



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERAS DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



“Evaluación de la biomasa de los desechos agrícolas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) como potencial recurso energético”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO
AGRÓNOMO

Autor: Fernando David Llamuca Manzano

Tutora: Ing. Rita Cumanda Santana Mayorga Mg.

Cevallos - Ecuador

Año 2021

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“El suscrito, Fernando David Llamuca Manzano, portador (a) de cédula identidad número: 1803596566, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “Evaluación de la biomasa de los desechos agrícolas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) y su aplicación como recurso energético en la creación de biocombustibles en la Provincia de Tungurahua” es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.

Nombre y firma del postulante.



Fernando David Llamuca Manzano

1803596566

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de la biomasa de los desechos agrícolas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) como potencial recurso energético**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él”.



FERNANDO DAVID LLAMUCA MANZANO

EVALUACIÓN DE LA BIOMASA DE LOS DESECHOS AGRÍCOLAS DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) COMO POTENCIAL RECURSO ENERGÉTICO

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:
**RITA CUMANDA
SANTANA MAYORGA**

Ing. Rita Cumanda Santana Mayorga Mg.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

Fecha

18/03/2022

Ing. Marco Pérez, PhD

PRESIDENTE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**BERTHA
ELIZABETH
IBARRA LOPEZ**

21/03/2022

Ing. Elizabeth Ibarra

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**RAFAEL ISAIAS
MERA ANDRADE**

21/03/2022.

Dr. Rafael Mera

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

DEDICATORIA

A Dios, por darme las fuerzas y sobre todo la vida para afrontar cada uno de los problemas, para ahora permitirme gozar de un logro más en mi vida.

A mis padres Fernando Llamuca y Silvanía Manzano, quienes con su amor incondicional y sus consejos me han forjado como la persona que puede lograr todo lo que se propone.

Cómo olvidarme de mi hermana, Andrea Llamuca, gracias por ser mi cómplice y mi amiga fiel, pero sobre todo por permitirme gozar de la dicha de ser tío.

Para mis ángeles Alfredo e Hilda, Gonzalo y Etelvina, que día a día he sentido su presencia junto a mí, cuidando cada paso que doy.

A mi familia en general, pero sobre todo a mis primos, por apoyarme en mis momentos más difíciles.

A mis amigos por saber sacarme una sonrisa y apoyarme en todo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato y a su vez a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por acogerme y formarme como un profesional de excelencia.

A mis docentes: Mg. Lánder Pérez, BQF. Cristina López Mg. e Ing. Rita Santana Mg. quienes con su tiempo y paciencia permitieron la realización de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO	3
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVO	3
2.1.1. Utilidades de la biomasa	3
2.1.2. Biomasa residual agrícola y su aprovechamiento	5
2.1.3. Tecnologías de transformación bioquímica.....	6
2.1.4. Tecnologías de transformación termoquímica.....	6
2.1.5. Transformaciones químicas (transesterificación)	7
2.1.6. Ley Orgánica de Eficiencia Energética.....	7
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL	7
2.2.1. Cultivo de papa.....	7
2.2.2. Cosecha	8
2.2.3. Postcosecha	9
2.2.4. Comercialización.....	9
2.2.5. Aplicaciones de biomasa residual del cultivo de papa.....	9
2.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PROPIEDADES DE BIOMASA	10
2.3.1. Potencial energético	10
2.3.2. Análisis Proximal	10
CAPÍTULO III	14
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	14
3.1. HIPÓTESIS	14
3.2. OBJETIVOS	14
3.2.1. Objetivo general.....	14
3.2.2. Objetivos específicos	14
CAPÍTULO IV	15
MATERIALES Y MÉTODOS	15

