mi desarrollo, proporcionándome apoyo, cariño, comprensión y valiosos consejos en todo momento.

“A la cafeína y al azúcar, mis compañeras en muchas largas noches de análisis y escritura” Robin Hobb (2016).

Kevin Guillin

DEDICATORIA

Dedicado principalmente a Dios nuestro padre celestial, en segundo a mis padres Carlos Dorindo Gómez Gómez y Carmen Esthela Cherres Villacrés, por su amor incondicional, apoyo constante y haberme brindado la oportunidad de una educación sólida. Su sacrificio y dedicación son la fuente de mi inspiración. A todos los docentes de la primaria, secundaria y en especial de esta prestigiosa institución la Universidad Estatal de Bolívar. Los principales pilares de mi aprendizaje durante todo mi periodo de investigación y educación. Gracias por su paciencia y orientación diaria en las aulas.

A mis abuelitos, en especial a mi abuelita fallecida María Diocelina Villacrés Calero que desde donde este me estará dando fuerzas, no pudo presenciar mi proceso, pero hoy la dedico a ella este documento. Como no olvidarme de ms abuelitos vivos Jorge Enrique Cherres Guzmán, Cesar Anselmo Gómez Cherres y Gloria Doraliza Gómez Cherres, que se subieron a la camioneta de mi aprendizaje durante el proceso. Agradecer a mis hermanos, mi tío, a mis tías, primos.

A la Universidad Estatal de Bolívar por haberme dado la oportunidad de ser parte de sus estudiantes universitarios y por cubrirme, en el manto de sus aulas. Cuyo aporte y apoyo ha contribuido de manera significativa a la culminación de este trabajo. Este logro no fuera posible sin todos ustedes. Vuestra presencia en mi vida ha marcado una diferencia indeleble, y esta tesis es un reflejo de vuestro apoyo y afecto.

Nelson Gómez

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios y a la virgen del Guayco, por darme la fuerza y salud necesaria para culminar esta meta. Agradezco sinceramente a mis queridos padres María y Ángel por su invaluable respaldo económico y moral, que me impulsaron a esforzarme cada día y concluir mi proceso de formación profesional. Mi deseo es que siempre se sientan orgullosos, sin su magnífico respaldo no habría alcanzado esta meta.

Reconozco a la Universidad Estatal de Bolívar y a la Carrera de Agroindustria. En sus instalaciones pude aprender nuevas habilidades, conocimientos y estrategias para mi vida profesional y por tan valiosas experiencias en las visitas de estudio en donde pudimos socializar entre compañeros y conocer a personas importantes que han tenido éxito haciendo lo que les apasiona. Un sincero agradecimiento.

Expreso un agradecimiento al Dr. Juan Gaibor Chávez por su apoyo, dedicación y paciencia, fueron claves para terminar el proyecto de investigación. También a mis pares evaluadores Ing. Frans Verdesoto y Dra. Herminia Sanaguano, con su enfoque profesional y la integridad que los distingue, aportaron al progreso y finalización de este proyecto.

Quiero expresar un reconocimiento a mis amigos y colegas que integran mi equipo de trabajo y que me han compartido su amistad, respaldo y aliento a lo largo de mi trayectoria en momentos gratificantes y desafiantes durante estos cinco años de estudio. ¡Mi sincero agradecimiento!

Kevin Guillin

AGRADECIMIENTO

Quiero aprovechar esta ocasión para expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis. Su apoyo, orientación y aliento han sido fundamentales en este viaje académico. En primer lugar, deseo agradecer a mi director de tesis, Ing. Juan Gaibor Chávez PhD, por su orientación experta, paciencia y dedicación en cada etapa de este proyecto. Sus valiosos consejos y comentarios críticos fueron esenciales para dar forma a esta investigación y mejorar la calidad de mi trabajo.

Agradezco también a nuestros pares académicos, Ing. Frans Verdesoto y la Ing. Herminia Sanaguano PhD, por su tiempo y esfuerzo en la revisión de este trabajo. Sus sugerencias y aportes fueron invaluable y ayudaron a enriquecer la tesis. Mi familia merece un agradecimiento especial por su constante apoyo y amor incondicional. Gracias por comprender mis ausencias y por alentarme en cada paso que di en esta travesía académica. Finalmente, quiero reconocer a la Universidad Estatal de Bolívar por brindarme los recursos y el entorno propicio para llevar a cabo esta investigación. Sin su respaldo, este proyecto no habría sido posible. En resumen, este trabajo no habría sido realizado sin la ayuda y el apoyo de estas personas e instituciones. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Nelson Gómez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Descripción	Pág
DEDICATORIA		VI
AGRADECIMIENTO.....		VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS		X
ÍNDICE DE TABLAS		XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....		XVI
ÍNDICE DE ANEXOS.....		XVII
RESUMEN.....		XIX
SUMMARY		XX
CAPÍTULO I.....		1
1.1. INTRODUCCIÓN		1
1.2. PROBLEMA		3
1.2.1. Planteamiento del problema		3
1.2.2. Situación del problema.....		4
1.2.3. Formulación del problema		5
1.2.4. Sistematización del problema.....		5
1.3. OBJETIVOS		6
1.3.1. Objetivo General		6
1.3.2. Objetivos Específicos.....		6
1.4. HIPÓTESIS.....		7
1.4.1. Hipótesis nula (Ho)		7
1.4.2. Hipótesis alterna (Hi)		7
CAPÍTULO II		8
2. MARCO TEÓRICO.....		8
2.1. Pino (<i>Pinus radiata d. don</i>).....		8
2.1.1. Caracterización del pino.....		8
2.1.2. Contenido de humedad en el pino		8
2.1.3. Contenido de lignocelulósicos		9
2.1.4. Residuos de poda del pino.....		9
2.2. Eucalipto (<i>Eucalyptus</i>).....		10
2.2.1. Caracterización del eucalipto		10

2.2.2.	Contenido de materiales lignocelulósicos	10
2.2.3.	Residuos de poda de eucalipto	11
2.3.	Chilca (<i>Baccharis latifolia</i>).....	11
2.3.1.	Residuos de la chilca	12
2.4.	Caña de Maíz (<i>Zea mays</i>).....	12
2.4.1.	Caracterización de la caña de maíz	13
2.4.2.	Contenido de lignocelulósicos	13
2.4.3.	Residuos de la caña de maíz.....	13
2.5.	¿Qué es la madera?.....	14
2.5.1.	Generalidades de la madera.....	15
2.5.2.	Características de la madera.....	16
2.5.3.	Producción de madera en el Ecuador	17
2.5.4.	Residuos de la madera.....	17
2.6.	Biocombustible	18
2.6.1.	Biocombustibles líquidos	18
2.6.2.	Biocombustibles gaseosos.....	18
2.6.3.	Biocombustibles sólidos.....	19
2.7.	Biomasa.....	19
2.7.1.	Fuentes y evaluación de biocombustibles sólidos.....	19
2.7.2.	Categorización de la biomasa.....	19
2.7.3.	Clasificación de la biomasa según su origen.....	20
2.7.4.	Clasificación de la biomasa según su aplicación	21
2.7.5.	Ventajas y desventajas de la biomasa como recurso energético	22
2.8.	Densificación de la biomasa.....	22
2.9.	Pellet.....	23
2.9.1.	Características de calidad de los pellets	24
2.9.2.	Beneficios del uso del pellet.....	25
2.9.3.	Características especiales de los pellets	26
2.9.4.	Parámetros de calidad del pellet.....	26
CAPÍTULO III.....		27
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	27
3.1.	Localización de la investigación	27

3.1.1. Situación geográfica y climática	27
3.2. Materiales.....	27
3.2.1. Material experimental	27
3.2.2. Materiales de campo.....	28
3.2.3. Materiales de laboratorio.....	28
3.2.4. Materiales de oficina	28
3.2.5. Reactivos	28
3.2.6. Equipos.....	29
3.3. Métodos.....	31
3.3.1. Factores de estudio	31
3.3.2. Tratamientos.....	31
3.3.3. Características del experimento	31
3.3.4. Variables respuestas	32
3.3.5. Tipo de diseño experimental	32
3.3.6. Modelo de análisis de varianza (ANOVA)	33
3.3.7. Pruebas de rangos múltiples.....	33
3.4. Metodología experimental	34
3.4.1. Preparación de la materia prima.....	34
3.4.2. Caracterización de la materia prima.....	34
3.4.3. Preparación del pellet.....	34
3.4.4. Pruebas en campo.....	36
CAPÍTULO IV.....	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Análisis proximal, elemental, estructural de las materias primas	38
4.1.1. Análisis proximal de las materias primas.....	38
4.1.2. Análisis de la variable del poder calorífico de las materias primas	40
4.1.3. Análisis elemental de las materias primas.....	40
4.1.4. Análisis estructural de las materias primas	41
4.2. Determinación del mejor tratamiento para la elaboración de pellets	42
4.2.1. Análisis de la variable densidad	42
4.2.2. Análisis de varianza de la variable densidad.....	43
4.2.3. Análisis de la variable resistencia al impacto.....	43

4.2.4. Análisis de varianza de la variable de la resistencia al impacto.....	44
4.2.5. Análisis de la variable resistencia al agua.....	46
4.2.6. Análisis de varianza de la variable de la resistencia al agua.....	46
4.2.7. Análisis de la variable del poder calorífico.....	48
4.2.8. Análisis de varianza de la variable del poder calorífico.....	49
4.3. Análisis fisicoquímico de los tratamientos	50
4.3.1. Análisis proximal de pellets	51
4.3.2. Análisis elemental de pellets	51
4.4. Realización de pruebas en campo	52
CAPÍTULO V	53
5.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.....	53
5.1.1. Hipótesis nula.....	53
5.1.2. Hipótesis alterna.....	53
5.1.3. Verificación de hipótesis.....	53
5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.2.1. Conclusiones	54
5.2.2. Recomendaciones.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°	Descripción	Pág
1.	Distribución de un árbol corriente utilizado para madera de aserrío	17
2.	Casificación de la biomasa según su aplicación	21
3.	Valores de umbral de los parámetros más importantes de los pellets.....	27
4.	Localización de la investigación	27
5.	Aspectos generales de territorio	27
6.	Equipos utilizados en la investigación	29
7.	Factores de estudio.....	31
8.	Combinación de tratamientos.....	31
9.	Características del experimento	31
10.	Variables respuestas	32
11.	Modelo de análisis de varianza (ANOVA) para el diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial A*B.....	33
12.	Caracterización proximal, elemental y estructural.....	34
13.	Pruebas de combustión.....	39
14.	Análisis proximal de las materias primas.....	39
15.	Análisis de la variable del poder calorífico de las materias primas	40
16.	Análisis elemental de las materias primas	41
17.	Análisis estructural de las materias primas	43
18.	Valores del análisis de la densidad.....	43
19.	Análisis de varianza de la variable densidad.....	43
20.	Análisis de la variable de la resistencia al impacto.....	43
21.	Análisis de varianza de la variable de la resistencia al impacto	44
23.	Prueba de Rangos Múltiples del Factor A para la variable resistencia al impacto. Método: 95,0 porcentaje LSD	45
24.	Análisis de la variable de la resistencia al agua	46
25.	Análisis de varianza de la variable de la resistencia al agua.....	46
26.	Prueba de Rangos Múltiples del Factor A para la variable resistencia al agua. Método: 95,0 porcentaje LSD.....	47

27. Prueba de Rangos Múltiples del Factor B para la variable resistencia al agua. Método: 95,0 porcentaje LSD	48
28. Análisis de la variable del poder calorífico	49
29. Análisis de varianza de la variable del poder calorífico	49
30. Pruebas de Múltiple Rangos para Poder Calorífico por Factor A.....	50
31. Análisis proximal de pellets	51
32. Análisis elemental de pellets	52
33. Pruebas en campo.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	Descripción	Pág
1.	Diagrama de flujo del proceso de peletizado	36
2.	Valores promedios de los niveles del factor A.....	45
3.	Valores promedios de los niveles del factor A.....	47
4.	Valores promedios de los niveles del factor B.....	48
5.	Valores promedios de los niveles del factor A.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°	Descripción	Pág
1.	Mapa de ubicación de la investigación	66
2.	Fichas de recolección de datos	67
3.	Análisis proximal y elemental del eucalipto sin corteza	68
4.	Análisis proximal y elemental del eucalipto corteza.....	69
5.	Análisis proximal y elemental del pino sin corteza	70
6.	Análisis proximal y elemental del pino con corteza	71
7.	Análisis proximal y elemental del pino corteza	72
8.	Análisis proximal y elemental de la chilca sin corteza	73
9.	Análisis proximal y elemental de la chilca con corteza	74
10.	Análisis proximal y elemental de la chilca corteza.....	75
11.	Análisis proximal y elemental de la caña de maíz sin corteza.....	76
12.	Análisis proximal y elemental de la caña de maíz con corteza.....	77
13.	Análisis proximal y elemental de la caña de maíz corteza.....	78
14.	Análisis proximal y elemental del Tratamiento 1	79
15.	Análisis proximal y elemental del Tratamiento 2	80
16.	Análisis proximal y elemental del Tratamiento 3	81
17.	Análisis proximal y elemental del Tratamiento 4	82
18.	Análisis proximal y elemental del Tratamiento 5	83
19.	Análisis proximal y elemental del Tratamiento 6	84
20.	Análisis proximal y elemental del Tratamiento 7	85
21.	Análisis proximal y elemental del Tratamiento 8	86
22.	Recolección de la materia prima	87
23.	Secado de materias primas	87
24.	Triturado de materias primas	87

25. Análisis proximal	88
26. Análisis elemental	88
27. Análisis estructural.....	89
28. Pruebas en campo.....	89

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue estudiar los residuos de poda de Pino (*Pinus radiata d. don*), Eucalipto (*Eucalyptus*), Chilca (*Baccharis latifolia*) y la caña seca de Maíz (*Zea mays*) provenientes de la parroquia Salinas-Ecuador que se encuentra a una altitud de 3550 m s.n.m.. Se realizó una revisión de literatura relacionado al uso de residuos de especies forestales y las características que debe cumplir un pellet. La materia prima se obtuvo de la poda de las especies forestales (Pino, Eucalipto, Chilca y caña de Maíz). Se estudiaron dos factores: Factor A con 4 niveles y el Factor B con 2 niveles, se aplicó un diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial AxB con tres repeticiones. Se realizó el análisis proximal, elemental, estructural y poder calorífico de las materias primas bajo la normativa europea UNE-EN ISO 17225. Las variables de respuesta para el estudio fueron: densidad, resistencia al impacto, resistencia al agua y poder calorífico. El mejor tratamiento con relación a la variable respuesta densidad fue el T8 con un valor de 2,44 g/cm³. La resistencia al impacto T1 con un valor de 98,70 Pa. Resistencia al agua el T1 con un valor de 68,32 Bar/ATM. El poder calorífico, T1 con un valor de 4610,32 kcal/kg. Con respecto a los datos que mejor se ajustan a la normativa tenemos al T7 con una humedad de 8,12%. El T1 con un porcentaje de cenizas de 3,01%. T6 para volátiles totales con datos de 84,72% y T8 con 19,28%. En el análisis elemental T5 con un porcentaje en nitrógeno de 1,85%. T6 con un porcentaje en carbono de 47,53%. T1 con un porcentaje en hidrógeno de 7,16% y T2 con un porcentaje en oxígeno de 44,74%. Se realizó pruebas en campo: tiempo de ignición, autoignición y propagación de la llama. El tratamiento que demostró tener los mejores resultados fue el T1: con tiempo de ignición de 0,26 min, tiempo de autoignición de 1,28 min y el tiempo de propagación de la llama con un valor de 2,28 min. Como conclusión se determinó las materias primas analizadas constituyen gran cantidad de residuos en el país y demuestran ser idóneas para la obtención de un biocombustible de calidad, como es el caso de los pellets.

Palabras claves: Pellets, Biocombustible, Biomasa.

SUMMARY

ABSTRACT

The objective of the research was to study the pruning residues of Pine (*Pinus radiata* d. don), Eucalyptus (*Eucalyptus*), Chilca (*Baccharis latifolia*) and the dry cane of Corn (*Zea mays*) from the Salinas-Ecuador parish, which is located at an altitude of 3550 m above sea level. A literature review was carried out on the use of forest species residues and the characteristics that a pellet should meet. The raw material was obtained from the pruning of forest species (Pine, Eucalyptus, Chilca and Corn cane). Two factors were studied: Factor A with 4 levels and Factor B with 2 levels; a completely randomized design was applied in AxB factorial arrangement with three replications. Proximal, elemental, structural and calorific value analysis of the raw materials was carried out under the European standard UNE-EN ISO 17225. The response variables for the study were: density, impact resistance, water resistance and calorific value. The best treatment in relation to the density response variable was T8 with a value of 2.44 g/cm³. Impact resistance T1 with a value of 98.70 Pa. Water resistance, T1 with a value of 68.32 Bar/ATM. The calorific value, T1 with a value of 4610.32 kcal/kg. With respect to the data that best meet the standards, we have T7 with a humidity of 8.12%. T1 with an ash percentage of 3.01%. T6 for total volatiles with data of 84.72% and T8 with 19.28%. In the elemental analysis T5 with a nitrogen percentage of 1.85%. T6 with a carbon percentage of 47.53%. T1 with a hydrogen percentage of 7.16% and T2 with an oxygen percentage of 44.74%. Field tests were carried out: ignition time, self-ignition and flame propagation. The treatment that showed the best results was T1: ignition time of 0.26 min, self-ignition time of 1.28 min and flame propagation time with a value of 2.28 min. In conclusion, it was determined that the raw materials analyzed constitute a large amount of waste in the country and prove to be suitable for obtaining a quality biofuel, as is the case of pellets.

Key words: Pellets, Biofuel, Biomass.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

La energía renovable es aquella que se obtiene de fuentes naturales, entre las cuales se destacan los recursos limpios del medio ambiente. Según Suarez (2018), en la antigüedad la energía requerida se obtenía de energías amigables con el medio ambiente (biomasa vegetal, biogás y bioetanol), a diferencia de energías no renovables (eólica, hidráulica, solar). La energía renovable no produce dióxido de carbono durante el proceso de producción (Gyimah et al., 2022). En este sentido, basta con comprender los recursos que están disponibles en la actualidad para poder aprovecharlos sin dañar de una manera significativa el entorno.