4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	15
4.2. EQUIPOS Y MATERIALES	16
4.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
4.3.1. Tipos de variables.....	19
4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS	19
4.4.1. Hipótesis alternativa	19
4.4.2. Hipótesis nula	19
4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	20
4.6. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	21
4.7. METODOLOGÍA	21
4.7.1. Potencial energético	21
4.7.2. Pretratamiento de la muestra	22
4.7.3. Determinación del contenido de humedad	23
4.7.4. Determinación del contenido de cenizas.....	23
4.7.5. Determinación del contenido de volátiles.....	23
4.7.6. Determinación del contenido en fibra	24
4.7.7. Determinación del contenido en grasa	24
4.7.8. Análisis del poder calorífico	25
4.8. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	25
4.8.1. Factores de Estudio.....	25
4.8.2. Tratamientos.....	26
4.8.3. Diseño experimental y Análisis estadístico	26
CAPÍTULO V	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
5.1. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA	27
5.1.1. Cuantificación de Biomasa agrícola	27
5.1.2. Poder calorífico	28
5.2. ANÁLISIS PROXIMAL.....	30
5.2.1. Contenido de humedad	30
5.2.2. Contenido de Cenizas	31
5.2.3. Contenido de volátiles	32
5.2.4. Contenido de fibra.....	33

5.2.5.	Contenido de grasa.....	34
5.3.	CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES ESTUDIADAS	35
5.4.	CONFIRMACIÓN DE HIPÓTESIS	36
CAPÍTULO VI.....		38
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS		38
6.1.	CONCLUSIONES.....	38
6.2.	BIBLIOGRAFÍA.....	39
6.3.	ANEXOS	44
6.3.1.	Anexo I. Listado de Agricultores con mayor producción de papa en la Provincia de Tungurahua	44
6.3.2.	Anexo II. Norma Española UNE-EN 14778.....	47
6.3.3.	Anexo III. Etiquetas de la muestra	48
6.3.4.	Anexo IV. ANÁLISIS DE BIOMASA	49
6.3.5.	Anexo V. Norma Española UNE-EN ISO 18122:2015	55
6.3.6.	Anexo VI. Norma española UNE-EN ISO 18123.....	56
6.3.7.	Anexo VII Cantidad de Biomasa de los cultivos de papa de los cantones de mayor producción de la Provincia de Tungurahua.....	57
6.3.9.	Anexo IX Resultados de la determinación de contenido de humedad de residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol en localidades de los cantones de mayor producción de la Provincia de Tungurahua	61
6.3.10.	Anexo X Resultados de la determinación del contenido de cenizas de residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol en localidades de los cantones de mayor producción de la Provincia de Tungurahua	62
6.3.11.	Anexo XI Resultados de la determinación del contenido de volátiles de residuos agrícolas de los cultivos de papa en localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua	63
6.3.12.	Anexo XII Resultados de la determinación del contenido de fibra de residuos agrícolas de los cultivos de papa en localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua	64
6.3.13.	Anexo XIII Resultados de la determinación del contenido de grasa de residuos agrícolas de los cultivos de papa en localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua	65
CAPÍTULO VII		66
PROPUESTA		66
7.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	66

7.2.	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	66
7.3.	JUSTIFICACIÓN	67
7.4.	OBJETIVOS.....	68
7.5.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	68
7.6.	FUNDAMENTACIÓN	68
7.7.	METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.....	69
7.8.	ADMINISTRACIÓN.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica de la recolección de muestras	15
Tabla 2. Equipos y materiales para la recolección de muestras	16
Tabla 3. Equipos, materiales y reactivos para el pretratamiento de muestras	16
Tabla 4. Equipos y materiales para la determinación de Humedad	17
Tabla 5. Equipos y materiales para la determinación de Cenizas	17
Tabla 6. Equipos, materiales y reactivos para la determinación del poder calorífico.	17
Tabla 7. Equipo y materiales para la determinación de fibra	18
Tabla 8. Equipo y materiales para la determinación de contenido de grasa	18
Tabla 9. Cantones de mayor producción de cultivo de papa.	20
Tabla 10. Tratamientos de la investigación	26
Tabla 11. Comparación de la cantidad de biomasa de los cultivos de papa de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.	27
Tabla 12. Potencial energético promedio de los residuos agrícolas de los cultivos de papa de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	29
Tabla 13. Análisis de varianza (ADEVA)	37

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Comparación de la cantidad de biomasa agrícola (tn.ha/año) del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2. Comparación del poder calorífico (MJ/tn) de la biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....28
- Figura 3. Potencial energético de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 4. Comparación del potencial energético de la biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 5. Relación entre Potencial energético (GWh) y la biomasa agrícola de los cultivos (tn.ha/año).....30
- Figura 6. Comparación del contenido de humedad de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la Provincia de Tungurahua..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 7. Comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de papa por cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 8. Comparación del contenido de compuestos volátiles de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 9. Comparación del contenido de contenido de fibra de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 10. Comparación del contenido de contenido de grasa de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 11. Correlación de Pearson entre las variables objeto de estudio.36

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Potencial energético	22
Ecuación 2. Contenido de cenizas	23
Ecuación 3. Contenido de volátiles.....	24
Ecuación 4. Contenido de fibra	24
Ecuación 5. Contenido de grasa	24
Ecuación 6. Contenido de grasa	24

RESUMEN

El desarrollo sostenible en la actualidad necesita herramientas avanzadas como la energía renovable proveniente principalmente de la generación de biomasa a partir de subproductos agrícolas, tomando en cuenta el cuidado del medio ambiente en su proceso de producción. En todo el planeta los tipos y diversidad de desechos de origen vegetal como por ejemplo residuos forestales, agrícolas o agroalimentarios; permite su transformación en productos con potencial energético en forma de biomasa y manifiesta la necesidad de tanto evaluar, como analizar dichos recursos como fuentes de energía. La investigación que se presenta a continuación se evalúa energéticamente la biomasa producto de residuos agrícolas de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) obtenidos en la Provincia de Tungurahua y los cuales presentan las características de un recurso renovable. La caracterización energética de este residuo de papa muestra un valor promedio de 15571.67 MJ/tn, lo cual permite calcular el potencial energético del mismo residuo que corresponde a 0,03 GWh. Así también, se presentan los resultados del análisis proximal con valores de humedad del 9.85%, cenizas 14.66 %, contenido de volátiles con un 71.62 %, contenido de fibra 44.58 % y el contenido de grasa en un 046 %. La evaluación de los resultados obtenidos del poder calorífico y la cantidad de biomasa demuestran que los residuos agrícolas del cultivo de papa poseen potencial energético cuyas características convierten este recurso en energía renovable, lo que permite reducir el uso de combustibles fósiles y mejorar el cuidado de nuestro medio ambiente.

Palabras clave: biocombustibles, biomasa, potencial energético, papa, desechos agrícolas.

SUMMARY

Sustainable development today needs advanced tools such as renewable energy mainly from the generation of biomass from agricultural by-products, taking into account the care of the environment in its production process. Throughout the planet, the types and diversity of waste of vegetable origin, such as forestry, agricultural or agri-food residues; allows its transformation into products with energy potential in the form of biomass and expresses the need to both evaluate and analyze these resources as energy sources. The research presented below evaluates energetically the biomass product of agricultural residues of potato crops (*Solanum tuberosum*) obtained in the Province of Tungurahua and which have the characteristics of a renewable resource. The energy characterization of this potato residue shows an average value of 15571.67 MJ/tn, which allows calculating the energy potential of the same residue, which corresponds to 0.03 GWh. Likewise, the results of the proximal analysis are presented with humidity values of 9.85%, ashes 14.66%, volatile content with 71.62%, fiber content 44.58% and fat contentin 046%. The evaluation of the results obtained from the calorific power and the amountof biomass show that the agricultural residues of the potato crop have energy potential whose characteristics convert this resource into renewable energy, which allows us to reduce the use of fossil fuels and improve the care of our environment.