Existen residuos procedentes de origen animal, vegetal, entre otros, que pueden reducir significativamente la huella de carbono a nivel mundial. En palabras de Hernández et al. (2019), los residuos son componentes orgánicos de origen biológico que se transforman en biomasa procedentes de animales y plantas, a partir de cultivos maderosos o herbáceos, con los cuales se desarrollan actividades específicas en las industrias. Del mismo modo Cadillo et al. (2022), aporta que el residuo vegetal maderoso presenta materia orgánica que favorece, a la obtención de energía renovable por su susceptibilidad a la combustión. Por lo tanto, el consumo de energía renovable procedente de residuos ayuda al control del calentamiento global.

La producción de pellets es equivalente a un biocombustible sólido renovable que reemplaza a los combustibles fósiles. En palabras de Mucha (2020), el aprovechamiento de los pellets, cuya producción es una técnica que eleva las propiedades energéticas de los residuos de biomasa, es un biocombustible sólido, y se convierte en un reemplazante de los combustibles fósiles. Ríos et al. (2020), complementa la idea anterior definiendo a los biocombustibles sólidos como cualquier material vegetal que se utiliza directamente como biocombustibles o se convierten en otras formas, generalmente a través de procesos físicos, antes de ser quemados. Entre los biocombustibles sólidos se encuentran las briquetas, astillas de madera y pellets siendo los más populares.

En el año 2023 la demanda del consumo de energía se sitúa en 27,491 Twh (Teravatios/hora), equivale a 1,9% más que el año 2022. (Télam, 2023). Proskurina et al. (2018) menciona que Europa ocupa la mayor plaza de consumo de energías renovables (pellets) seguido por Estados Unidos y Brasil. Siendo estos países los principales productores de pellet de madera a nivel mundial. De igual manera Heredia et al. (2019), expresa que en Ecuador la producción de pellets es muy baja por el elevado costo de las calderas de biomasa, la cual estima una producción de pellets del 0,1% a la producción mundial. Es necesario una capacitación de los beneficios de los pellets, como un posible reemplazo de los combustibles fósiles comúnmente usados en las empresas.

1.2. PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento del problema

Las plantaciones de pino, eucalipto, chilca y caña de maíz son especies vegetales que, en su proceso vegetativo, producen residuos biomásicos, los cuales pueden ser retirados parcialmente o en su totalidad. En el caso de las especies arbóreas, los residuos constituyen las ramas secas, y ciertas partes del árbol que pueden ser removidas mediante acciones de poda. En el caso de la chilca se puede disponer parcial o totalmente de las partes de la planta. El maíz luego de cumplir su ciclo vegetal se puede disponer en su totalidad del cultivo una vez cosechado el fruto. Además, el residuo de maíz en muchos lugares del Ecuador donde se cultiva, se lo amontona y se incinera in situ, actividad que causa impacto negativo al suelo debido a que aumenta su densidad y presencia de metales, y genera material particulado que afecta a los ecosistemas adjuntos a los lugares de producción y a poblaciones humanas que son afectadas por este material y que ocasiona problemas respiratorios en su mayoría. Estas especies son abundantes en el Ecuador, tanto como especies forestales de uso industrial para la construcción de mobiliario, para la extracción de aceites, o como biocombustible directo a ser utilizado.

Existe amplia bibliografía de la utilización de las especies forestales en estudio como biocombustible en forma directa (leños) y del residuo de maíz; no se dispone de bibliografía científica acerca del uso de la chilca como biocombustible, ni tampoco de las mezclas de todas las especies para la elaboración de pellets, aspecto que la investigación abordo. En el Ecuador es escasa la existencia de industrias que se dedique a la elaboración y comercialización de residuos de biomasa. En la parroquia de Salinas del cantón Guaranda, existen áreas de 10 a 15 hectáreas de Pino y Ciprés en su mayoría. Se generan residuos como resultado de podas de árboles, o por caída de hojas y ramas. Existen diversos usos que se le puede dar a la biomasa residual, como es la elaboración de pellets para, usarlos en la generación de calor mediante la combustión, siendo una posible solución para evitar el uso de combustibles fósiles (Arregi, 2020).

1.2.2. Situación del problema

No se evidencia el aprovechamiento de residuos resultados de la poda de las especies forestales en la zona de la Parroquia Salinas. Específicamente los residuos biomásicos procedentes de Pino (*Pinus radiata D. Don*), Eucalipto (*Eucalyptus*), Chilca (*Baccharis latifolia*) y la caña seca de Maíz (*Zea mays*). Existe poca o nula evidencia científica en bases de datos de revistas, que mencionen características físicas, químicas y calorimétricas de las especies en la zona de estudio. Se utilizan las materias primas (biomasa residual) en forma directa para la combustión, no se evidencia la elaboración de mezclas que potencien las características energéticas de las mismas, aspecto que genera desperdicio y no aprovechamiento de la biomasa.

1.2.3. Formulación del problema

Se formulo el problema de investigación mediante la siguiente pregunta:

¿Cómo aprovechar los residuos leñosos de poda de Pino, Eucalipto, Chilca y desperdicios de cosecha de caña seca de Maíz como fuente energética en la zona de Salinas de Bolívar?

1.2.4. Sistematización del problema

Se plantearon las siguientes preguntas específicas de investigación:

- ¿Cuál es la composición física, química y estructural de las materias primas en estudio?
- ¿Qué tratamiento es el más indicado para la obtención de pellets de calidad?
- ¿Cuál es la composición física y química del mejor tratamiento?
- ¿Cómo determinar en campo la idoneidad del pellet obtenido?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Elaborar pellets a partir de biomasa procedente de poda de árboles y su utilización como biocombustible.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización proximal, elemental, estructural de las materias primas.
- Determinar cuál es el mejor tratamiento para la elaboración de pellets.
- Caracterizar físico y química al pellet obtenido.
- Realizar pruebas en campo.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis nula (Ho)

Los pellets elaborados a partir de residuos biomásicos de Pino, Eucalipto, Chilca, caña seca de Maíz, no cumplen con los parámetros de calidad contemplados en las normativas.

1.4.2. Hipótesis alterna (Hi)

Los pellets elaborados a partir de residuos biomásicos de Pino, Eucalipto, Chilca, caña seca de Maíz, cumplen con los parámetros de calidad contemplados en las normativas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Pino (*Pinus radiata d. don*)

El pino es un árbol alto que alcanza una altura de 30 a 50 m, son piramidales y se ramifican desde la base cuando son jóvenes, los ejemplares maduros muestran una copa agrupada en la parte superior del tronco (Ferriol, 2022). El tronco es recto, con corteza clara, escamas grises, mientras que la raíz está compuesta por una primaria y secundaria (López & Nieto, 2018). Entre las características botánicas del pino están las hojas con forma de aguja, las flores masculinas tienen forma de estambres peltados mientras que las femeninas tienen forma de conos o estróbilos, el fruto tiene el diseño de un cono o estróbilo leñoso (Arriagada et al., 2020).

2.1.1. Caracterización del pino

Los pinos pertenecen a las coníferas de madera blanda, resinosa y no porosa. Días et al. (2020) menciona que estas plantas leñosas se reproducen por medio de semillas ubicadas entre las escamas de los conos femeninos, los cuales son árboles productores de madera sólida resinosa, con corteza que se resquebraja o se levanta en escamas, conos erectos de escamas engrosadas. El árbol de pino (madera), tiene una altura de 15 a 45 m y de 25 a 100 cm de diámetro, con vertical y ramas horizontales, cuya longitud varía desde la base del tronco hasta el ápice (Escoto, y otros, 2017).

La parte de holocelulosa que está compuesta por celulosa y hemicelulosa va desde (68 a 90 %), la lignina es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal (15 a 35 %), en la madera cumple múltiples funciones, actúa como un cemento interfibrilar, que además de pegar y unir, proporciona rigidez a la pared celular (Narvaez & Ortega, 2021)

2.1.2. Contenido de humedad en el pino

La materia prima procedente del pino después de la poda se encuentra con un contenido de humedad relativa. Winck et al, (2022) acorde a su investigación menciona que las muestras de pino están dentro del rango con un mínimo de 11,8% y como máximo 15,5% dependiendo de la ubicación geográfica. Area et al. (2023)

muestra en sus datos un contenido de humedad del pino de 15% con un coeficiente de variación de 0,5%, existe una variación que se debe a la ubicación geográfica del bosque o planta de pino. Acogiéndose a los criterios de los autores citados, se demuestra que los datos están en un rango mínimo de 10% y máximo 20%.

2.1.3. Contenido de lignocelulósicos

Son materias orgánicas presentes en las paredes celulares de las plantas. En palabras de Hernández & López (2020) aporta que el contenido de celulosa tiene un porcentaje de 44,35%, hemicelulosa 29,13% y lignina del 14,18% compuestos que ayudan en la compactación de la madera. Pinos (2020) complementa la idea anterior mencionando que la celulosa está en las paredes de las células vegetales, con la lignina y hemicelulosa los mismos que ayudan en el soporte de las plantas, formando un fragmento leñoso. Son componentes que ayudan a la resistencia, rigidez de las células vegetales y ayudan a la biodegradación en la industria de la madera.

2.1.4. Residuos de poda del pino

Los desechos se quedan en áreas boscosas debido a la falta de herramientas precisas para medir la cantidad de materia prima acumulada. Existen datos estadísticos que son necesarios para calcular dicha cantidad de biomasa presente en los árboles y para estimar la biomasa de las partes podadas (Hevia et al., 2017). Existen complicaciones en la utilización de residuos de pino por su variabilidad en relación con el tamaño de partícula, un elevado contenido de humedad y baja densidad energética al momento del tamizado, por ende, se debe realizar un cribado antes su procesamiento (Brand & Cardoso, 2020).

Las ramas podadas de los pinos son consideradas como desechos de biomasa que son quemados al aire libre, también quedando como mantillo en el suelo. A pesar de esto, esta biomasa tiene la posibilidad de ser utilizada de manera diversa generando beneficios adicionales. Además de su potencial para generar energía, existe la posibilidad de emplearla para diferentes productos biológicos, entre estos puede ser los pellets que usualmente son utilizados como un biocombustible (Kougioumtzis et al., 2023).

2.2. Eucalipto (*Eucalyptus*)

Es un árbol australiano de la familia *Myrtaceae*, incluye 140 géneros y unas 3,800 especies y subespecies, distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales, es cultivado generalmente en Brasil, África, Sudeste de Asia y Sur de Europa (Nolazco et al. 2020). Es un árbol leñoso con gran contenido de aceite esencial y aromático, por lo cual a raíz de sus beneficios sea creado componentes para medicamentos gotas nasales, resfriado, enfermedad bronquial y otros problemas respiratorios (Jativa, 2019).

La madera blanca tiene un contenido considerable de lignina que varía desde (23-27%), de igual forma tiene holocelulosa (celulosa y hemicelulosa) con un contenido de (63-73%) Palacios, (2018). Es un arbusto con un aroma exuberante, rico en aceite para múltiples beneficios.

2.2.1. Caracterización del eucalipto

Es un árbol originario de Australia perteneciente a la familia *Myrtaceae*, representa uno de los géneros más significativos, abarcando alrededor de 140 géneros y aproximadamente 3,800 especies y subespecies (Parker & Bower, 2021). El aceite esencial de eucalipto, al igual que otros extractos de plantas aromáticas, se utiliza con propósitos funcionales y su efecto antimicrobiano se debe a los fenoles, aldehídos y alcoholes presentes (Mohammadhosseini & Akbarzadeh, 2017). El poder antiséptico del eucalipto se atribuye al aceite esencial 5-45 ml/kg, que se encuentra en un rango de concentración de 1 a 3,5%. Está compuesto principalmente por eucaliptol, conocido químicamente como 1,8-cineol (o eucaliptol), con un contenido que oscila entre 70% y 85% (Carretero & Ortega, 2018).

2.2.2. Contenido de materiales lignocelulósicos

Los residuos de la cosecha y del procesamiento primario, se consideran materias primas potenciales para la producción de pellets. A pesar de esto, hay escasos estudios que evalúen la calidad de los pellets de eucalipto destinados a la generación de energía, como evidencia el trabajo realizado por Pirraglia et al. (2012). En Brasil, destaca la producción de celulosa, de la cual se genera un licor negro que es usado como aditivo para pellets, entre otros usos, una alternativa vial es la extracción de

lignina Kraft, aplicando así el concepto de biorrefinería en la industria forestal (Corradi et al., 2016).

Según las investigaciones realizadas por Prinsen (2012), se encontró que la madera de eucalipto exhibe un contenido de lignina muy parecido, oscilando entre el 27% y el 28%, al igual que la composición de sus ligninas, que muestra una relación S/G (siringilo/guaiacilo) de compuestos extraíbles lipofílicos similar, situada entre 0.2 y 0.3%.

2.2.3. Residuos de poda de eucalipto

Los desechos del eucalipto son provenientes de la poda como también de la industria maderera, que son provenientes de la corteza, ramas, hojas, etc. De la utilización de estos residuos podemos obtener biocombustibles como un componente valioso (tales como oligosacáridos y compuestos fenólicos) en flujos separados (Gomes et al., 2021). Los residuos forestales tienen el potencial de ser utilizados en forma de biocombustibles, bioaceites y sus derivados (biocarbono, gas de síntesis y extracto acuoso concentrado en ácido) mediante el proceso de pirolisis rápida, con el fin de no desechar los residuos de Eucalipto (Iglesias et al., 2021).

Los residuos de la cosecha y de la poda del eucalipto provocan un impacto en la fertilidad del suelo. Es necesaria una correcta gestión de residuos durante y después de la poda, ya que constituye un grave problema social y ambiental que se han convertido en una acumulación de residuos innecesarios (Zhu et al., 2020). La composición de fibra, hemicelulosa, lignina y otros elementos presentes en los desechos de eucalipto, influyen en la densidad y capacidad de inflamabilidad del eucalipto (de Souza et al., 2019).

2.3. Chilca (*Baccharis latifolia*)

Del género *Baccharis*, pertenece a las plantas compuestas, arbusto de rápido crecimiento que pueden alcanzar 2 a 4 metros de altura y 3m de ancho, muy ramificado, hojas alternas de 1 a 3 cm de largo, provistas de 2 a 6 dientes en la mitad superior. Algunas variedades de chilcas se adaptan mejor en suelos secos y otras en suelos húmedos o a orillas de acequias y caminos de la Región Andina entre 1700 y 3200 msnm. Aysabucha, (2020). También se han obtenido, aunque en menor proporción, cumarinas y aceites esenciales.

La madera de la chilca en la corteza tiene ácido resinoso de grandes propiedades, es uno de los emulsionantes del caucho, contiene celulosa y hemicelulosa que va desde (20-55%), es uno de los arbustos con más contenido de lignina de (43-88%), teniendo múltiples funciones en el ámbito medicinal (Araujo, 2019).

2.3.1. Residuos de la chilca

Los residuos de la chilca pueden incluir diversas partes de la planta que no se utilizan con fines específicos, como son: hojas, tallos y flores que pueden desprenderse durante el proceso de cosecha o preparación de la planta para determinados usos (Guerrero et al., 2021). Estos residuos pueden variar dependiendo de la aplicación de la chilca en una determinada región o industria. También conocida como "carqueja" en algunos lugares, se le atribuyen propiedades medicinales y se utiliza en la medicina tradicional en algunas regiones (Guerrero et al., 2019).

En este caso, los residuos pueden ser partes de la planta que no se utilizan en la preparación de infusiones, extractos u otros productos medicinales. La gestión de los residuos de la chilca dependerá de la aplicación específica y las prácticas locales (Tubón & Sandoval, 2021). En algunos casos, los residuos de plantas medicinales pueden utilizarse para la obtención de extractos o compuestos útiles, o incluso como materiales para la producción de abonos orgánicos (Zavala & Aquino, 2020).

2.4. Caña de Maíz (*Zea mays*)

La producción de maíz es uno de los principales cultivos del Ecuador, presente en la provincia Bolívar. Albán et al. (2023) porta que en el 2022 se ha sembrado 375.908 ha de maíz duro seco y 57.309 ha de maíz suave, superando cultivos de importación del Ecuador. Guillín et al. (2020) expresa que la agricultura ha sido una de las representantes en la economía del país, en la cual está presente el maíz amarillo ya sea nacional o mundial con una producción de 1.2 millones de toneladas en el país. Aseffe, (2019) mantiene que por cada tonelada de maíz se desecha 1,665 toneladas de residuos, siendo los desechos más relevantes los tallos con 0,613 toneladas.

2.4.1. Caracterización de la caña de maíz

El cultivo del maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la cual se cosecha apenas el 50% en forma de grano. El resto, corresponde a la caña, hoja, limbos y mazorca entre otros (Izquierdo & Bonifaz, 2012). Lesme *et al.*, (2020) aporta que en la producción de maíz la caña puede producir un potencial energético de gas 9,437 GJ/ha ya que este gas se puede suministrar en un motor de combustión. El tallo de maíz tiene una estructura anatómica compuesta por diferentes capas de tejido siendo esta una materia prima que posee características fisicoquímicas propias, lo que le confiere un valor nutritivo muy diferente (Vásconez et al., 2021).

2.4.2. Contenido de lignocelulósicos

La pared celular presenta un mayor porcentaje de hemicelulosa que de celulosa (37,1%), con un bajo porcentaje de lignina (4,04%) (Quizhpe, 2018). En los restos de la planta del maíz lo hace más digestible que las pajas de cereales, siendo a su vez, más rico en azúcares solubles. Andy (2020) parte de la idea de que la lignina posee en el tallo valores significativos con un porcentaje de 33,48%, la fibra contiene 21,51%, hemicelulosa 58,09% y celulosa 51,33% con una variación estándar del 0,05%. Mientras Peralta & Medina (2021) reportan datos de 43,14% de celulosa, 78,86% para hemicelulosa, y el 23,00% de lignina. El tallo de maíz en general depende de los factores expuestos, para demostrar el contenido de lignocelulósicos, convirtiéndolo en uno de los recursos más valiosos para la producción de biocombustibles.