Keywords: biofuels, biomass, energy potential, potato, agricultural waste.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial es reconocido que las fuentes fósiles de energía son limitadas, y la energía nuclear tiene un alto riesgo de peligro para la población en caso de accidente. De tal forma que, el nuevo marco energético apunta a las fuentes de energía renovables como alternativa a las necesidades locales (**Casola and Freier 2018**). El papel más importante en este nuevo marco viene dado por la biomasa, la que se define como cualquier material de origen biológico susceptible de ser transformado en biocombustible, materiales como los producidos en la agricultura ya sean sustancias de origen vegetal y animal; la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y urbanos (**Cot Cantalosella 2017**). Esta conversión se realiza utilizando tecnologías como la combustión directa, licuefacción, la hidrólisis, pirolisis, gasificación o fermentación entre otros. Para seleccionar una tecnología u otra, se hace necesario el análisis proximal (humedad, materia volátil, carbono fijo y cenizas), análisis elemental (contenidos de carbono [C], hidrógeno [H], nitrógeno [N], azufre [S], oxígeno [O] y cloro [Cl]), análisis estructural (lignina, celulosa, hemicelulosa y extractiva) y análisis termogravimétrico y fermentativo, además de conocer el poder calorífico (PC). De estos análisis dependen los procesos y calidad de los biocombustibles obtenidos (**Faba, et al. 2014**). Por esta razón, muchos autores han realizado modelos matemáticos para predecir la aptitud de la biomasa a partir de los parámetros de cada tipo de análisis (**Vargas-Moreno et al., 2012**). Sin embargo, a pesar de que el uso de la biomasa en las zonas rurales está comenzando a tener interés para los agricultores de Ecuador, el conocimiento de las materias primas a utilizar como bioenergía es muy bajo aún. La biomasa procedente de cultivos tropicales y andinos, como por ejemplo el aguacate, el algarrobo, el mango, el neem, el banano puede ser una fuente importante de energía renovable (**Camargo 2012**). Podría ser estimada por análisis de imagen y LiDAR, la determinación del volumen de copa, número de frutos, calidad de la fruta, el volumen de la poda, etc (**Sánchez Hinojosa 2016**). Por ello en este

proyecto se plantea una caracterización masiva de los materiales disponibles en la provincia. De ahí la enorme relevancia y repercusión del mismo.

El Ecuador es un país netamente agrícola ya que aporta con el 7,71% al Producto Interno Bruto (PIB) ecuatoriano, según cifras del Banco Central del Ecuador (**Carrión Pineda and Portocarrero Ronquillo 2021**), entre los cultivos que más aportan al PIB están el Cacao, Arroz, Plátano y la Papa esta última de la región sierra con una superficie cosechada de 22.107 ha y una producción de 517.655 t, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (**Coronado Del Águila 2015**)

Nuestra provincia que es una de las principales productoras de papa del país con 64.451h de superficie cosechada según , la misma que es aprovechada en estado fresco en un 90% de la producción total, el 10% restante se utiliza en forma de valores agregados para la industria alimentaria (**Altuna, Ruilova, Guaman, & Guachi, 2018**), de esto resultan varios tipos de residuos agrícolas con contenidos de almidón y otros de tipo sólido a nivel poscosecha los mismos que pueden ser de gran utilidad al momento de evaluar su biomasa (**Rojas Castillo 2019**).

Este proyecto propone realizar estudios de análisis proximal con residuos provenientes de los biodesechos de poscosecha del cultivo de papa, de los cantones más representativos de la provincia de Tungurahua, así como: Ambato, Mocha, Píllaro y Quero, para así conocer la valoración proximal de dichos desechos y saber cómo darles un mejor uso, no solamente como abono orgánico para los suelos donde se cultiva la papa, sino también como fuente energética para creación de biocombustibles, dichos estudios además permitirán la remediación y restauración ecológica de la provincia.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVO

2.1.1. Utilidades de la biomasa

En cumplimiento de la política gubernamental basada en la Constitución del Ecuador, a través del Plan Nacional para el Buen Vivir 2017-2021, Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones quien por expreso mandato y, en concordancia con los objetivos y lineamientos; La sostenibilidad del desarrollo hacia el Buen Vivir implica repensar la estructura y composición de nuestra economía, disminuyendo la dependencia de actividades extractivas y orientando su transición hacia una economía basada en el bioconocimiento y en el aprovechamiento de los recursos biológicos (bioeconomía), que reduce la dependencia de productos derivados de energías fósiles y modifica el patrón de producción y acumulación, considerando los límites biofísicos y ciclos naturales. Esto supone replantear la noción de progreso y crecimiento, agregando un sentido más humano, justo y equitativo, disminuyendo la conflictividad socio ambiental y reconociendo los valores intrínsecos de la naturaleza **(Pazmay Pazmay 2018)**.

Una gran cantidad de biomasa residual con posible uso energético puede ser extraída de la gestión de la agricultura ecuatoriana, especialmente en operaciones de poda, renovación de plantaciones o restos de cosecha. La biomasa residual tanto en especies leñosas como en herbáceas es muy variable según especies, densidad de plantación o sistemas de cultivo, tamaño de los árboles **(Velázquez Abunader 2011)**. Actualmente estos residuos son amontonados y abandonados o eliminados por quema en campo no consiguiendo ningún beneficio directo, más bien un coste y obstáculo para otras operaciones de cultivo. Este proyecto va dirigido a la utilización de esta biomasa adicional de la agricultura ecuatoriana como fuente de energía, como respuesta al cambio de la matriz energética planteada por el gobierno ecuatoriano, y conseguir ingresos adicionales para los agricultores que además de comercializar sus cosechas pueden obtener ingresos complementarios por los residuos generados en las explotaciones agrarias. Esto

contribuirá a la consecución de objetivos del milenio como erradicación de la pobreza, garantizar el sustento del medio ambiente o favorecer la asociación para el desarrollo. Esta fuente de biomasa no ha sido utilizada hasta ahora, debido a que presentan diferentes dificultades técnicas en su extracción, manipulación y transporte, así como por la carencia de suficiente información sobre la cantidad y procesamiento de estos residuos.

La biomasa en la agricultura considera desde un punto de vista energético como todos aquellos recursos biológicos, los cuales pueden ser de origen vegetal y animal; a partir de los cuales se obtiene el combustible energético biofuel como fuente de energía **(Blasco Soler 2018)**.

El análisis de la biomasa permite conocer su constitución en donde la celulosa, hemicelulosa, azúcares simples, lignina, agua, lípidos, almidón, hidrocarburos, cenizas son sus principales componentes. La especie, tipo de tejido, fase de crecimiento y además las condiciones de cultivo producirán variaciones en los componentes antes mencionados **(Arias Ortiz and Meneses Cruz 2016)**.

(Blasco 2018), establece que la relación en el contenido de Carbono, Hidrógeno y Oxígeno la biomasa no va a presentar diferencias en relación a su tipología u origen, por lo general el oxígeno va a encontrarse en mayor cantidad en la biomasa de combustibles fósiles.

Se considera residuo a todo aquel material generado en la actividad humana que no posee valor económico. Los residuos agrícolas poseen una gran heterogeneidad, lo que repercute enormemente en su utilización como combustible.

Los residuos de cultivos herbáceos en donde la biomasa no se encuentra en su totalidad disponible se pueden cuantificar de acuerdo a la producción comercial (kg residuo/kg producción); existe una variabilidad dependiendo de la variedad y sistema de cultivo, además la biomasa tiene un papel bien importante contra la erosión. Uno de los ejemplos de este tipo de residuo es la paja del cereal que a lo largo de los siglos ha sido utilizado como alimento para animales, presenta una composición química variable que va a depender del tipo de fertilizantes que se utilizaron, de las características del suelo para el cultivo **(Castro Ycaza and Ocampo Chávez 2015)**.

También están la biomasa de cultivos leñosos que tienen un costo para cortarlos y sacarlos, dada la necesidad de formar las parcelas de los cultivos. Proviene de las

actividades como: poda o eliminación de plantaciones de olivo, vid, frutales de hueso y pepita, cítricos entre otros **(Durán, et al. 2014)**.

2.1.2. Biomasa residual agrícola y su aprovechamiento

En la actualidad a nivel mundial se está tratando de buscar alternativas que permitan solucionar problemas como el aspecto energético: la necesidad de reducir la dependencia del petróleo, otro como lo referente a la problemática medioambiental y la necesidad de reducir la producción de CO₂ y otros gases nocivos que provocan el efecto invernadero y el calentamiento de nuestro planeta; y además la necesidad de ser competitivo en la agricultura para potenciar la gestión de residuos o de los biocombustibles sólidos que provengan de plantaciones energéticas **(Budí Orduña 2016)**.

En nuestro país, actualmente por falta de conocimiento de los agricultores, amontonan y eliminan los residuos agrícolas quemando o triturando sin conseguir algún beneficio directo, en ocasiones se genera un costo en estas operaciones; no toman en cuenta el riesgo que corren en provocar incendios en zonas forestales aledañas. Tomando en cuenta el gran beneficio que otorga la utilización de la biomasa de residuos agrícolas en la generación de energía que podría rentabilizar las operaciones de mantenimiento dentro de una gestión sostenible permitiría la obtención de ingresos adicionales para los agricultores, que son producidos en las explotaciones agrarias **(Parra-Ortiz, et al. 2019)**. Según la cadena de aprovechamiento como primer paso se debe seleccionar los cultivos que van a permitir maximizar la generación de energía y por lo tanto los beneficios que están ligados con su aprovechamiento energético y que dependen de las características de la biomasa residual. La biomasa de acuerdo a su origen y contenido se clasifica de la siguiente manera **(Calderón, et al. 2017)**:

- a. Biomasa con alto contenido de humedad es producida por residuos agrícolas y también residuos pecuarios que pueden provenir de animales muertos, el más común de este tipo de residuo es el estiércol animal que contiene un alto contenido de humedad y además es considerado como un material fermentable que contiene elevados niveles de fósforo y nitrógeno. En este grupo también se encuentran los residuos agrícolas con alto contenido de humedad **(Castro Bedriñana, et al. 2018)**.

- b. La Biomasa con alto contenido de azúcares y almidones que proviene de los procesos de cosecha y pos-cosecha de frutas, hortalizas y de otros cultivos que son de ciclo corto, contienen un alto contenido de azúcares como por ejemplo la caña de azúcar, y también un alto contenido de almidón como por ejemplo la papaya la yuca (**Giraldo, et al. 2014**).
- c. También se incluyen la biomasa que proviene de desechos agrícolas y madereros con alto contenido de lignocelulosa, considerado como carbohidratos que forman parte de la pared de las plantas (**Casa Iza 2018**).
- d. Biomasa con alto contenido de ácidos grasos: provienen de residuos que a partir de frutos o de semillas se puede aceite como, por ejemplo: coco, palma africana, soja (**Leal Medina, et al. 2017**) etc.

2.1.3. Tecnologías de transformación bioquímica

En este proceso se utiliza biomasa residual con alto contenido de humedad y que provienen de desechos de origen animal, los mismos que son degradados por bacterias anaerobias con el objetivo de producir gas metano; también se puede utilizar biomasa que contiene alto contenido de azúcares y almidones que es transformada por hongos y levaduras para producir la fermentación alcohólica (**Calderón, et al. 2017**).