2.4.3. Residuos de la caña de maíz

Los residuos de la caña de maíz se refieren a los restos del procesamiento del cultivo de maíz. Esto podría incluir partes no utilizadas o descartadas del tallo después de cosechar el maíz, como hojas, tallos secundarios u otras partes que no se destinan a fines específicos, como la alimentación animal o la producción de biocombustibles (Jiandu et al., 2023). Estos residuos pueden tener potencial para diversos usos, como la obtención de fibras celulósicas, la producción de bioplásticos, la generación de energía, entre otros, mediante procesos de reciclaje o transformación (Suopajarvi et al., 2020). La caña de maíz produce gran cantidad de biomasa, es un

residuo que contiene fibra celulósica natural, lo cual es beneficioso para una eficaz biodegradación de lignocelulosa (Hong Lu et al (2022).

Estos residuos pueden tener aplicaciones potenciales en diversas industrias. Por ejemplo, pueden utilizarse en la producción de biomasa para la generación de energía, en la fabricación de productos de papel o cartón, o incluso en la obtención de materiales biodegradables. La reutilización y el aprovechamiento de los residuos de la caña de maíz son áreas de interés en el desarrollo sostenible y la economía circular (Lei et al., 2021).

2.5.¿Qué es la madera?

La madera es materia natural y renovable que es obtenida de los troncos y ramas, durante la tala y la poda de los árboles. Donde Guatzozón et al. (2020), la madera es de gran importancia dando producciones importantes en el ámbito artesanal e industrial en la construcción, fabricación de muebles, siendo muy valorada como su resistencia, durabilidad, capacidad de aislamiento y acústico en la belleza estética. También Pardo & Guillén (2020), la madera tiene diferentes tipos en duras y blandas en una clasificación botánica con su sistema de producción como las maderas blandas como son el pino, abeto, cedro, ciprés, picea, etc., mientras que la duras son cerezo, nogal, haya, roble, eucalipto, etc. La madera también se clasifica en diferentes tipos según su densidad, dureza, apariencia y propiedades físicas.

Es importante destacar que la madera es un recurso natural y su uso sostenible es fundamental para preservar los bosques y el medio ambiente. Donde Armengol & Gramaje (2019), que la madera está compuesta principalmente por fibras de celulosa, lignina y hemicelulosa, que le confieren su estructura y resistencia. También Calle et al. (2020), dice la composición puede variar dependiendo de la especie de árbol, las condiciones de crecimiento y el procesamiento posterior. Miño et al. (2019), nos da a conocer “que contiene propiedades únicas que le hacen muy valorada en su resistencia y durabilidad. La madera es un material sólido y fibroso obtenido de los árboles que es utilizado en diversas aplicaciones, con resistencia y estructura.

2.5.1. Generalidades de la madera

La madera es un material natural renovable que ha sido utilizado por los seres humanos desde los tiempos ancestrales. Donde Aguilar et al. (2019) no dice, es importante para la industria maderera garantizando la conservación de recursos forestales y la protección de la biodiversidad. Aguirre & Aguirre (2021) que las generalidades sobre la madera son:

- **Composición:** la madera está compuesta principalmente por fibras de celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa le otorga rigidez y resistencia, mientras que la lignina actúa como un adhesivo natural que une las fibras.
- **Origen:** la madera se obtiene de los árboles, específicamente de los troncos y ramas principales. La variedad de especies de árboles existentes en el mundo resulta en diferentes tipos y características de madera.
- **Propiedades físicas:** la madera tiene propiedades únicas como resistencia, durabilidad, aislamiento térmico y acústico. Donde es relativamente ligera en comparación con otros materiales de construcción.
- **Clasificación:** la madera se puede clasificar en función de diferentes características, como su densidad, dureza, color, textura, resistencia a la humedad y los insectos. Esto permite su selección y uso adecuados para diferentes aplicaciones.
- **Procesamiento:** la madera se somete a procesos de sacado, corte, cepillado, encolado y acabado para darle forma y prepararla para su uso en diversos proyecto y aplicaciones.
- **Aplicaciones:** la madera se utiliza en una amplia variedad de industrias y aplicaciones. En la construcción, se emplea para estructuras, revestimientos, pisos, muebles, artesanías, instrumentos musicales, papel, embalajes y más.
- **Sostenibilidad:** es importante destacar que el manejo forestal sostenible y la conservación de los bosques son fundamentales para garantizar un suministro continuo de madera y preservar la biodiversidad”.

La madera es un material versátil, estéticamente atractivo y con una larga historia de uso en la humanidad. Su abundancia, renovabilidad y propiedades físicas la convierten en una opción popular en diversas aplicaciones.

2.5.2. Características de la madera

La madera posee una serie de características que hace un material único y versátil. Sotomayor et al. (2020), nos dan a conocer las principales características de la madera:

- **Resistencia:** la madera es un material estructuralmente sólido y resistente. Su capacidad para soportar cargas y tensiones la hace adecuada para su uso en construcciones y otros proyectos que requieren fuerza y estabilidad.
- **Durabilidad:** la madera puede ser altamente duradera cuando se utiliza y se trata adecuadamente. Algunas especies de madera, como el cedro y la teca, son especialmente conocidas por su resistencia a la putrefacción, los insectos y otros agentes destructivos.
- **Aislamiento térmico y acústico:** la estructura celular de la madera proporciona propiedades de aislamiento natural. Es el material que ayuda a regular la temperatura y el ruido en espacios interiores, brindando un ambiente más confortable.
- **Versatilidad:** la madera se puede trabajar y dar forma de diversas maneras. Se puede cortar, tallar, cepillar, lijar y moldear para adaptarse a diferentes diseños y aplicaciones. Además, puede ser combinada con otros materiales para adaptarse a diseños y aplicaciones. Además, puede ser combinada con otros materiales para crear productos híbridos y compuestos.
- **Sostenibilidad:** la madera es un recurso natural renovable. Si se maneja de manera responsable y se promueve la reforestación, puede ser utilizada de forma sostenible, contribuyendo a la conservación de los bosques y la reducción de la huella ambiental.
- **Adaptabilidad:** la madera puede ser tratada y modificada con facilidad. Se puede teñir, pintar, barnizar o recibir otros acabados para ajustarse a las preferencias estéticas y a los requerimientos de protección y durabilidad de cada proyecto.

Estas características hacen que la madera sea un material apreciado y utilizado en una amplia gama de industrias y aplicaciones.

2.5.3. Producción de madera en el Ecuador

La producción de madera de Ecuador es significativa debido a su amplia cobertura forestal y a la presencia de diversas especies maderables. Orellana et al. (2020), aporta que la producción de madera es aproximadamente de 421.000 TM por año y está concentrada principalmente como madera fina, madera regular, madera para construcción, pellets y otros. En palabras de Belezaca et al. (2021), la extracción de madera demuestra un mayor porcentaje en las provincias de los Ríos, Cotopaxi, Pichincha y Chimborazo. En los estudios realizados por la FAO (2020), el 40% del territorio nacional está cubierto de bosques naturales y el 45% del territorio, es apto para el uso forestal. La conservación de los bosques es una solución natural para enfrentar el cambio climático y además es importante para la producción de madera en el Ecuador.

2.5.4. Residuos de la madera

Tabla 1

Distribución de un árbol corriente utilizado para madera de aserrío

Parte o producto del árbol	Proporción (%)
Recolección y extracción:	
Copa, ramas y follaje	23
Tocón (excluidas raíces)	10
Aserrín	5
Aserrío:	
Virutas, costeros y recortes	17
Aserrín y menudos	7.5
Pérdidas varias	4
Corteza	5.5
Madera Aserrada	28
Total	100

Según FAO (2019) la producción forestal a nivel mundial se clasifica comúnmente en dos categorías: maderable que incluye (materiales leñosos) y no maderable, que abarca (semillas, resinas, fibras, gomas, ceras, rizomas, hojas, pencas y tallos). Durante la producción de madera, se generan considerables residuos, los cuales se

dividen en dos tipos: aquellos derivados de operaciones forestales como la recolección y extracción, y los que surgen en la industria durante el proceso de fabricación de la madera (Akhtari & Day, 2018). La tabla 1 presenta la cantidad de residuos generados en las distintas etapas de la industria forestal, destacando que solo el 28% de un árbol se utiliza como madera, considerándose el resto como residuo. En contraste con otras industrias, la industria forestal tiene la ventaja de poder emplear sus residuos para contribuir a las necesidades energéticas (Semarnat, 2017).

2.6. Biocombustible

2.6.1. Biocombustibles líquidos

Se le llama biocombustible líquido o también biocarburante a los productos que tienen un origen biológico, además se pueden utilizar como combustible alternativo a los derivados del petróleo o como aditivos de estos combustibles para su uso en motores (Salvador, 2020). Rodríguez et al Torroba (2020). (2022), menciona que actualmente, solo se comercializa etanol de primera generación y biodiesel. En ambos casos, sus materias primas también se utilizan en la alimentación. Adicionalmente, según lo señalado por Torroba (2020), los biocombustibles líquidos son parte de una transición más limpia en la movilidad basada en la combustión interna, ofreciendo alternativas más sostenibles que los combustibles fósiles.

Además, Torroba (2020), aporta que en la actualidad los biocombustibles líquidos forman parte de una transición más limpia en el marco de un paradigma de movilidad basada en la combustión interna. Al tiempo que constituyen alternativas de movilidad ambientalmente más sostenibles que los combustibles fósiles.

2.6.2. Biocombustibles gaseosos

La generación de energía utilizando un biocombustible gaseoso, tiene limitaciones significativas en relación con los requisitos de manipulación de materiales y con respecto a su eficiencia energética (Guiñazú, 2020). Según Cortés et al. (2019), la gasificación convierte directamente la biomasa en syngas, que es un gas con una concentración de metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrógeno. Hay varios tipos de gasificación, pero el más usado es el que emplea agua

supercrítica. Normalmente ocurre a temperaturas de entre 700°C y 900°C a muy altas presiones. La gasificación es un proceso en el cual el carbón y el biocombustible generado se siguen degradando a moléculas más pequeñas, generando el syngas (Cortés et al., 2019). Esto indica que hay varias alternativas para reemplazar los combustibles fósiles, que pueden reemplazarlos e incluso superarlos en algunos casos.

2.6.3. Biocombustibles sólidos

El biocombustible sólido se define como un combustible derivado de la biomasa y caracterizado por encontrarse en estado sólido. En palabras de (Mendivil & Sandoval, 2018) se pueden producir a partir de diferentes tipos de biomasa, siendo una de las alternativas que más interés ha suscitado ya que permite la disposición de residuos. Siendo los más populares los pellets de madera, las propiedades físicas y químicas de los pellets están reguladas por la norma española UNE-EN ISO 17225-2 (2021). Una de las desventajas del uso de pellets es que se requieren más pellets para producir la misma cantidad de energía que el carbón, y la ventaja es que se utilizan residuos derivados de la revalorización de residuos agroindustriales.

2.7. Biomasa

2.7.1. Fuentes y evaluación de biocombustibles sólidos

Las fuentes principales en la producción de biocombustibles sólidos a nivel mundial son los recursos forestales. Orozco et al. (2022), aporta que, en los países en vías de desarrollo, la biomasa forestal es utilizado en la cocina como leña y el carbón vegetal para cocinar. Ríos et al. (2019), complementa la idea anterior mencionando a la biomasa como la cuarta fuente de energía primaria más abundante del mundo. Brasil gracias al gran espacio territorial y políticas que promueven las energías renovables y su uso eficiente es el país que lleva la delantera en la producción de pellets en América Latina.

2.7.2. Categorización de la biomasa

Al proceso de descomposición de una mezcla compleja de polímeros de carbohidratos conocidos como celulosa se lo conoce como caracterización de la biomasa en base seca. Donde Jae et al. (2020), menciona que los productos de

pirolisis pueden reaccionar entre sí para formar el producto final. También Feldmeier et al. (2020), expresa que el carbono producido por la pirolisis es un producto que contiene carbono no modificado, en algunos hidrocarburos y cenizas. Mientras Alper et al. (2020), sostiene que la cantidad de carbono depende de los reactores y las condiciones de funcionamiento, la cantidad de ceniza depende de la biomasa utilizada. Ferreira et al. (2019), asegura que las propiedades del biocombustible respectivo durante la combustión son diferentes.

2.7.3. Clasificación de la biomasa según su origen

La biomasa se clasifica en dos grandes grupos:

2.7.3.1. Biomasa natural

La biomasa natural, está constituida por las masas vegetales que son producidas sin la intervención humana y constituye la mayoría de la flora terrestre. En palabras de Huzaifah et al. (2021) actualmente, muchas empresas industriales producen muchas toneladas de desechos agrícolas. Sin embargo, el uso directo de biomasa lignocelulósica como materia prima para bioproductos es difícil debido a su compleja estructura. Las fibras naturales contienen varios componentes beneficiosos, incluidos azúcares, proteínas, lípidos, celulosa y lignina. Sin embargo, el principal problema que limita su uso es la estrecha conexión entre sus componentes. Es decir que la biomasa usada como biocombustible en la industria representa un ahorro futuro para la empresa que la emplea en sus procesos de manufactura.

2.7.3.2. Biomasa residual

En los procesos productivos de los sectores agrícolas, forestales, industriales y ganaderos es generada la Biomasa residual. Valenzuela (2021), menciona que en los residuos producidos durante las actividades agrarias y forestales también se incluye a los residuos industriales. Wegener et al. (2019), complementa la idea anterior al incluir los residuos agrícolas, como los orgánicos y restos vegetales que son generados por los cultivos agrícolas directamente desde los campos o en invernaderos. Siguiendo la misma línea Pérez & López (2021), parten de la idea de que los residuos forestales son productos y subproductos resultantes del aprovechamiento y tratamientos silvícolas en las superficies forestales. Existen

controles de calidad aplicados a los procesos para mantener la seguridad alimentaria, los cuales generan residuos industriales que son desechos orgánicos generados por la Agroindustria.

2.7.3.3. Cultivo energético

Los cultivos agro-energéticos están destinados a la producción de energía, disminuyendo los gastos del cultivo, son elegidos considerando la cantidad de biomasa generada en lugar de la calidad. Salgueiro (2019), menciona que existen especies de plantas que se usan específicamente para producir energía, pasan a través de un proceso para la obtención de biocarburantes (bioetanol y biodiesel) con fines térmicos o eléctricos. Existen cultivos de (trigo, cebada, girasol), que pueden obtener un valor energético y se clasifican en alcoholígenos, oleaginosos y lignocelulósicos.

2.7.4. Clasificación de la biomasa según su aplicación

Tabla 2

Clasificación de la biomasa según su aplicación

Recursos	Proceso generador	Tipo de biomasa	Destino y aplicaciones
Residuos forestales	Tratamientos silvícolas	Pies, ramas, copas	Incineración
	Cortas de pies maderables	Cortezas y ramas	Triturado y aporte al suelo Incineración
Residuos agrícolas	Poda	Leñas y ramas	Triturado y aporte al suelo Producción de biocombustibles sólidos
Residuos de industrias agroalimentarias	Producción de aceite de oliva	Hojin, orujo y hueso	Extractoras u orujeras Generación de energía térmica Industrias de madera

Residuos de la industria de la madera	Industrias de transformación	de Costeros, recortes, aserrines	Combustibles
Residuos de la industria de la madera	Restos de industrias	Aserrines y virutas	Industrias de madera y Combustibles

Nota. Tomado de (Herrera, 2020).

2.7.5. Ventajas y desventajas de la biomasa como recurso energético

2.7.5.1. Ventajas

- a) Fuente de energía renovable, segura y limpia.
- b) Genera pocos residuos que además son biodegradables.
- c) Es económico; su precio es inferior a otros combustibles.
- d) El saldo de emisión de CO₂ es neutral en el medio ambiente.
- e) Es una energía de aprovechamiento, ya que se genera continuamente como secuencia de la actividad animal y vegetal.
- f) Contribuye a reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

2.7.5.2. Desventajas

- a) Bajo poder calorífico; la biomasa presenta una densidad energética menor que los combustibles fósiles, como resultado su rendimiento es menor.
- b) Requiere mayores espacios que otros combustibles.
- c) Los canales de distribución no tienen una gran extensión.
- d) Se necesita grandes cantidades de plantas y por lo tanto de terreno.

2.8. Densificación de la biomasa

La biomasa es un tipo de energía renovable originada de un proceso biológico espontáneo o provocado, en el que se emplea materia orgánica como fuente de energía. Desde el punto de vista de Ramírez (2021), la energía de la biomasa requiere de luz solar y mediante la fotosíntesis el reino vegetal absorbe y almacena una parte de energía solar que llega al planeta. Del mismo modo Marín et al. (2019), menciona que las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y de CO₂ presente en el aire. Durante la transformación de la materia orgánica se genera subproductos que no tienen valor

para la cadena nutritiva, los mismos que son utilizados como combustibles en diferentes aprovechamientos energéticos.

2.9. Pellet

A nivel mundial la producción de pellets ha aumentado, en países europeos y en Estados Unidos centrándose en el consumo en la calefacción en uso doméstico y en países como Suecia, Dinamarca y Países Bajos se centra en la producción de energía térmica para los sectores industriales (Gallardo, 2021).

Son uno de los combustibles más utilizados producidos a partir de la biomasa en la actualidad. Contienen un alto poder calorífico y bajo costo, siendo ideales para calentar hogares, formar fogatas (Sánchez, 2017).

Son un tipo de biocombustible sólido cuyo diámetro es de 6 a 8 mm y su longitud entre 10 y 40 mm, proveniente de la biomasa forestal cortezas y ramas de árboles, aserrín, viruta, desechos madereros industriales, pueden alcanzar una temperatura de 60 y 80°C, activando la lignina que contiene la madera convirtiéndola en un pegante natural con una humedad del 8% y 12%, para tener una correcta compactación de los pellets sugeridos (Yanez, 2019).

Uno de los usos más comunes madereros con fines energéticos son los pellets, pequeños cilindros de madera compactados y densos, que se obtienen a partir de residuos lignocelulósicos compuestos por tres polímeros principales (celulosa, hemicelulosa y lignina) de origen vegetal y con una fuente energética renovable, lo cual tienen un buen potencial para suplir las necesidades mundiales de energía (Pegoretti, 2020).

En esta materia prima la propia lignina que contiene la madera a emplear actúa como aglomerante, lo que hace que este tenga una composición muy densa y dura con un gran poder calorífico. Un buen pellet hace que tenga un mayor aporte calorífico y un pellet de mala calidad deja un exceso de residuos y puede obstruir a la calderas o estufas (Pinilla, Luengo, Navarrete, & Navarrete, 2020).

Los consumidores de pellets deben contar con tecnologías desarrolladas o en vías de desarrollo, lo cual los principales usos se los da en hornos, estufas, calentadores y chimeneas diseñadas para funcionar con este tipo de combustibles, donde se

establecen como mercado países que se encuentran desarrollados y ambientales que favorezcan la comercialización de pellets (Castañeda & Arciniegas, 2019).

El pellet de uso residencial y comercial en baja escala se debe utilizar madera natural sin aditivos, para tener un producto que cumpla con los requerimientos de calidad establecidas en la norma UNE EN ISO 17225-2. En los parámetros más notables requeridos se debe mencionar el contenido de humedad bajo 10%, durabilidad mecánica sobre 97,5%, poder calorífico sobre 4520 kcal/kg, el contenido de cenizas bajo 1% y una densidad de 670 kg/m³ (Gallardo, 2021).

La peletización de biomasa tiene una serie de ventajas en términos de protección ambiental. Según Mostafa (2019) el agotamiento de los combustibles fósiles, junto con su impacto ambiental ha llevado a los investigadores a explorar el potencial de los pellets. Además, la influencia del tipo de biomasa, su composición, el proceso de densificación, la geometría de la matriz, el tamaño de las partículas, el tamaño de los gránulos afecta directamente las propiedades de los gránulos y cómo se comportan bajo las condiciones de prueba (Nguyen et al., 2020). En este sentido, no basta con conocer el potencial energético del pellet sino también evaluar las propiedades de la materia prima a usar antes de su elaboración.

2.9.1. Características de calidad de los pellets

Una de las características más visibles es el brillo del pellet posee un aspecto brillante, a modo de barnizado, y una superficie lisa (Pinilla et al., 2020). Muestra un color uniforme, de lo contrario revelaría la presencia de agentes patógenos que alterarían la calidad (Pinilla et al., 2020). La forma y tamaño de los pellets debe ser cilíndrica y con un diámetro máximo de 25 mm, la longitud puede ser de 10 mm a 7 cm. Lo que le convierten en un producto fácil de manejar, eficiente mecánicamente, facilita el transporte y permite la carga automática de las calderas (Gallardo, 2021). La densidad de la materia prima requiere mayor presión para lograr la misma intensidad de compresión. La densidad puede estar entre 1000 y 1200 Kg/m³ y a granel puede estar entre 600 y 800 Kg/m³ (Pinilla et al., 2020).

La humedad afecta el rendimiento de la temperatura de pelletizado del producto, cuando es superior al 30%, no es posible compactar y mantener la madera unida, y cuando la humedad es inferior al 6%, la energía de compactación disminuye, por lo

que se tendría que gastar mucha energía formando más costes innecesarios (Castañeda & Arciniegas, 2019). La friabilidad se refiere a resistir los choques y las abolladuras sin desmoronarse (Castañeda & Arciniegas, 2019). El poder calorífico es la energía liberada cuando se quema un kilogramo de partículas, la cantidad de energía que se libera depende de la materia prima, humedad y presencia de otros elementos, como metales, valores estimados que se encuentran entre 4200 y 4500 kcal/kg con un 10% de humedad (Castañeda & Arciniegas, 2019).

2.9.2. Beneficios del uso del pellet

Antes de determinar cuáles son los beneficios de usar pellets, es preciso hacer una revisión general con respecto a su incidencia poblacional. Según García (2019), los beneficios ambientales del pellet y de la biomasa en general son más que evidentes. Todo lo que se recicla y utiliza es mucho más sostenible y respetuosa con ella que lo artificial y químico. Sin embargo, el uso de pellets como combustible tiene otras ventajas que deben ser tenidas en cuenta. Sobre todo, si en casa hay grandes dimensiones y se sitúa en zonas frías.

- Reduce la emisión de CO₂. El balance de CO₂ del pellet es neutro, ya que los árboles absorben CO₂ durante su crecimiento. Por lo tanto, después de la combustión, se libera CO₂ con el aire.
- Menos ceniza que la leña. A diferencia de la leña en las chimeneas tradicionales, la cantidad de ceniza que se produce es mucho menor. Esto significa menos tiempo dedicado a la limpieza.
- Se estima que el ahorro es entre 500 € y 1.000 € al año en las regiones más frías en comparación con los costes de combustible que se necesita para las calderas de gasóleo.
- Alto poder calorífico. Los pellets pueden calentar rápidamente áreas muy grandes. Por ello, para viviendas rústicas o cerradas, así como aquellas que normalmente no están ocupadas de forma permanente, el pellet es el combustible ideal para calentarlas de forma eficiente.
- Alta resistencia al desgaste. Al encontrarse en zonas frías o húmedas los gránulos se pueden almacenar durante un largo período de tiempo sin necesidad de almacenamiento en seco.

2.9.3. Características especiales de los pellets

Los pellets deben contener valores significativos en su composición física y mecánica. Los diámetros no varían significativamente debido a que los productos son elaborados de 6,0 a 7,0 mm, con una compresión mínima de 7,0 mm y como máximo 21,0 mm, la densidad está dentro del rango 548,0 a 589,9 kg/m³ y una durabilidad mecánica de 87,24 a 95,22 % Costa et al. (2020). El porcentaje de lignina que contiene la madera es la que ayuda en la compactación del biocombustible (Pegoretti et al., 2019).

En la combinación de diferentes tipos de materias primas, existe un porcentaje de lignina. Las mezclas de pino y eucalipto con un alto contenido de lignina muestran datos de 25,79 a 30,84%, los mismos que puede variar dependiendo la materia prima que se agregue (Carvalho, 2019). La lignina es un componente que ayuda como pegamento, ayuda a mantener compacto el pellet dando un aspecto brillante y suave (Liaño et al., 2023).

2.9.4. Parámetros de calidad del pellet

Las normativas de calidad del pellet establecen requisitos fundamentales de calidad que deben cumplir para garantizar su eficiencia y seguridad. Estos requisitos son fundamentales como la materia prima, el contenido de humedad, densidad, poder calorífico y emisiones. A nivel internacional el pellet se clasifica según la norma UNE-EN ISO 17225-1:2021 (Penilla et al., 2021). A continuación, se especifican los requisitos generales para los biocombustibles sólidos.

Tabla 3. Valores de umbral de los parámetros más importantes de los pellets

Propiedad	Unidad	Datos
Diámetro	mm	6 ±1
Longitud	mm	3,15 ≤ 40
Humedad	% en masa	≤ 10
Cenizas	% en masa	≤ 1,2
Durabilidad mecánica	% en masa	≥ 97,5
Poder calorífico	kWh/kg ²	≥ 97,5
Densidad	kg/m ³	600 ≤ 750
Nitrógeno	% en masa	≤ 1,0
Azufre	% en masa	≤ 0,04

Nota: Requisitos de calidad de los pellets según la norma UNE-EN ISO 17225-1 2021

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización de la investigación

La presente investigación se desarrolló en la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agroindustrial, instalaciones del Departamento de Investigación.

Tabla 4

Localización de la investigación

Ubicación	Localidad
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Sector campus	Laguacoto II
Dirección	Vía Guaranda – San Simón Km 1 ½

3.1.1. Situación geográfica y climática

Tabla 5

Aspectos generales de territorio

Parámetro	Valor
Altitud	2640 msnm
Latitud	01°34'15" S
Longitud	79°0'02" W
Temperatura mínima	8°C
Temperatura media anual	14.8°C
Temperatura máxima	21°C
Humedad relativa promedio	75%

Nota. Tomado de Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB 2019 y 2021.

3.2. Materiales

3.2.1. Material experimental

- Poda de pino (*Pinus*)
- Eucalipto (*Eucalyptus*)
- Chilca (*Baccharis latifolia*)
- Poda de caña seca de maíz (*Zea mays*)

3.2.2. Materiales de campo

- Saco de polietileno
- Barra de medición
- Guantes desechables
- Machete
- Cinta métrica

3.2.3. Materiales de laboratorio

- Balón de aforo
- Pipeta
- Vasos de precipitación
- Materiales de plástico
- Papel aluminio
- Cuchillos
- Tablas de picar
- Guantes
- Envases plásticos herméticos
- Fundas de papel

3.2.4. Materiales de oficina

- Libreta de apuntes
- Computadora
- Calculadora
- Hojas A4

3.2.5. Reactivos

- Agua destilada (H_2O)
- FN020-C
- Acetona
- Trietilenglicol
- Alfamilasa
- Sulfito de Sodio Anhidro




- FAD20-C
- Ácido sulfúrico
- Ácido benzoico





3.2.6. Equipos

A continuación, en la Tabla 6 se muestra los equipos que se utilizara en la elaboración del pellet.

Tabla 6

Equipos utilizados en la investigación

Equipo	Modelo	Función	Imagen
Mufla	FA7915 Thermo Scientific	Pruebas de altas temperaturas. Incineración de muestras orgánicas e inorgánicas.	
Estufa	UN30	Calentamiento, secado, regulación de la temperatura, ensayo, envejecimiento, esterilización, ensayo de envejecimiento.	
Molino de rotor	Retsch GmbH	Homogeneizar muestras Triturar materias secas	

Balanza analítica	DHAUS (0.001 g)	Pesar muestras	
Analizador Elemental	1922261	Combina nuevas soluciones con técnicas probadas para facilitar la determinación simultánea de CHNS en muestras hasta el rango de gramos	
Calorímetro	6400	Permite trazar y visualizar de forma instantánea los resultados estándar de los límites de alerta y control definidos por el usuario.	
Analizador estructural	A2000	Analizador de fibra totalmente automático, para realizar análisis de fibra cruda, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra.	

3.3. Métodos

3.3.1. Factores de estudio

Los factores considerados para el aprovechamiento de residuos biomásicos de cáscara de pino y eucalipto; chilca y caña de maíz, para la obtención de pellets fueron: Factor A: mezcla de materia, Factor B: contenido de corteza

Tabla 7

Factores de estudio

Factores	Código	Niveles
Mezcla de materia	A	a_1 : 60%E + 20%Ch + 10%Cm + 10% P a_2 : 20%E + 60%Ch + 10%Cm + 10% P a_3 : 10%E + 10%Ch + 60%Cm + 20% P a_4 : 25%E + 25%Ch +25%Cm +25% P
Contenido de corteza	B	b_1 : Con corteza b_2 : Sin corteza

3.3.2. Tratamientos

Las combinaciones de niveles de cada factor constituyen los tratamientos y fueron:

Tabla 8

Combinación de tratamientos

Tratamiento	Código	Descripción de niveles	
		A	B
T1	a1b1	60%E + 20%Ch + 10%Cm + 10%P	Con corteza
T2	a1b2	60%E + 20%Ch+ 10%Cm + 10% P	Sin corteza
T3	a2b1	40%E + 20%Ch+ 20%Cm + 20% P	Con corteza
T4	a2b2	40%E + 20%Ch+ 20%Cm + 20% P	Sin corteza
T5	a3b1	40%E + 40%Ch+ 10%Cm + 10% P	Con corteza
T6	a3b2	40%E + 40%Ch+ 10%Cm + 10% P	Sin corteza
T7	a4b1	25%E + 25%Ch +25%Cm +25% P	Con corteza
T8	a4b2	25%E + 25%Ch +25%Cm +25% P	Sin corteza

3.3.3. Características del experimento

Tabla 9

Características del experimento

Características del diseño factorial	
Factores experimentales	2
Niveles Factor A	4
Niveles Factor B	2
Réplicas	3
Unidad Experimental	24
Tamaño de la muestra	100 gr
VARIABLES Respuesta	4

Nota. Las variables respuestas son: Poder calorífico, Densidad a granel, Resistencia al impacto y Resistencia al agua.

Se realizó un total de ocho tratamientos con tres réplicas (total 24 tratamientos) más un testigo (el testigo será el análisis de pellets para su posterior comparación).

3.3.4. Variables respuestas

Las variables de se detallan:

Tabla 10

Variables respuestas

Parámetros	Método
Densidad	Método de la probeta
Resistencia al Impacto	ASTM D440-86
Resistencia al Agua	American Society of Agricultural Engineers
Poder Calorífico	Norma Española UNE-EN ISO 18125

3.3.5. Tipo de diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial A*B (4*2) con tres repeticiones, el modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable sujeta de medición

μ = Media general

A_i = Efecto del factor A

B_j = Efecto del factor B

AB_{ij} = Efecto de la interacción (A*B)

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental

3.3.6. Modelo de análisis de varianza (ANOVA)

El modelo de análisis de varianza (ANOVA) es el siguiente:

Tabla 11

*Modelo de análisis de varianza (ANOVA) para el diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial A*B*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tablas
Factor A	SC _A	a-1	SC _A /(a-1)	CM _A /CM _E	gl A/gl E
Factor B	SC _B	b-1	SC _B /(b-1)	CM _B /CM _E	gl B/gl E
Interacción AB	SC _{AB}	(a-1) (b-1)	SC _{AB} /(a-1) (b-1)	CM _{AB} /CM _E	gl AB/gl E
Error	SC _E	ab (n-1)	SC _E /ab(n-1)		
Total	SC _T	nab-1			

Nota. Tomado de *Análisis y diseño de experimentos*, por (Gutiérrez & Román, 2008).

3.3.7. Pruebas de rangos múltiples

Se aplicó el método de la diferencia mínima significativa (LSD) para probar la igualdad de todos los posibles pares de medias:

$$LSD = |\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-k\right)} \sqrt{CM_E \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

Donde:

LSD = diferencia mínima significativa.

K = número de tratamientos.

$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j|$ = valor absoluto entre las medias muestrales.

$t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-k\right)}$ = distribución T de Student con N-k grados de libertad que corresponden al error.

CM_E = cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla ANOVA.

n_i, n_j = número de observaciones para los tratamientos i y j, respectivamente.

3.4. Metodología experimental

3.4.1. Preparación de la materia prima

Se recolecto cascaras de las especies forestales, y ramas de la poda de estas especies de la parroquia Salinas del cantón Guaranda de la provincia de Bolívar. De acuerdo con la mayor producción de residuos que se produce de las podas de los árboles como pino y eucalipto.

3.4.2. Caracterización de la materia prima

Tabla 12

Caracterización proximal, elemental y estructural

Análisis Proximal		Análisis Elemental		Análisis Estructural	
Parámetros	Método	Parámetros	Método	Parámetros	Método
Humedad	Norma Europea UNE-EN 14774-3	Carbono		Fibra ND y lignina	Van Soest (SISTEMA ANKOM)
Cenizas	Norma Europea UNE-EN 14775	Nitrógeno	Norma Europea UNE-EN 15104	Fibra AD	Van Soest (SISTEMA ANKOM)
Volátiles Totales	Norma Europea UNE-EN 15148	Hidrogeno			
Carbono Total	100-Cenizas- Volatiles	Azufre			

3.4.3. Preparación del pellet

El peletizado es el proceso de conversión de desechos en combustible sólido. Los pellets se utilizan para combustión térmica. Los pellets de madera se utilizan después para la combustión térmica, y constituyen uno de los productos más comunes derivados de la paletización. El contenido en humedad debe ser menor del 12% y, el tamaño del grano, de menos de 5*5 mm.

3.4.3.1. Descripción y diagrama de flujo del proceso

A continuación, la descripción de las etapas del proceso de peletización de la madera:

- 1. Recepción de la materia prima:** Se recepto la materia prima en gavetas de platico antes del ingreso a la Planta Agroindustrial, en esta etapa se clasifico las

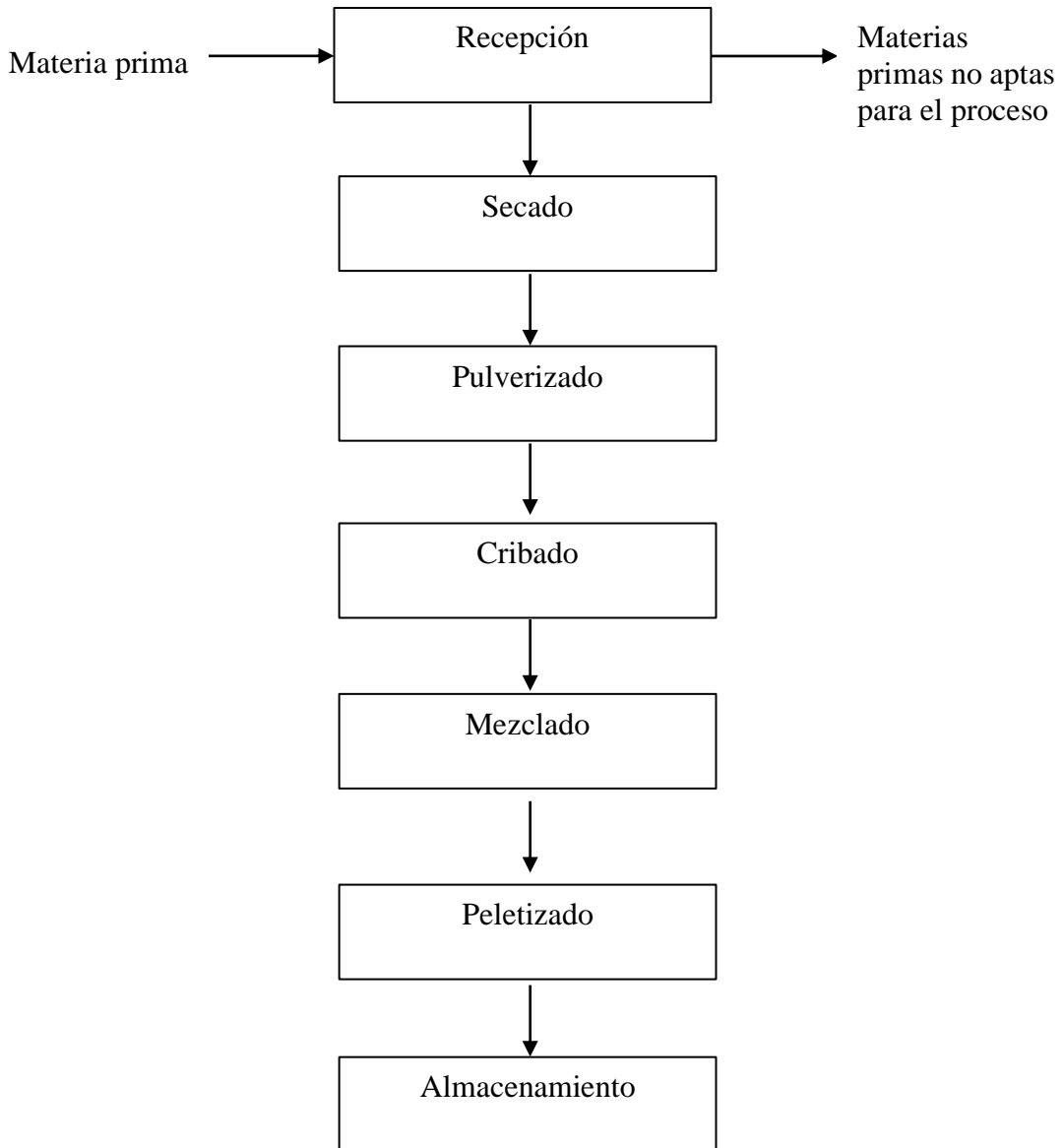
cortezas y ramas en tamaños estándar para facilitar su posterior análisis de laboratorio y procesamiento.