2.1.4. Tecnologías de transformación termoquímica

Para este proceso se puede utilizar biomasa residual formada por un alto contenido de lignocelulosa y para su transformación se puede utilizar cualquiera de las siguientes rutas:

- a. **Combustión:** este proceso consiste en quemar directamente la biomasa con la finalidad de obtener energía térmica que puede ser aprovechada para la operación de hornos, cocción de alimentos y procesos de secado, también se puede utilizar esta energía como combustible para turbinas y calderos (**Arteaga 2020**).
- b. **Pirolisis:** es considerado como un proceso que permite la obtención de combustible denominado también como biocombustible o bio-oil, gas y carbón vegetal, a través del calentamiento de biomasa, pero con ausencia total del oxígeno (**Baray, et al. 2019**).
- c. **Gasificación:** es un proceso en el que se utiliza agentes gasificantes como el aire, vapor de agua, hidrógeno y oxígeno, para transformar por completo la biomasa residual en gas combustible; también se puede emplear el proceso de gasificación

para la generación eléctrica para motores de combustión interna, como gas natural para la operación de calderos (Gómez, et al. 2019).

- d. **Cogeneración:** como producto de este proceso se puede obtener en forma paralela dos tipos de energía: la térmica y la eléctrica, en un solo sistema (Varón 2020).

2.1.5. Transformaciones químicas (transesterificación)

Por medio de esta tecnología se transforman el contenido alto de ácidos grasos en especial los aceites; y tratar de que los aceites se asemejen al diesel-oil, este combustible es utilizado para motores de combustión y que puede ser combinado también con los combustibles tradicionales (Soria 2020).

2.1.6. Ley Orgánica de Eficiencia Energética

La Ley Orgánica de Eficiencia Energética cuyo objetivo es: “promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, con el fin de incrementar la seguridad energética del país; al ser más eficiente, aumentar la productividad energética, fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas (Vélez Lara and Villafuerte Calderón 2020) .

2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Cultivo de papa

El cultivo de la papa en Ecuador se desarrolla a una altura comprendida entre los 2600 y 3600 m.s.n.m, en el mismo sentido en la Sierra ecuatoriana se produce este la papa en zonas templadas a frías en temperaturas entre 6 °C a 18°C y a una precipitación de 600 a 1200 mm, suelos francos, bien drenados, humíferos y que poseen una gran cantidad de materia orgánica y nutrientes mejoran los resultados de la eficiencia en la producción de este producto (Araujo, et al. 2021).

Clasificación taxonómica de la papa:

Familia: *Solanacea*

Género: *Solanum*

Subgénero: Potatoe
Sección: Petota
Serie: Tuberosa

Según los botánicos la papa es considerada una dicotiledónea herbácea que posee conductas de crecimiento rastrero o erecto, por lo general tiene tallos gruesos y además leñosos, con entrenudos cortos; otra característica de sus tallos es que son huecos o medulosos, con excepción de aquellos tallos que son sólidos, de forma angular, de color verde o rojo púrpura. Su follaje alcanza normalmente una altura de 0.60 a 1.50 m, sus hojas son compuestas, además se ordenan en forma alterna a lo largo del tallo proporcionando un aspecto frondoso al follaje, esto ocurre en variedades mejoradas **(Lagua Gavilánez 2013)**.

Dentro de los principales factores climáticos que intervienen en la estimulación para la floración como el fotoperiodo y la temperatura; las flores nacen en racimos y por lo regular son terminales, cada flor posee órganos como: masculino (androceo) y femenino (gineceo), posee cinco pétalos y por tal motivo es considerada pentámera y además posee sépalos de varios colores, siendo los más comunes el color blanco, amarillo, rojo y púrpura **(Bautista Zeas, et al. 2010)**.

Su fruto es un tipo de baya (tzímbalo, papa lulu), tiene una forma redonda u oval, toma un color desde verde hasta violeta, además contiene la semilla sexual que se utiliza para su mejoramiento genético.

Poseen tubérculos que son tallos que crecen dentro de la tierra y tienen la capacidad de almacenar reservas (almidones, minerales, agua, vitaminas, azúcares y proteínas); generalmente estos tubérculos son utilizados como semillas para posteriores cultivos **(Araujo, et al. 2021)**.