- 2. Secado:** El propósito es estabilizar el peso seco de la madera para un óptimo procesamiento y trabajabilidad. Se realizó el secado de las materias primas mediante un horno o estufa a 60°C por 24 horas para lograr el porcentaje de Humedad admitido por la norma UNE-EN INEN 17225.
- 3. Pulverizado:** Se pulverizó el tamaño físico, el proceso puede ser generalmente trituración, molienda o corte, para obtener partículas más pequeñas o fragmentos de madera de tamaño menor. Las astillas obtenidas fueron empacadas para evitar su contaminación con el ambiente y evitar aumento en el pH.
- 4. Cribado:** Las mezclas de materia se introdujeron en un equipo de cribado de manera manual en estado seco, fue movida de un lado hacia otro tipo vibración. En la retención y separación, las partículas más grandes se separaron desde la superficie del cribado y se obtuvo materia fina para el proceso de peletizado.
- 5. Mezclado:** Se combina dos o más sustancias o componentes para lograr una distribución uniforme de sus partículas o elementos constituyentes. El objetivo principal del mezclado es crear una mezcla homogénea en las diferentes sustancias de distribución de manera uniforme, para el mejoramiento la consistencia, la calidad, las propiedades físicas, químicas o funcionales de la mezcla resultante. En el mezclado de los dos factores con es las materias primas y el contenido de corteza con cuatro y dos niveles se obtuvo ocho tratamientos de diferentes porcentajes, para el estudio de ocho diferentes propiedades de pellets.
- 6. Peletizado:** El peletizado es un proceso de compresión del material en forma de un granulo o pellet, para el mejoramiento de su procesamiento que deriva en un nuevo producto consumible en su función. Es el método que es utilizado de gran manera en la industria en proceso de materiales, son de formación cilíndrica que es formado por un material polvoso o partículas finas que se compactan y es unido mediante fuerzas mecánicas ya menudo calor. El peletizado, se utiliza en las variedades de muestras en la agricultura implementando la industria de la biomasa.

3.4.3.2. Diagrama de flujo del proceso de peletizado

Figura 1

Diagrama de flujo del proceso de peletizado



3.4.4. Pruebas en campo

Los resultados de la prueba de combustión pretenden verificar el comportamiento de los materiales mediante la evaluación del tiempo de ignición, autoignición y el tiempo de propagación de la llama. Están normalizados por la norma UNE-EN 60695

Tabla 13*Pruebas de combustión*

Materia Prima	Tiempo de Ignición (min)	Tiempo de Autoignición (min)	Tiempo de propagación de la llama (min)
Pellets	0,1 ± 0,30	1,10 ± 1,50	2,0 ± 3,0
Briquetas	10 ± 20	17 ± 30	35 ± 48

3.4.4.1. Tiempo de ignición

El tiempo de ignición se refiere al período transcurrido desde el inicio de la exposición de un material a una fuente de calor hasta el momento en que comienza a arder o a generar una llama sostenida. Es el lapso que tarda un material en alcanzar la temperatura crítica necesaria para iniciar su combustión cuando se expone a una fuente de ignición, como una llama o una superficie caliente. Se tomó como muestra un pellet y depositado en la flama de un mechero hasta ver que empiece la ignición, luego se tomó el tiempo con un cronómetro obteniendo como resultado referente al mejor tratamiento.

3.4.4.2. Tiempo de autoignición

El tiempo de autoignición se define como el lapso desde que un material es expuesto a una temperatura específica hasta que se prende fuego de manera espontánea, prescindiendo de una fuente externa de ignición como una llama o chispa. Es el tiempo que demora un material en iniciar su propia combustión debido al calor acumulado, alcanzando la temperatura crítica requerida para encenderse. Al terminar el proceso de ignición, tomamos el cronometro e identificamos el tiempo que tarda la muestra de pellet en terminar la autoignición. Al terminar el proceso de autoignición en el que se quema la parte física del pellet, se pudo vislumbrar un pellet totalmente al rojo vivo por el calor acumulado.

3.4.4.3. Tiempo de propagación de la llama

El tiempo de propagación de la llama se refiere al intervalo de tiempo necesario para que una llama se extienda desde el punto inicial de ignición hasta alcanzar una distancia específica. Es una medida que evalúa la velocidad con la que se propaga el fuego a lo largo de una superficie o a través de un material.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis proximal, elemental, estructural de las materias primas

Con el fin de cumplir con el primer objetivo, se realizó el análisis proximal, elemental, estructural de 4 materias primas (Eucalipto, Pino, Chilca y poda de cosecha de maíz). La terminología (SC) hace referencia al término sin corteza, (CC) con corteza y (C) únicamente corteza. Se presenta a continuación los detalles.

4.1.1. Análisis proximal de las materias primas

En la tabla 13 se muestran los resultados del análisis proximal de las materias primas con corteza y sin corteza, determinados por el contenido de humedad, cenizas y volátiles totales según las normas UNE-ISO. Calderón & Loor (2023) y Rozas et al. (2005), mencionan que existe más porcentaje de humedad con un 12% y 11, 55% en su investigación. Valle et al. (2010) aportan que en su análisis separaron la corteza y obtuvieron como máximo 9,30 y como mínimo 0,23% de Humedad. En virtud de lo anterior hay un mayor índice de humedad en el Pino seco debido a que, el lugar en donde fue recolectado estaba en contacto con el suelo.

Abad et al. (2020), en sus análisis de ceniza presenta un porcentaje cercano al Eucalipto, Pino y Chilca sin Corteza, con un promedio del 1,24% de cenizas. Los datos se encuentran dentro de los rangos establecidos. Núñez et al. (2019), menciona que “el porcentaje de material volátil total en la madera es de 86,36%. Los valores se asemejan al porcentaje que tiene la muestra de Eucalipto sin corteza. Cando (2022), manifestó que “el poder calorífico encontrado en el aserrín de Eucalipto es de 20,13% cercano a los datos recolectados del análisis realizado a la muestra de Eucalipto con corteza.

Tabla 13*Análisis proximal de las materias primas*

Variables	Método	Tipos de poda de árboles											
		Eucalipto			Pino			Chilca			Caña de maíz		
		SC	CC	C	SC	CC	C	SC	CC	C	SC	CC	C
Humedad (%)	UNE-ISO 18134-3	4,91	4,83	7,48	4,85	5,98	4,72	4,51	5,37	5,95	6,98	6,36	5,96
Cenizas (%)	UNE-EN-ISO 18122	1,80	2,42	8,10	0,52	1,07	3,14	1,40	2,87	8,13	6,49	5,48	6,14
Volátiles totales (%)	UNE-EN-ISO 18123	84,03	82,4	71,38	83,62	81,36	75,09	81,78	78,8	74,21	79,3	76,42	77,82
Carbono Fijo (%)	CENIZAS-VOLATILES	14,17	15,19	20,52	15,86	17,57	21,77	16,81	18,33	17,66	14,2	18,10	16,04

4.1.2. Análisis de la variable del poder calorífico de las materias primas

Tabla 14

Análisis de la variable del poder calorífico de las materias primas

Materia prima	Tipos de residuos	Poder calorífico kcal/kg	Método
Eucalipto	SC	4241	
	CC	4100,67	
	C	4022,43	
Pino	SC	4160,74	
	CC	4323,92	
	C	4568,21	UNE-EN ISO
Chilca	SC	436269	18125
	CC	4325,76	
	C	4243,05	
Caña de maíz	SC	3871,62	
	CC	3050,99	
	C	4062,94	

En la tabla 14 se presentan los resultados del análisis del poder calorífico de las materias primas en estudio con corteza y sin corteza. Godoy (2022), menciona que el poder calorífico en la madera de Eucalipto es de 4170,01 kcal/kg. Salgueiro (2019), aporta que en la madera existe un poder calorífico de 4241 kcal/kg. En virtud de lo anteriormente expuesto, la muestra con mayor poder calorífico es el Eucalipto sin corteza. Matiauda et al. (2022), manifiesta que el poder calorífico encontrado en sus análisis de aserrín de Pino es de 3499,81 kcal/kg. En comparación a los datos de los autores anteriormente citados, la corteza de Pino es la de mayor poder calorífico. Es importante mencionar que de acuerdo con Barrera et al. (2022), el poder calorífico de diferentes especies es variable en un rango de 4636 kcal/kg y 3824,4 kcal/kg, datos que pueden variar dependiendo de las características de la materia prima como es la madurez, las condiciones de crecimiento, la humedad.

4.1.3. Análisis elemental de las materias primas

Los valores que se incluyen en la tabla 15 para N, C, H O y S de las 4 especies en estudio, con corteza y sin corteza son los que establece la norma UNE-EN 15104 para material obtenido en las podas. Para el Pino, según Ponce y Cárdenas (2018), el porcentaje medio de C está entre 48% y 52% y de N entre 0,07% y 0,38%, siendo el primer valor mayor al obtenido en este estudio de C que es 39%. Sin embargo,

los valores que presenta para N son similares al obtenido en esta investigación. Alves et al. (2020), para la madera de Eucalipto, obtienen 0,18% en N que es un valor muy cercano al encontrado en esta especie. Sin embargo, Montesinos et al. (2019) obtuvieron un valor medio de 0,63%. Esto indica que para este elemento se encuentran muchas variaciones. Las materias primas que presentan mayor contenido de corteza son las que tienen mayor cantidad de Carbono.

Tabla 15

Análisis elemental de las materias primas

Materia prima	Tipos de residuos	Propiedades				Método
		Nd (%)	Cd (%)	Hd (%)	Od (%)	
Eucalipto	SC	0,83	46,71	7,24	43,42	UNE-EN ISO 16948
	CC	0,81	46,42	6,85	43,51	
	C	0,9	46,95	6,12	37,93	
Pino	SC	0,7	48,84	7,32	42,62	
	CC	0,7	49,66	7,35	41,22	
	C	1,13	50,4	7,06	38,27	
Chilca	SC	0,76	48,64	7,24	41,95	
	CC	1,06	47,47	6,89	41,71	
	C	1,39	47,68	6,74	36,07	
Caña de maíz	SC	1,03	46,03	6,81	39,63	
	CC	0,92	45,36	6,71	41,54	
	C	0,89	45,13	7,01	40,83	

4.1.4. Análisis estructural de las materias primas

En la tabla 16 se evidencian los resultados obtenidos en el análisis estructural realizado a las materias primas en donde se evaluó la cantidad de celulosa, hemicelulosa y lignina de cada residuo tomado para esta investigación. En consonancia con las investigaciones de Kim et al. (2019), se observa que para materiales lignocelulósicos la descomposición termoquímica ocurre entre 275 y los 350°C, para la hemicelulosa entre 150 y 350°C, para la celulosa entre 275 y 350°C y para la lignina entre 250 y 500°C. Estas variaciones podrían atribuirse a factores como las condiciones específicas de la materia prima utilizada o las metodologías empleadas en cada estudio. Al comparar y contrastar estas perspectivas, se revela la complejidad inherente al análisis estructural de pellets de madera y la necesidad de considerar múltiples variables para obtener una comprensión holística del tema."

Tabla 16*Análisis estructural de las materias primas*

Materia prima	Tipos de residuos	Propiedades			Método
		celulosa	hemicelulosa	lignina	
Eucalipto	SC	50,2	20,50	28,45	Van Soest (SISTEMA ANKOM)
	CC	51,83	22,23	29,85	
	C	52,23	21,34	29,12	
Pino	SC	60,92	20,01	13,91	
	CC	53,06	18,24	15,06	
	C	52,13	18,01	17,46	
Chilca	SC	56,76	18,64	25,24	
	CC	51,06	20,47	27,89	
	C	57,39	18,68	26,74	
Caña de maíz	SC	41,03	51,03	6,81	
	CC	42,92	50,36	6,71	
	C	42,89	49,13	7,01	

4.2.Determinación del mejor tratamiento para la elaboración de pellets

Con el fin de cumplir con el segundo objetivo, se realizó un análisis a las variables independientes. Para determinar el tratamiento óptimo en la elaboración de pellets, es necesario tomar en cuenta las normas de producción, ya que facilitan la producción de pellets. Como resultado se presenta a continuación los detalles.

4.2.1. Análisis de la variable densidad

La tabla 17 indica los valores del análisis de densidad de los tratamientos, se puede evidenciar que el tratamiento ocho es el que tiene mayor porcentaje de densidad con un porcentaje de 2,44 g/cm³ y el que tiene menor porcentaje de densidad es el tratamiento 1 con un valor de 1,63 g/cm³. Según la investigación de Mucha (2020) aporta que obtuvo resultados inferiores en la densidad de un pellet con un valor de 1,026 g/cm³. Siguiendo la misma línea García et al. (2019), en su estudio obtuvo un resultado inferior de 0,987 g/cm³. Núñez (2019), menciona que su densidad aparente mostró diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre especies en un estándar de 2,59 g/cm³ y 2,24 g/cm³, respectivamente. Estas variaciones podrían atribuirse a factores como las condiciones específicas de la materia prima utilizada.

Tabla 17

Valores del análisis de la densidad

Densidad (g/cm ³)				
Densidad 1	Densidad 2	Densidad 3	Promedio	Desviación
1,61	1,65	1,63	1,63	0,02
1,72	1,75	1,83	1,77	0,06
3,02	2,08	2,12	2,41	0,53
2,01	2,07	2,04	2,04	0,03
2,51	1,74	2,66	2,30	0,49
1,8	2,76	1,87	2,14	0,54
1,96	1,93	2,99	2,29	0,60
2,06	2,12	3,14	2,44	0,61

4.2.2. Análisis de varianza de la variable densidad

En la tabla 18 se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide al eliminar los efectos de los demás factores. Los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que ningún valor-p es menor que 0,05, ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la densidad con un 95,0% de nivel de confianza.

Tabla 18

Análisis de varianza de la variable densidad

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Factor A	1,55851	3	0,519504	2,68	0,0818
B: Factor B	0,0222042	1	0,0222042	0,11	0,7393
INTERACCIONES					
AB	0,278146	3	0,0927153	0,48	0,7017
RESIDUOS	3,09953	16	0,193721		
TOTAL (CORREGIDO)	4,9584	23			

4.2.3. Análisis de la variable resistencia al impacto

La tabla 19 indica los valores del análisis de la resistencia al impacto. Sharma & Dubey (2020) muestran que en un intervalo de 95 a 99 Pa son resistentes al impacto. Igualmente, la resistencia al impacto que menciona Contreras (2018) es de 96 a 97,5

Pa. El tratamiento uno tiene 98,70 Pa demostrando ser el de mayor resistencia. Mientras que el menos resistente es el tratamiento cinco con un valor de 83,94 Pa. El patrón del índice de durabilidad del pellet (dependiendo del tamaño promedio de las partículas y del contenido de agente aglutinante) llevó a concluir que el porcentaje de agente aglutinante ejerció la mayor influencia. Si aumenta el porcentaje de aglutinante, también aumenta el índice de durabilidad.

Tabla 19

Análisis de la variable de la resistencia al impacto

	Resistencia al impacto (Pa)				
	R1	R2	R3	Promedio	Desviación
T1	99,65	98,28	98,18	98,70	0,82
T2	88,74	86,6	97,89	91,08	6,00
T3	87,72	97,08	80,86	88,55	8,14
T4	91,08	87,24	80,86	86,39	5,16
T5	79,09	87,73	85,01	83,94	4,42
T6	87,25	87,74	85	86,66	1,46
T7	84,23	83,26	86,3	84,60	1,55
T8	92,23	83,26	86,3	87,26	4,56

4.2.4. Análisis de varianza de la variable de la resistencia al impacto

Tabla 20

Análisis de varianza de la variable de la resistencia al impacto

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Factor A	352,014	3	117,338	5,38	0,0094 **
B: Factor B	7,26	1	7,26	0,33	0,5720
INTERACCIONES					
AB	108,752	3	36,2506	1,66	0,2150
RESIDUOS	348,903	16	21,8064		
TOTAL (CORREGIDO)	816,929	23			

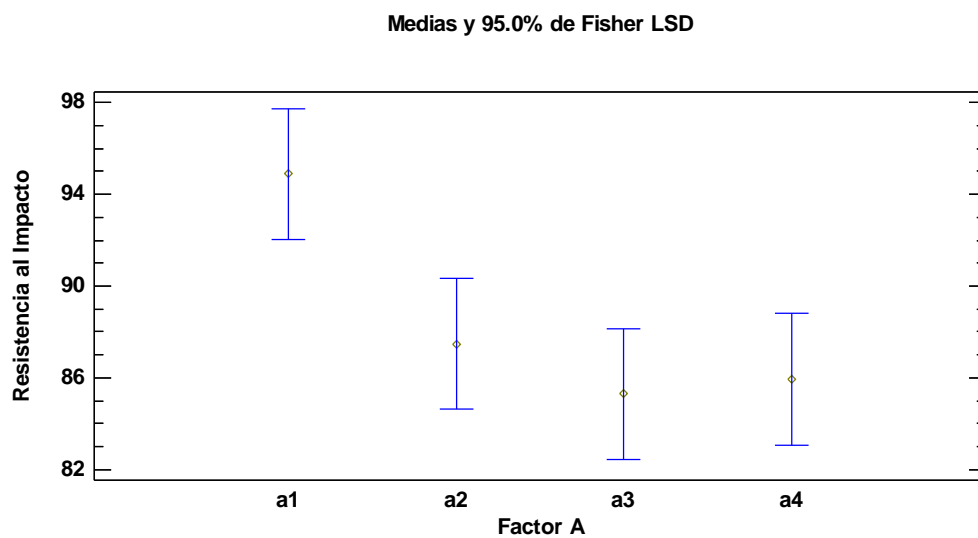
Nota. **: Altamente significativo.

La tabla 20 muestra la ANOVA que descompone la variabilidad de la variable resistencia al impacto en contribuciones debidas a los factores: factor A: mezclas de materia prima, factor B: contenido de corteza. Puesto que 3 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo

sobre resistencia al impacto con un 95,0% de nivel de confianza. Nuñez (2019), aporta una resistencia del 98,46% en pellets con corteza y en pellets sin corteza datos del 92,96%. Okot et al. (2019) muestra en su investigación que los pellets son resistentes al impacto con presión de 99,8 Pa. En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis y en comparación con los datos de los autores citados se determina que se encuentran dentro de los rangos establecido.

Figura 2

Valores promedios de los niveles del factor A



La tabla 20 determina las medias que son significativamente diferentes de otras. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado es el procedimiento (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 21

Prueba de Rangos Múltiples del Factor A para la variable resistencia al impacto.

Método: 95,0 porcentaje LSD

Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
a3	6	85,3033	1,90641	X
a4	6	85,93	1,90641	X
a2	6	87,4733	1,90641	X
a1	6	94,89	1,90641	X

4.2.5. Análisis de la variable resistencia al agua

Tabla 22

Análisis de la variable de la resistencia al agua

Tratamientos	Resistencia al agua (Bar/ATM)				
	R1	R2	R3	Promedio	Desviación
T1	60,51	67,55	76,91	68,32	8,23
T2	54,56	50,06	62,83	55,82	6,48
T3	58,61	58,95	63,18	60,25	2,55
T4	61,89	62,71	60,72	61,77	1,00
T5	8,63	7,88	8,02	8,18	0,40
T6	66,29	65,99	64,99	65,76	0,68
T7	58,73	76,99	68,89	68,20	9,15
T8	46,73	47,75	43,71	46,06	2,10

En la tabla 22 se determina que el tratamiento uno es el de mejores resultados con relación a la resistencia al agua, con un rango de 60 ± 76 Bar/ATM. Atuesta & Sierra (2019) aportan en su análisis que sus datos obtuvieron un máximo de 85,0 Bar/ATM, dicha variable es representada por las unidades de medida Bar (Bar) sobre Atmosfera (ATM). La prueba de resistencia al agua se aplicó siguiendo el procedimiento de la American Society of Agricultural Engineers, ASAE según lo refieren los autores (Lindley and Vossoughi, 1989), pues en el momento no existe ninguna prueba normalizada. Cada muestra se sumergió en agua a 27 °C durante 30 segundos, el valor de la resistencia se tomó como el porcentaje en peso de agua absorbida por la muestra.

4.2.6. Análisis de varianza de la variable de la resistencia al agua

Tabla 23

Análisis de varianza de la variable de la resistencia al agua

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Factor A	2483,21	3	827,738	32,17	0,0000 **
B: Factor B	224,359	1	224,359	8,72	0,0094 **
INTERACCIONES					
AB	5722,22	3	1907,41	74,12	0,0000 **
RESIDUOS	411,741	16	25,7338		
TOTAL (CORREGIDO)	8841,53	23			

Nota. **: Altamente significativo.

La tabla 23 muestra la ANOVA que descompone la variabilidad de resistencia al agua en contribuciones debidas a los factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide al eliminar los efectos de los demás factores. Puesto que ningún valor-P es menor que 0,05, ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Resistencia agua con un 95,0% de nivel de confianza.

Figura 3 Valores promedios de los niveles del factor A

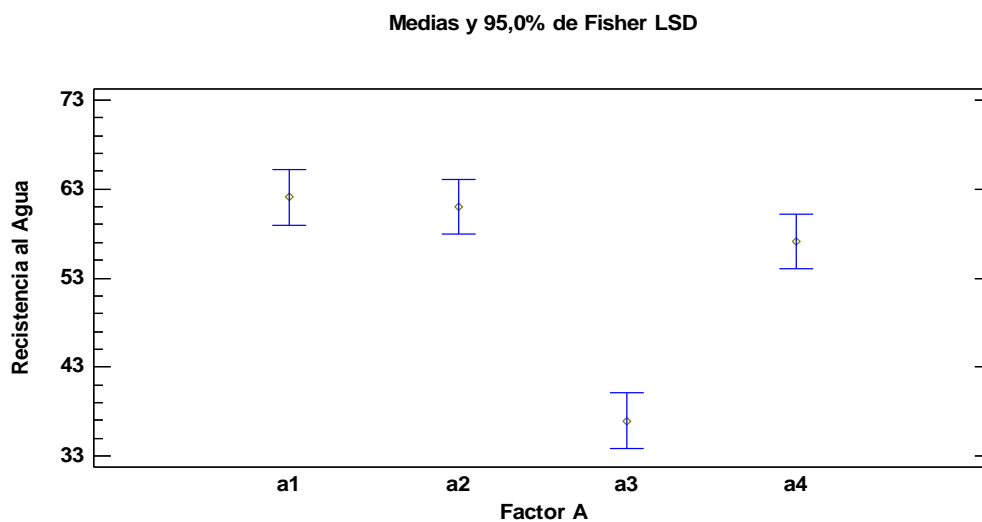


Tabla 24

Prueba de Rangos Múltiples del Factor A para la variable resistencia al agua.

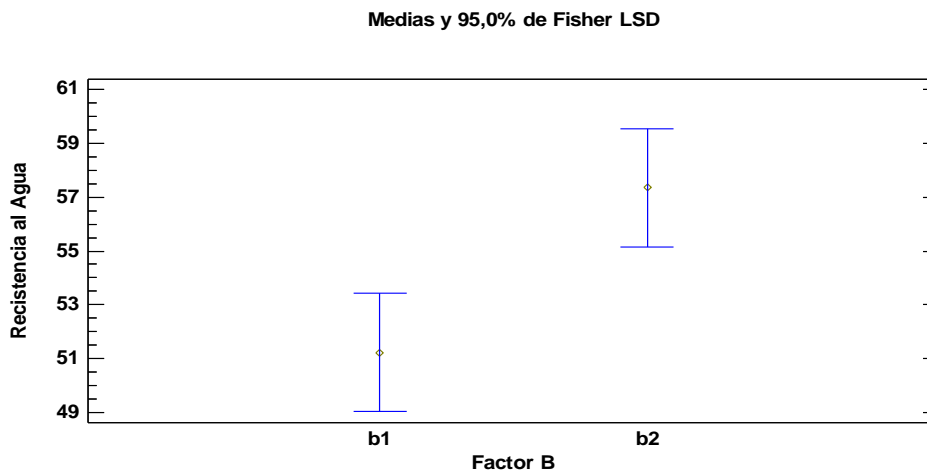
Método: 95,0 porcentaje LSD

Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
a3	6	36,9667	2,07098	X
a4	6	57,1333	2,07098	X
a2	6	61,01	2,07098	X
a1	6	62,07	2,07098	X

La tabla 24 determina las medias que son significativamente diferentes de otras. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado es el procedimiento (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Figura 4

Valores promedios de los niveles del factor B



La tabla 24 determina las medias que son significativamente diferentes de otras. Existió diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles del factor B, que compartan una misma columna de X's. El método empleado es el procedimiento (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0

Tabla 25

Prueba de Rangos Múltiples del Factor B para la variable resistencia al agua.

Método: 95,0 porcentaje LSD

Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
b1	12	51,2375	1,4644	X
b2	12	57,3525	1,4644	X

4.2.7. Análisis de la variable del poder calorífico

La tabla 26 indica los valores del análisis de poder calorífico de los 8 tratamientos en estudio, con corteza y sin corteza. Se da a conocer también el método de análisis UNE-EN ISO 18125 aplicado a cada parámetro. Con relación al poder calorífico el Tratamiento 1 con un valor de 4610,32 kcal/kg resulta ser el mejor tratamiento a diferencia del Tratamiento 7 el cual es el que tiene el valor más bajo con relación a

la efectividad de este. Los tratamientos que presentan mayor poder calorífico son los que tienen más contenido de Eucalipto.

Tabla 26

Análisis de la variable del poder calorífico

Tratamiento	Poder calorífico (kcal/kg)	Método
T1	4610,32	UNE-EN ISO 18125
T2	4278,3	
T3	4349,96	
T4	4240,02	
T5	4321,2	
T6	4106,69	
T7	4104,02	
T8	4274,63	

4.2.8. Análisis de varianza de la variable del poder calorífico

Tabla 27

Análisis de varianza de la variable del poder calorífico

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Factor A	4,16573	3	1,38858	3,71	0,0336*
B: Factor B	1,55042	1	1,55042	4,14	0,0587
INTERACCIONES					
AB	3,62952	3	1,20984	3,23	0,0502
RESIDUOS	5,98487	16	0,374054		
TOTAL (CORREGIDO)	15,3305	23			

Nota. *: Significativo.

La tabla ANOVA con respecto a la variable del poder calorífico de pellets demuestra que existe diferencia significativa, en el factor A: mezclas de materias primas. Debido a que su valor-p es menor que 0,05, por lo tanto, la mezcla de materias primas incide en el resultado de la variable del poder calorífico, se demostró que existe un efecto estadístico significativo del 95% de nivel de confianza.

Figura 5

Valores promedios de los niveles del factor A

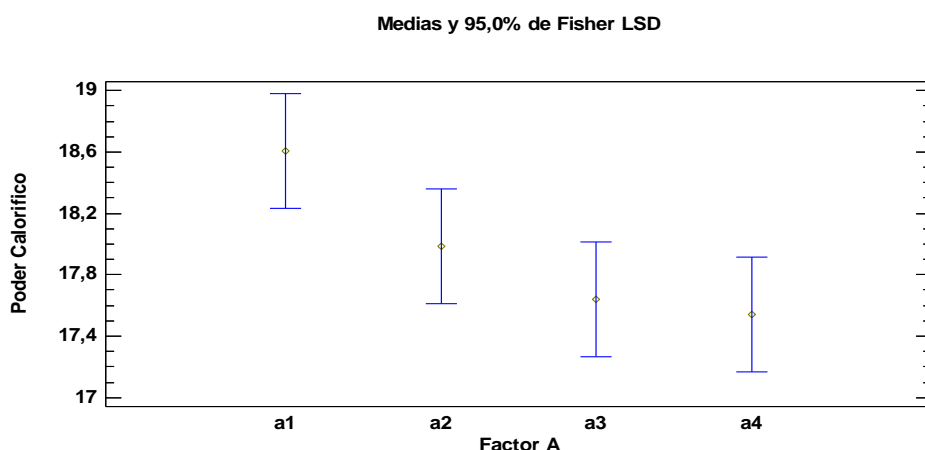


Tabla 28

Pruebas de Múltiple Rangos para Poder Calorífico por Factor A

Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupo homogéneos
a4	6	17,54	0,249685	X
a3	6	17,6433	0,249685	X
a2	6	17,9833	0,249685	XX
a1	6	18,6067	0,249685	X

La tabla 28 determina las medias que son significativamente diferentes de otras. Existió diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles del factor A, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

4.3. Análisis fisicoquímico de los tratamientos

Con el fin de cumplir con el tercer objetivo, se realizó un análisis proximal, elemental, estructural de los tratamientos. Como resultado se presenta a continuación los detalles.

4.3.1. Análisis proximal de pellets

En la tabla 29 se muestran los resultados del análisis proximal de los tratamientos, determinados por el contenido de humedad, cenizas y volátiles totales según las normas UNE-ISO. Sunyong et al. (2020), en los pellets de mezcla de biomasa de pimienta, perilla, cascarilla y café molido está en el 7% de humedad. Sunyong et al. (2019), el contenido de humedad presente el pellet de residuos agrícolas en mezcla de paja de arroz, café y pimienta está en 12%. Los tratamientos estudiados cuatro, están dentro del rango de los autores, y cuatro menores al rango de humedad. Telmo et al. (2020), el contenido de ceniza en pellets de la mezcla de madera testafarro es del 1,40% en base seca. García et al. (2021), el contenido de ceniza es del 1,1% en pellets de mezclas de Eucalipto y Pino. El tratamiento 6 muestra estar más cerca al rango dentro del rango de los autores citados. Núñez et al. (2020), las mezclas de aserrín de madera de pino con un porcentaje de 87,48 % de volátiles totales. El análisis realizado estando por debajo del rango establecido por los autores citados, el tratamiento dos con más porcentaje de volátiles totales.

Tabla 29

Análisis proximal de pellets

Variables	Método	Tipos de pellets							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Humedad (%)	UNE-ISO 18134-3	6,75	6,89	6,93	6,87	7,86	7,82	8,12	8,11
Cenizas (%)	UNE-EN-ISO 18122	3,05	2,21	2,89	2,66	2,8	1,98	2,69	2,56
Volátiles totales (%)	UNE-EN-ISO 18123	83,49	84,11	82,33	83,18	82,5	84,72	81,07	78,16

4.3.2. Análisis elemental de pellets

De acuerdo con los autores Rashedi et al. (2022) los porcentajes de nitrógeno y azufre, analizados en pellets de mezclas de aserrín de mezquita, kikir y roble están en un intervalo de 0,55 a 0,61% referente al nitrógeno y 0,02% de azufre, datos presentes en las mezclas. Los datos obtenidos en el estudio tienen mayor porcentaje de nitrógeno y menor porcentaje de azufre.

Tabla 30

Análisis elemental de pellets

Tratamientos	Propiedades					Método
	N (%)	C (%)	H (%)	S (%)	O (%)	
T1	1,2	44,78	7,16	0	43,81	UNE-EN ISO 16948
T2	1,45	46,1	5,494	0	44,74	
T3	1,5	45,98	5,353	0	44,27	
T4	1,78	46,68	5,427	0	43,46	
T5	1,85	46,56	5,374	0	43,42	
T6	1,75	47,53	5,486	0	43,25	
T7	1,55	46,01	5,428	0	44,33	
T8	1,81	46,05	5,463	0	44,12	

4.4. Realización de pruebas en campo

La tabla 31 muestra el tiempo de ignición, tiempo de autoignición, tiempo de propagación de la llama de los mejores tratamientos.

Se determinó que la combustión del pellet es normal, no presento dificultades, lo cual está relacionado con el tiempo de la combustión. El mejor Tratamiento fue el número uno con un tiempo de 2 minutos y 28 segundos.

Tabla 31

Pruebas de campo

Tratamientos	Tiempo de Ignición (min)	Tiempo de Autoignición (min)	Tiempo de propagación de la llama (min)
T1	0,26	1,28	2,28
T3	0,24	1,14	2,13
T5	0,24	1,17	2,12

La tabla 31 muestra los diferentes valores de cada tratamiento en relaciona a: Tiempo de ignición, Tiempo de autoignición y Tiempo de propagación de la llama. Los valores de tiempo de ignición no presentan diferencias significativas. Los valores de tiempo de autoignición presentan diferencias entre el T1 y el T3. Los valores de tiempo de propagación de la llama presentan diferencias entre el tratamiento T5 y T1. De acuerdo con las pruebas de combustión, se determinó que los datos obtenidos en los ensayos están dentro de los rangos, regidos por la norma UNE-EN 60695.

CAPÍTULO V

5.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

5.1.1. Hipótesis nula

Los pellets elaborados a partir de residuos biomásicos de Pino, Eucalipto, Chilca, caña seca de Maíz, no cumplen con los parámetros de calidad contemplados en las normativas.

5.1.2. Hipótesis alterna

Los pellets elaborados a partir de residuos biomásicos de Pino, Eucalipto, Chilca, caña seca de Maíz, cumplen con los parámetros de calidad contemplados en las normativas.

5.1.3. Verificación de hipótesis

Después de llevar a cabo el estudio, se determinó que los pellets a partir de biomasa procedente de poda de árboles cumplen con los estándares físicos y químicos de calidad necesarios para ser utilizados como biocombustible. Estas afirmaciones encuentran respaldo en los resultados generados por los análisis de laboratorio pertinentes, ofreciendo una base sólida para la confirmación de la hipótesis alternativa y la refutación de la hipótesis nula.

5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.2.1. Conclusiones

- Los pellets elaborados a partir de Eucalipto, Pino, Chilca y Maíz presentan características físico químicas contempladas en las normativas UNE-EN, y pueden ser considerados como biocombustibles.
- Los valores del análisis proximal (humedad, cenizas, carbono fijo, carbono total, volátiles totales), análisis elemental (C, H, N, S), análisis estructural (lignina, celulosas y hemicelulosa) de las materias primas, presentan variaciones en sus resultados, debido a la composición específica de cada especie.
- El mejor tratamiento en relación con la densidad fue el tratamiento ocho (25%E + 25%Ch +25%Cm +25% P), sin corteza, presentó valores de 2,44%. El mejor tratamiento con relación a la resistencia al impacto es el número uno (60%E + 20%Ch + 10%Cm + 10%P), con corteza, presentó valores de 98,70%. Con relación a la resistencia al agua el tratamiento número uno es el más resistente con 68,32%.
- Los valores del análisis proximal (humedad, cenizas, carbono fijo, carbono total, volátiles totales), análisis elemental (C, H, N, S), análisis estructural (lignina, celulosas y hemicelulosa), de los tratamientos A1B1, A2B3 se encuentran dentro de los rangos establecidos de acuerdo con las Normas Europeas UNE-EN para ser considerados en los procesos de elaboración de pellets, y pueden ser utilizados como biocombustibles.
- Las pruebas en campo realizadas determinan que uso como biocombustible es factible, mediante valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma UNE-EN 60695 como: Tiempo de ignición, tiempo de autoignición y tiempo de propagación de la llama.

5.2.2. Recomendaciones

- Realizar una calibración adecuada a la balanza analítica para evitar resultados erróneos, mantener la materia prima lo más homogénea posible, ya que es fundamental para la obtención de datos acorde a las normas técnicas.
- Para la evaluación del mejor tratamiento, emplear las normativas técnicas acorde a las variables respuesta, lo cual asegura la obtención de datos correctos.
- Al momento de realizar los análisis fisicoquímicos de los pellets es importante mantener los equipos calibrados y reportarlo en las bitácoras el correcto funcionamiento de los equipos para evitar el mal uso de estos.
- Se sugiere revisar las fórmulas usadas en los cálculos de Excel para poder obtener datos idóneos que no varíen o se excedan de los datos estandarizados en las normativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Orozco Ramírez, Q., Cohen, D., Arias, T., García, C., Martínez, R., & Masera, O. (2022). Production and market barriers of solid forest biofuels in Mexico From the enterprises' perspective. *Madera y bosques*, 28(1), 1-15. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812404>
- Abad-Cordero, Y., Jumbo – Benítez, N., Fernández – Guarnizo, P. V., González Rogel, J. B., Iñiguez – Ordoñez, D. P., & Pucha – Cofrep, D. A. (2020). Composición química de la madera de *Cedrela odorata* L. y su relación con las propiedades químicas del suelo de la parroquia Zumba provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista Investigación Agraria*, 2(3), 45–54. doi:<https://doi.org/10.47840/ReInA.2.3.902>
- Aguilar, E. B., Méndez, E. E., & Coca, M. Y. (2019). Plan de exportación de bancos de madera para la empresa Artentec S.A al mercado de Alemania. *Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil, Ecuador*, 55-68.
- Aguirre, M. Z., & Aguirre, M. L. (2021). Current status and importance of Non-Timber Forest Products. *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 71-82.
- Albán, M. G., Zambrano, J. L., Caviedes, M., & Carvajal, F. (2023). II Simposio Ecuatoriano del Maíz: Ciencia, Tecnología e Innovación. *II Simposio Ecuatoriano del Ma(49)*. doi:<https://doi.org/10.18272/archivosacademicos.vi49.3109>
- Alper, K., Tekin, K., Karagoz, S., & Ragauskas, A. J. (2020). Sustainable energy and fuels from biomass: a review focusing on hydrothermal biomass processing. *Sustainable Energy & Fuels*, 4(9), 4390-4414. doi:10.1039/d0se00784f
- Andy, H. L. (2020). *Elaboración de papel artesanal a base de los residuos vegetales de los tallos de maíz (Zea Mays L) y cascara de platano (Musa Paradisiaca L) utilizando los metodos quimicos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Araujo, V. (2019). *Curso de manejo y aprovechamiento de productos forestales no maderables*. Universidad Nacional de Ucayali.
- Armengol, J., & Gramaje, D. (2019). Adaptación del material vegetal y efectos sobre las enfermedades de la madera. *Universidad Politécnica de València*, 245-263.
- Arregi, M. (2020). *Novedades solidarias en Salinas de Guaranda*. . Bolivar: El Portal.

- Arriagada Navarrete, M., Troncoso Cancino, L., Hernández C., G., & Elgueta M., P. (2020). *Características de crecimiento y defectos de procesamiento mecánico y secado de la madera de Pino radiata*. INFOR.
- Aseffe, M., Lesme Jaén, R., Oliva Ruiz, L. O., Martínez González, A., & Silva Lora, E. E. (2019). Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz (*Zea mays*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Tecnología Química*, 39(3), 655-673.
- Barragán, R. (2020). La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables. *Tesis pregrado*. Universidad Internacional SEK, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4023/1/Rommel%20Alexis%20Barrag%C3%A1n%20Llanos.pdf>
- Barrera-Calva, E., Gonzáles, F., Hernández-Pérez, C. D., Martínez, G., Huerta-Arcos, L., Rosas-Cedillo, R., & Rentería-Tapia, V. (2022). Woods from arid zones of Mexico, calorific power from TGA-DTA and calorimetric pump-. *Madera y bosques*, 27(3). doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732106>
- Belezaca-Pinargote, C. [., Solano-Apunte, E., López-Tobar, R., & Macías-Moncayo, M. (2021). Forest problems and human incidents: Gmelina arborea's experience in Ecuador. *Revista de ciencias sociales*, 27(3), 309-325. doi:ISSN-e 1315-9518
- Cadillo Garay, L., Ramos Rico, N., Castañeda Olivera, C., Cabrera Carranza, C., Benites Alfaro, E., & Tello Mendivil, V. (2022). Biogas as clean energy from bovine, porcine and ovine rumen contents: Obtaining and characterization. *Chemical Engineering transactions*, , 92, 361-366. doi:DOI: 10.3303/CET2292061
- Calle, K., Erazo, J. C., & Narváez, C. (2020). Digital marketing and online strategies in the wood furniture manufacturing sector. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA.*, 5(10), 339-369. doi:<http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v5i10.698>
- Cando, C. W. (2022). *Estimación de cantidad de carbono fijo almacenado en la madera de dos especies forestales comerciales en la comunidad Amulá Chico, cantón Colta, provincia de Chimborazo*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16111>
- Carretero, M., & Ortega, T. (2018). Eucalipto en afecciones respiratorias. *Dialnet*, II(1), 67-78. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6342049>

- Carvalho, N. T. (2019). *Calidad de pellets producidos con mezclas de partículas de madera y con adición de lignina kraft*. Lavras: (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) –Universidade Federal de Lavras.
- Castañeda, Y., & Arciniegas, N. (2019). *Diseño de una planta productora de pellets de madera a partir del aprovechamiento de residuos forestales de un aserrío ubicado en la ciudad de Bogotá*. Universidad Distrital.
- Contreras, J. C. (2018). *Elaboración de Pellets de Elaeis guineensis Jacq utilizando aserrín de Pinus sp. como aditivo*. Durango: Universidad de Juarez Estado de Durango.
- Corradi, B., Oliveira, A., Marcia, A., & Vital, B. (2016). Influencia de la adición de lignina kraft sobre las propiedades de pellets de eucalipto. *Floresta, II*(2), 11-20.
- Cortés, M., Gata, E., & Rodríguez, Á. (2019). Biocombustibles: tipos y estrategias de producción. *Universidad Pablo de Olavide*, 2-3. Obtenido de <https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero35/Destacado-1.pdf>
- Costa, A. C., Jesús, J. H., Spadim, E., Da Silva, J., & Guerra, S. P. (2020). Caracterización física, química y mecánica de los pellets de bagazo de caña de azúcar. *Energía na Agricultura, Botucatu*, 35(1), 38-45. doi:DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2020v35n1p38-45>
- Dias, I., Rodriguez, A., & Alvarez, A. (2020). Briquetas energeticas con aserrín y corteza de pino. *Scielo*, I(41), 10-15. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012020000100003&script=sci_arttext&tlng=en
- Escoto, G. T., Beas Beas, N., Contreras Quiñones, H., Rodríguez Rivas, A., Díaz Ramos, S., Anzaldo Hernández, J., & Vega Elvira, R. (2017). Caracterización dasométrica y químico - micrográfica de tres especies de pino y su viabilidad de aprovechamiento integral. *Revista mexicana de ciencias forestales*, vol.8 (no.41), 3-5. doi:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322017000300109
- FAO. (2020). *Evaluacion del impacto del cobro por desechos de aprovechamiento de "Madera en pie" y otras tasas (MaPoTs) sobre el manejo forestal*.
- Feldmeier, S., Schwarz, M., Wopienka, E., & Pfeifer, C. (2020). Categorization of small-scale biomass combustion appliances by characteristic numbers. *Renewable Energy*, 1-21. doi: <https://doi.org/10.1016/>

- Ferreira, S., Monteiro, E., Brito, P., & Vilarinho, C. (2019). A Holistic Review on Biomass Gasification Modified Equilibrium Models. *energies*, 12(160), 1-31. doi:10.3390/en12010160
- Ferriol Molina, M. (2022). *El pino salgareño (Pinus nigra L.)*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Gallardo, C. (2021). *Evaluacion ambiental de la produccion de pelleted en Chile*. Universidad de Bio-Bio.
- García, R., Gil, M., Fanjul, A., n Gonzáles, A., Majada, J., Rubiera, F., & Pevida, C. (2021). Residual pyrolysis biochar as additive to enhance wood pellets quality. *Renewable Energy*, 180, 850-859. doi:https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.08.113
- Garcia, R., Rubiera, F., & Pevida, C. (2019). Peletización de madera y mezclas alternativas de biomasa residual para la produccion de pellets de calidad industrial. *ELSEVIER*, 1-4. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.053
- Godoy, V. P. (2022). *Análisis del poder calorífico de Eucalyptus globulus y Piptocoma discolor para la elaboración de carbón en el cantón Guano, provincia de Chimborazo*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16109>
- Guatzozón, M., Canto, A. M., & Pereyra, A. (2020). Quality service in micro business in the wood crafts sector in a suburb of Mérida, México. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería.*, 28(1), 120-132. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052020000100120&script=sci_arttext
- Guillín Llanos, X. M., Carmigniani Macías, J. A., Naranjo Mendoza, J. P., & Zambrano Zambrano, E. F. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de maíz en la zona norte de la provincia de Los Ríos. *Journal of Business and entrepreneurial*, 4(2), 76 -85. doi:https://doi.org/10.37956/jbes.v4i2.77
- Guiñazú, N. (2020). Valorización de residuos proveniente del sector frutihortícola para la producción de productos químicos intermedios y biocombustibles. *AJEA*, 1-2. doi: <https://doi.org/10.33414/ajea.5.780.2020>
- Gyimah, J., Yao, X., Tachega, M., Sam, I., & Mensah, E. (2022). Consumo de energía renovable y crecimiento económico: nueva evidencia de Ghana. *Energy*, 273, 10-11.
- Heredia Salgado, M. A., Tarelho, L., Matos, A., Rivadeneira, D., & Narváez, R. (2019). Palm oil kernel shell as solid fuel for the commercial and industrial sector in Ecuador: tax incentive impact and performance of a prototype

- burner. *Journal of Cleaner Production*, 213, 104-113. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.133>
- Hernández, J., Villanueva, S., & Henriquez, M. (2019). Nota Técnica: Transformar residuos en energía, Parte I. *Rev. Ciencia en Revolución*, 81-91.
- Hernández-Ramos, H. D., & López-Zamora, L. (2020). Optimización del pretratamiento peróxido-alcalino para la reducción de lignina en maderas puras empleando un Diseño Box-Behnken. *RINDERESU*, 4(1-2), 41-51. Obtenido de <http://www.rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/47>
- Herrera, J. A. (2020). *Energía de la biomasa y el agua*. Editorial Elearning.
- Hobb, R. (2016). *Las naves de la magia*.
- Huzaifah, A., Shazleen, S., & Misenan, M. (2021). Enfoques de pretratamientos más ecológicos para la valorización de Biomasa de fibra natural en bioproductos. *Polymers*, 1-2. doi:<https://doi.org/10.3390/polym13172971>
- Izquierdo, R., & Bonifaz, N. (2012). *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays), como complemento de alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe-Ecuador*. Cayambe: Universidad Politécnica Salesiana de Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1832/15/UPS-YT00102.pdf>
- Jae, L., Boreum, L., Yong Sik, o., & Hankwon, L. (2020). Preliminary techno-economic analysis of biodiesel production over solid biochar. *Bioresource Technology*, 306. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123086>
- Jativa, V. (2019). *El aceite de eucalipto como factor determinante para el acabado antiatergico en prendas textiles*. Universidad Técnica de Ambato.
- Lema Gavidia, C. G. (2021). *Evaluación de los residuos madereros de eucalipto y pino para la obtención de biocombustible a escala laboratorio*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Lesme Jaén, R., Martillo, J. A., & Oliva Ruiz, L. (2020). Estudio de la gasificación de la tusa del maíz para la generación de electricidad. *Ingeniería Mecánica*, 23(3), 1-9.
- Liaño, A. N., Guerra, R. L., Pérez, C. M., & González, S. E. (2023). Pellets de bagazo de caña, una oportunidad energética. *Centro Azúcar*, 50(2).
- López García, G., & Nieto de Pascual Pola, M. (2018). Características estructurales de un bosque de pino en Tlalnepantla, Morelos. *Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 23-53. doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.187>
- Marin, G., Pérez, J., & Aguilar, O. (2019). Proposal for energy densification of waste and biomass resources through pelletization. *Estudiantes de*

Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá, Profesor, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá., 5(1), 67-70.

- Martillo Aseffe, J. A., Lesme Jaén, R., & Oliva Ruíz, L. O. (2020). Estimación del potencial energético de la tusa en la provincia de los Ríos y Guayas, Ecuador. *Centro Azúcar*, 47(2), 11-22.
- Matiauda, M. E., Rivero, M. O., González, G. M., Kornuta, C., & Rozicki, R. S. (2022). Gasification of pine sawdust: Effect of temperature, oxygen rate and vapor. *Revista de Ciencia y Tecnología*(37). doi:<http://dx.doi.org/10.36995/j.recyt.2022.37.005>
- Mendivil, N., & Sandoval, G. (2018). Bioenergía a partir de residuos forestales y de madera. *Madera y Bosques*, 24, 20-30. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v24nspe/2448-7597-mb-24-spe-e2401877.pdf>
- Miño, G., Garcia, A., & Moyano, J. (2019). Strategic productive management model for artisanal micro-enterprises of wood articles. *Revista Investigación y Negocios*, 12(19), 28-35.
- Mohammadhosseini, M., & Akbarzadeh, A. (2017). Perfilado de composiciones de aceites esenciales y volátiles de Salvia limbata utilizando técnicas tradicionales y avanzadas y evaluación de las actividades biológicas de sus extractos. *Química y Biodiversidad*, 14(5), 30-45. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cbdv.201600361>
- Mostafaa, M., Hua, S., Wang, Y., & Sua, S. (2019). La importancia de las condiciones de operación de peletización. *ELSEVIER*, 145, 14-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.048>
- Mucha, G. (2020). Evaluación de pellets producidos con residuos de guadua angustifolia kunth. *Tesis pregrado*. Universidad Nacional Agraria Agraria de Molina, Lima. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4482/mucha-aviles-gabriela-jazmina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mucha, G. J. (2020). *Evaluación de pellets producidos con residuos de Guadua angustifolia Kunth*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Narvaez, A., & Ortega, M. d. (2021). *Cuantificación de la transformación de celulosa a glucosa mediante hidrólisis ácida y enzimática*. Universidad politecnica salesiana sede en Cuenca.
- NF EN ISO 17225-6. (2021). Solidbiofuels - Fuel specifications and classes.

- Nguyen, Q., Cloutier, A., & Achim, A. (2020). Efecto de los parámetros del proceso y las características de la materia prima. *ELSEVIER*, 11-12. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.06.010>
- Núñez, V. (2019). *Caracterización de pélets de cuatro especies de encino y la gasificación de pélets pirolizados hacia la producción de hidrogeno*. Victoria de Durango: Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Núñez, V., Wehenkel, C., & Vega, D. (2019). El potencial bioenergético de cuatro especies de robles del noreste de México. *Forest*, *1*(1), 5-7. doi:[10.3390/f10100869](https://doi.org/10.3390/f10100869)
- Núñez-Retana, V. D., Escobedo-Bretado, M. ä., Quiñonez-Reveles, M., Ruiz-Aquino, F., & Carrillo-Parra, A. (2019). Efecto del contenido de humedad sobre pélets de aserrín de madera de pinus spp. *Revista Mexicana de Agroecosistemas.*, *6*(2), 136 - 144.
- N  n  ez-Retana, V. D., Rosales-Serna, R., Prieto-Ruíz, J.   ., Wehenkel, C., & Carrillo Parra, A. (2020). Improving the physical, mechanical and energetic properties of Quercus spp. wood pellets by adding pine sawdust. *ENVIRONMENTAL SCIENCE*. doi:<https://doi.org/10.7717/peerj.9766>
- Okot, D. K., Bilsborrow, P. E., & Phan, A. N. (2019). Briquetting characteristics of bean straw-maize cob blend. *Biomass and Bioenergy*, *126*, 150-158. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.05.009>
- Orellana-Bueno, D., González-Garza, I., & Venegas -Sánchez, E. (2020). El costo como factor de gestión empresarial que impactan en la competitividad de las Mipymes del sector muebles de madera, sur de Ecuador. *Universidad católica de Cuenca, Unidad Académica de Administración, Carrera de Licenciatura en Marketing, Cuenca Ecuador.*, 1558-1573.
- Pardo, J., & Guill  n, A. (2020). Occupational diseases due to woodworking. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 112-131.
- Parker, C., & Bower, P. (2021). Actualizaciones del censo de plantas vasculares de Australia Occidental para 2021. *La revista del herbario de Australia Occidental*, *1*(1), 17-27. Obtenido de <https://library.dbca.wa.gov.au/Journals/080057/080057-33.001.pdf>
- Pegoretti, H. J. (2020). *Evaluacion de propiedades de diferentes especies con potenciales energeticos para la elaboracion de pellets de calidad con fines energeticos*. Universidad de Concepcion.
- Pegoretti, H. J., Chaves, M. D., Vidaurre, G. B., & Fassina, B. (2019). Colorimetry of pellets produced with eucalyptus and coffee cultivation residues and their relationship to quality standards. *Scientia Forestalis*, *47*(121), 114-14. doi:DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v47n121.11](https://doi.org/10.18671/scifor.v47n121.11)

- Penilla, J. C., Luego, K., Lobo, F., Navarrete, M., & Navarrete, F. (2022). Comparación de la normativa nacional y europea para la producción de pellet de madera. *Ciencia & Investigación Forestal*, 28(1), 73-80.
- Peralta Holguín, W., & Medina Serrano, C. (2021). El papel de los residuos agrícolas en la extracción de nanocristales de celulosa. *Bases de la Ciencia*, 6(2), 57-74. doi:https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v6i2.3009
- Pérez, A., Guasch, N., & Medina, M. (2022). Caracterización de la biomasa vegetal aserrín de pino. *Tecnología Química*, 42(3), 560-563. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v42n3/2224-6185-rtq-42-03-558.pdf>
- Pérez, L., & López, I. (2021). *Evaluación de la biomasa residual agrícola de los cultivos de papa (Solanum tuberosum), maíz (Zea mays) y tomate de árbol (Solanum betaceum) como recurso energético renovable en la Provincia de Tungurahua*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Maestría en Química. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34072>
- Pinilla, J., Luengo, K., Navarrete, M., & Navarrete, F. (2020). *El pellet de madera en Chile su producción, su uso y su mercado*. Instituto Forestal.
- Pinos Coello, K. P. (2020). *Aprovechamiento de hongos (Pleurotus Ostreatus) en la degradación Lignocelulósica de residuos de cosecha para la obtención de abono orgánico, en la zona de Mocache*. Quevedo: UTEQ.
- Pirraglia, A., Gonzales, R., Saloni, D., Wright, J., & Denig, J. (2012). Propiedades del combustible e idoneidad del Eucalipto para torrefiados madera y pellets. *Biorrecursos*, 1(1), 10-15. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/270819995_Fuel_properties_and_suitability_of_Eucalyptus_benthamii_and_Eucalyptus_macarthurii_for_torrefied_wood_and_pellets
- Prinsen, P. (2012). *Caracterización química y estructural de lignina y lípidos de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial*. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=63694>
- Proskurina, S., Junginger, M., Heinimo, J., Tekinel, B., & Vakkilainen, E. (2018). Global biomass trade for energy— Part 2: Production and trade streams of wood pellets, liquid biofuels, charcoal, industrial roundwood and emerging energy biomass. *Biofuels, Bioprod. Bioref.*, 13(2), 1-17. doi:DOI: 10.1002/bbb.1858
- Ramírez, M. (2021). *Evaluación de las propiedades físicas y químicas de briquetas elaboradas con biomasa generada en el proceso de transformación primaria de la madera en diferentes regiones de México*. Michuacan: Universidad Michuacana de San Nicolas de Hidalgo.

- Rashedi, A., Muhammadi, I. U., & Rana Hadi 3, S. G. (2022). Characterization and Life Cycle Exergo-Environmental Analysis of Wood Pellet Biofuel Produced in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Sustainability*, 14(4), 2082. doi:<https://doi.org/10.3390/su14042082>
- Reyes, J., & Elvir, J. (2019). *Escenarios energéticos debido al brote del gorgojo en Honduras*. Tegucigalpa: Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC. Obtenido de <https://repositorio.unitec.edu.hn/xmlui/handle/123456789/7195>
- Ríos Badrán, I., Luzardo Ocampo, I., García Trejo, J. F., Santos Cruz, J., & Gutiérrez Antonio, C. (January de 2020). Production and characterization of fuel pellets from rice husk and wheat straw. *Renewable Energy*, 145, 500-507. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.048>
- Ríos, I., Ocampo, I., Cruz, J., García, J., & Gutierrez, C. (2019). Biocombustibles sólidos: una alternativa económica y sostenible para la generación de energía eléctrica en México. *Digital ciencia*, 12(2), 61-66. Obtenido de <https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/article/view/32>
- Rodríguez, L., Gutiérrez, C., & García, J. (2022). Revalorización de residuos para la generación de biocombustibles líquidos y sólidos. *Universidad Autónoma de Querétaro*, 4-5. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Perspectivas+N-8+Art2.pdf>
- Salgueiro, J. (2019). *Cultivo de microalgas en aguas residuales y aprovechamiento energético de la biomasa algal*. Universidad de Vigo.
- Salgueiro, S. T., Pereira da Silva, W., Lopez, V. A., & Aparecida de Sá, V. (2019). Influencia de la ubicación en el poder calorífico del clon de Eucaliptus Urophylla con Eucaliptus Grandis. *Agropecuaria Científica no Semiárido*, 205-207. doi:[Agropecuaria Científica no Semiárido](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124295)
- Salvador, A. (2020). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. *Real Academia de Ciencias Exactas*, 104(2), 5-6. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/00979.pdf>
- Sánchez, M. (2017). *Planta de producción de pellets*. Universidad de Sevilla.
- Sharma, H. B., & Dubey, B. K. (2020). Binderless fuel pellets from hydrothermal carbonization of municipal yard waste: Effect of severity factor on the hydrochar pellets properties. *Journal of Cleaner Production*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124295>
- Sotomayor, C. J., Tinoco, C. L., & Raya, G. D. (2020). Características higroscópicas de la madera de *Enterolobium cyclocarpum*, *Cupressus lindleyi* y *Cedrela odorata*. *Ciencia Nicolaita*, 79, 75-93. doi:<https://doi.org/10.35830/cn.vi79.459>

- Suárez, C. (2018). Energías renovables y alternativas como fuente de desarrollo económico: Determinación de un plan de negocios para el municipio de Zapatoca, Santander. *Tesis posgrado*. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Santander. Obtenido de https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/2041/2018_Tesis_Carlos_Andres_Suarez_Zambrano.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Dentro%20de%20estas%20fuentes%20de,la%20Mar%C3%ADtima%20y%20la%20Geot%C3%A9rmica.
- Sunyong, P., Jun Kin, S., Cheol Oh, K., Hoon Cho, L., Jun Ki, M., Seon Jung, E., . . . Hyun Kim, D. (2020). Characteristic Analysis of Torrefied Pellets: Determining Optimal Torrefaction Conditions for Agri-Byproduct. *Energies*, 13(2), 423. doi:<https://doi.org/10.3390/en13020423>
- Sunyong, P., Seok, J. K., Kwang, C. O., Lahoon, C., Min, J. K., In, S. J., . . . DaeHyun, L. (2019). Investigation of agro-byproduct pellet properties and improvement in pellet quality through mixing. *Energy*, 116380. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116380>
- Télam. (2023). *Mercado Eléctrico*. Obtenido de https://www.melectrico.com.ar/web/index.php?option=com_content&view=article&id=3504:para-la-aie-el-aumento-del-consumo-mundial-de-electricidad-de-2023-sera-el-mas-bajo-en-20-anos&catid=1:latest-news#:~:text=La%20demanda%20mundial%20de%20electricidad,aunqu
- Telmo, C., Lousada, J., & Moreira, M. (2020). Impact of post-torrefaction process on biochar formation from wood pellets and self-heating phenomena for production safety. *Energy*, 207, 118324. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118324>
- Torroba, A. (2020). Atlas de los biocombustibles líquidos. 7-8. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/13974/BVE20128304e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valenzuela, J. (2021). *Ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de biomasa natural y carbón mineral: Una revisión sistemática*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88795>
- Vargas, J. (2012). *Revisión de modelos matemáticos de predicción de poder calorífico de materiales biomásicos*. Universidad de Almería.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación




Anexo 2. Fichas de recolección de datos



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS NATURALES
Y DEL AMBIENTE
ESCUELA DE AGROINDUSTRIAS
FICHA DE RECOLECCIÓN DE MUESTRA

Ítem	HORA	CANTIDAD DE MUESTRA	OBSERVACIÓN
1	12	1000 g	Deshidratación de los residuos de poda
2	4	100 g	Obtención de pulverización.
3	10	100 g	Análisis proximal, elemental, estructural y poder calorífico de las muestras
4	10	100g	Obtención de pellets mediante métodos técnicos presentados.
5	10	100 g	Caracterización de los pellets
_____ RESPONSABLE DEL LABORATORIO			_____ MUESTREADOR

Anexo 3. Análisis proximal y elemental del eucalipto sin corteza

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FGG12-01
	INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
			Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°094-2023


Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Eucalipto sin corteza				
Código asignado UEB	INV-93				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Eucalipto sin corteza INV-93	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	4.91
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	1.80	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	84.03	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	14.17	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	17.7562	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0.83	0.79
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	46.71	44.42
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	7.24	7.43
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.09
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	56.00
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	5.98
Oxigeno	%	CALCULADO	43.33	45.47	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 4. Análisis proximal y elemental del eucalipto corteza

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
			Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°096-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Eucalipto corteza				
Código asignado UEB	INV-95				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Eucalipto corteza INV-95	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	7.48
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	8.10	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	71.38	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	20.52	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	16.8411	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0.90	0.83
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	46.95	43.44
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	6.12	6.50
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.17
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	52.13
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.68
Oxigeno	%	CALCULADO	37.76	40.96	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 5. Análisis proximal y elemental del pino sin corteza

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°097-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Pino sin corteza				
Código asignado UEB	INV-96				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Pino sin corteza INV-96	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	4.85
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	0.52	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	83.62	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	15.86	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	17.4202	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0.70	0.67
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	48.84	46.47
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	7.32	7.50
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.04
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	69.20
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.19
Oxigeno	%	CALCULADO	42.58	44.80	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



INGENIERO FAVIAN BAYAS MOREJON

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 6. Análisis proximal y elemental del pino con corteza

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
			Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°098-2023


Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Pino con corteza				
Código asignado UEB	INV-97				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Pino con corteza INV-97	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	5.98
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	1.07	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	81.36	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	17.57	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	18.1034	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0.70	0.66
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	49.66	46.69
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	7.35	7.58
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.03
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	70.77
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.16
Oxigeno	%	CALCULADO	41.19	43.97	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 7. Análisis proximal y elemental del pino corteza

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
			Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°099-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Pino corteza				
Código asignado UEB	INV-98				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Pino corteza INV-98	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	4.72
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	3.14	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	75.09	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	21.77	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	19.1262	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.13	1.08
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	50.40	48.02
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	7.06	7.26
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.06
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	44.63
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.62
Oxigeno	%	CALCULADO	38.21	40.44	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



INGENIERO QUÍMICO
ESTRIBO FAVIAN BAYAS MOREJÓN

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 8. Análisis proximal y elemental de la chilca sin corteza

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
			Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°100-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Chilca sin corteza				
Código asignado UEB	INV-99				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxígeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Chilca sin corteza INV-99	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	4.51
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	1.40	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	81.78	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	16.81	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	18.2657	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0.76	0.73
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	48.64	46.45
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	7.24	7.41
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.02
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	63.32
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.27
Oxígeno	%	CALCULADO	41.93	43.98	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Firma electrónica por:
ISIDRO FAVIAN BAYAS
 MOREJON

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 9. Análisis proximal y elemental de la chilca con corteza

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
			Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°101-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Chilca con corteza				
Código asignado UEB	INV-100				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Chilca con corteza INV-100	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	5.37
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	2.87	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	78.80	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	18.33	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	18.1107	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.06	1.00
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	47.47	44.92
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	6.89	7.12
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.03
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	45.00
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.31
Oxigeno	%	CALCULADO	41.69	44.06	


Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Formado electrónicamente por:
ISIDRO FAVIAN BAYAS
 MOREJÓN

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 10. Análisis proximal y elemental de la chilca corteza

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FG12-01
			Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS		Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°102-2023


Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Chilca corteza				
Código asignado UEB	INV-101				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Chilca corteza INV-101	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	5.95
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	8.13	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	74.21	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	17.66	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	17.7648	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.39	1.31
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	47.68	44.84
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	6.74	7.00
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.05
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	34.13
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.40
Oxigeno	%	CALCULADO	36.01	38.67	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 11. Análisis proximal y elemental de la caña de maíz sin corteza

 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
			Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS		Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°103-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Caña de maíz sin corteza				
Código asignado UEB	INV-102				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Caña de maíz sin corteza INV-102	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	6.98
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	6.49	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	79.30	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	14.20	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	16.2097	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.03	0.96
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	46.03	42.82
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	6.81	7.12
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.03
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	44.56
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.02
Oxigeno	%	CALCULADO	39.60	42.58	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 12. Análisis proximal y elemental de la caña de maíz con corteza

 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
			Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS		Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°104-2023


Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Caña de maíz con corteza				
Código asignado UEB	INV-103				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Caña de maíz con corteza INV-103	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	6.36
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	5.48	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	76.42	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	18.10	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	16.5420	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0.92	0.86
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	45.36	42.47
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	6.71	6.99
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	49.58
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.07
Oxigeno	%	CALCULADO	41.54	44.20	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 13. Análisis proximal y elemental de la caña de maíz corteza

 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°105-2023


Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	Caña de maíz corteza				
Código asignado UEB	INV-104				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
Caña de maíz corteza INV-104	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	5.96
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	6.14	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	77.82	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	16.04	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	17.0107	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0.89	0.84
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	45.13	42.44
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	7.01	7.26
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	50.49
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	5.84
Oxigeno	%	CALCULADO	40.83	43.32	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVUEB
Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 14. Análisis proximal y elemental del Tratamiento 1

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
			Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS		Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°106-2023


Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	T1 60%E + 20%Ch+ 10%Cm + 10% P con corteza				
Código asignado UEB	INV-105				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
T1 60%E + 20%Ch+ 10%Cm + 10% P con corteza INV-105	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	6.75
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	3.05	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	83.49	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	13.47	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	18.3025	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.29	1.20
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	48.02	44.78
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	6.87	7.16
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	37.46
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6.25
	Oxigeno	%	CALCULADO	40.78	43.81

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 15. Análisis proximal y elemental del Tratamiento 2

 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°107-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	T2 60%E + 20%Ch+ 10%Cm + 10% P sin corteza				
Código asignado UEB	INV-106				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
T2 60%E + 20%Ch+ 10%Cm + 10% P sin corteza INV-106	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	6.89
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	2.21	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	84.11	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	13.67	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	17.9124	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.56	1.45
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	49.51	46.10
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	5.07	5.49
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	31.79
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	8.39
	Oxigeno	%	CALCULADO	41.64	44.74


Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



RESERVA DE DERECHOS
 FAVIAN BAYAS MOREJON

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 16. Análisis proximal y elemental del Tratamiento 3

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
			Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°108-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	T3 40%E + 20%Ch+ 20%Cm + 20% P con corteza				
Código asignado UEB	INV-107				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
T3 40%E + 20%Ch+ 20%Cm + 20% P con corteza INV-107	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	6.93
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	2.89	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	82.33	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	14.78	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	18.2124	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.61	1.50
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	49.40	45.98
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	4.92	5.35
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	30.67
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	8.59
	Oxigeno	%	CALCULADO	41.17	44.27

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 17. Análisis proximal y elemental del Tratamiento 4

 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°109-2023


Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	T4 40%E + 20%Ch+ 20%Cm + 20% P sin corteza				
Código asignado UEB	INV-108				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxígeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
T4 40%E + 20%Ch+ 20%Cm + 20% P sin corteza INV-108	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	6.87
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	2.66	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	83.18	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	14.16	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	17.7521	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.91	1.78
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	50.12	46.68
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	5.00	5.43
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	26.22
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	8.60
	Oxígeno	%	CALCULADO	40.31	43.46

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 18. Análisis proximal y elemental del Tratamiento 5

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
			Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS		Año	2023
			Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°110-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherras				
Muestra	T5 40%E + 40%Ch+ 10%Cm + 10% P con corteza				
Código asignado UEB	INV-109				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxígeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
T5 40%E + 40%Ch+ 10%Cm + 10% P con corteza INV-109	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	7.86
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	2.80	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	82.45	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	14.75	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	18.0920	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	2.01	1.85
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	50.53	46.56
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	4.88	5.37
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	25.17
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	8.66
	Oxígeno	%	CALCULADO	39.78	43.42


Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Firmado digitalmente por
 ESTEBAN FAVIAN BAYAS
 MOREJON

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 19. Análisis proximal y elemental del Tratamiento 6

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FGP12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°111-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	T6 40%E + 40%Ch+ 10%Cm + 10% P sin corteza				
Código asignado UEB	INV-110				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
T6 40%E + 40%Ch+ 10%Cm + 10% P sin corteza INV-110	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	7.82
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	1.98	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	84.72	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	13.29	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	17.1939	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.90	1.75
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	51.56	47.53
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	5.00	5.49
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	27.19
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	8.66
	Oxigeno	%	CALCULADO	39.55	43.25


Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón
 Director DIVIUEB

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
 Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 20. Análisis proximal y elemental del Tratamiento 7

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°112-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	T7 25%E + 25%Ch +25%Cm +25% P con corteza				
Código asignado UEB	INV-111				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
T7 25%E + 25%Ch +25%Cm +25% P con corteza INV-111	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	8.12
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	2.69	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	81.07	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	16.25	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	17.1827	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.69	1.55
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	50.08	46.01
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	4.92	5.43
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	29.77
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	8.48
	Oxigeno	%	CALCULADO	40.63	44.33

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 21. Análisis proximal y elemental del Tratamiento 8

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2023
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°113-2023

Descripción de la muestra					
Solicitantes	Kevin Ivan Guillin Andachi y Nelson Enrique Gómez Cherres				
Muestra	T8 25%E + 25%Ch +25%Cm +25% P sin corteza				
Código asignado UEB	INV-112				
Estado de la muestra	Solido triturado				
Envase de recepción	Bolsa de papel con aprox. 30 g de contenido de muestra				
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Volátiles – Carbono Fijo - Poder calorífico superior (PCS) - Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - Oxigeno				
Fecha de recepción	09 de marzo de 2023				
Fecha de análisis	09 al 31 de marzo de 2023				
Fecha de informe	18 de mayo de 2023				
Técnico asignado	ECCR - MIPV				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca / Recibida
T8 25%E + 25%Ch +25%Cm +25% P sin corteza INV-112	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	—	8.11
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	2.56	—
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	78.16	—
	Carbono fijo	%	CALCULADO	19.28	—
	Poder calorífico superior (PCS)	MJ/Kg	UNE-EN ISO 18125	17.8970	—
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	1.97	1.81
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	50.11	46.05
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	4.96	5.46
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0.00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	25.44
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	8.43
Oxigeno	%	CALCULADO	40.40	44.12	

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
 Teléf. (+593) 99 031 6224

Anexo 22. Recolección de la materia prima



Anexo 23. Secado de materias primas



Anexo 24. Triturado de materias primas



Anexo 25. Análisis proximal



Anexo 26. Análisis elemental



Anexo 27. Análisis estructural



Anexo 28. Pruebas en campo



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Biocombustibles. Biocombustibles provienen de la biomasa, o materia orgánica presente en el planeta a cuya producción contribuyen todos los seres vivos.

Biomasa. Conjunto de materia orgánica de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma.

Celulosa. Está conformada por subunidades de D-glucosa, unidas por b-1,4 glicosídicos, monosacárido de gran importancia en la fermentación.

Lignina. Hetero polímero amorfo que consta de tres diferentes unidades de fenilpropano (p-coumaril, coniferil y sinapil alcohol) que se mantienen unidos por diferentes enlaces.

Pellets. Son un producto totalmente natural, catalogado como biomasa sólida, el cual está formado por cilindros muy pequeños, de pocos milímetros de tamaño.

Residuos de podas. Se obtienen de las tareas de poda y de mantenimiento de los jardines: pasto, hojas ramas, flores, frutos, etc. Representan el 6% del total de residuos sólidos urbanos que se generan.

Secado. Es un método de conservación de alimentos, consistente en a extraer el agua de estos, lo que inhibe la proliferación de microorganismos y dificulta la putrefacción.

Pulverizado. Es el procedimiento de pulverizar. El verbo pulverizar, que procede del vocablo latino pulverizare, se refiere a difuminar una sustancia líquida en partículas diminutas o a convertir algo en polvo.