2.2.2. Cosecha

Dependiendo de la variedad el período del cultivo de papa va desde los 127 hasta los 200 días después de la siembra y para proceder a la cosecha del cultivo de este producto se debe determinar si el tubérculo está maduro, para lo cual se sugiere realizar la siguiente prueba que consiste en sacar un tubérculo de la mata y frotarlo con el dedo pulgar y si este no se pela, indica que la papa está madura **(Rizo 2019)**.

Los tubérculos deben ser manejados con cuidados y recoger toda la producción para evitar que los residuos sirvan de reservorio para las diferentes plagas y enfermedades; se puede dejar un momento los tubérculos expuestos al sol para que la tierra se desprenda y queden limpios (**Araujo, et al. 2021**).

En la actualidad gracias al desarrollo de la tecnología se puede realizar una cosecha mecanizada donde se utiliza una máquina cosechadora, donde los tubérculos pasan por una banda elevadora a una tolva y finalmente a un camión de transporte(Rizo 2019)

2.2.3. Postcosecha

Todas las actividades que se realizan cuando los tubérculos han llegado a su total madurez tiene que ver con el proceso de la poscosecha, para que puedan conservar su respectiva calidad, teniendo en cuenta que, si no se realizó una adecuada cosecha del tubérculo, manipulación y transporte, la papa se deteriora rápidamente y por lo tanto deja de ser apta para el consumo humano (**Pumisacho and Stephen 2002**).

Se debe tomar en cuenta que las pérdidas postcosecha son consecuencia de la incidencia e interacción de varios factores como: físicos, fisiológicas y patológicos; estos factores pueden provocar la reducción de la cantidad y también de la calidad del tubérculo (**Rizo 2019**).

2.2.4. Comercialización

La papa ocupa el primer lugar de preferencia en el grupo de lo que son los tubérculos y raíces, sobre otros como la yuca, camote, melloco, la oca y zanahoria blanca. Los consumidores tienen preferencia por el tubérculo mediano, es más fácil su proceso de pelado. El consumo per cápita es de 24 kg al año (**Araujo, et al. 2021**).

La caracterización de la cadena de abastecimiento agrícola de la papa, presenta un vínculo de valor agregado aislado, donde entre grandes y medianos productores existe una diferencia del 7,14% en rendimientos y el 30,06 % entre grandes y pequeños productores; además se determina que los intermediarios logran incrementar el valor del artículo en un 42%, provocando una disminución en las ganancias de los productores y representan un factor en el aumento en el precio de la papa (**Basantes, et al. 2020**) .

2.2.5. Aplicaciones de biomasa residual del cultivo de papa

La biomasa agrícola generada por el cultivo de papa después de la cosecha constituye una de las fuentes renovables que posee un gran potencial energético, constituye una de las

principales materias primas que pueden ser utilizadas para la producción de calor, energía, bioproductos y combustibles, contribuyendo enormemente en la disminución del calentamiento global (**Huaytalla 2019**). Además, permite generar grandes beneficios económicos que ayuden a compensar la baja en la productividad del sector agrícola (**Calderón, et al. 2017**).

Procesos de transformación disponibles, permiten el aprovechamiento de la biomasa residual agrícola, la cual genera biocombustibles, productos ricos en nutrientes y por tanto pueden ser utilizados como biofertilizantes, logrando eficiencia en el consumo de energía y materia prima; esta actividad es de gran interés económico y social para el desarrollo de nuestro país (**Suárez, et al. 2020**).

Existe la posibilidad de realizar una mezcla de residuos agrícolas e industriales con residuos de papa la obtención de bioetanol (**Suárez, et al. 2020**).

2.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PROPIEDADES DE BIOMASA

Para el análisis de las propiedades de la biomasa de los residuos agrícolas del cultivo de papa se puede utilizar métodos como:

2.3.1. Potencial energético

El potencial energético es considerado como la capacidad de generar energía (**Quintero Osorno and Quiroga Velasco**) y se caracteriza tanto por el poder calorífico de la biomasa de los residuos agrícolas, en este caso del cultivo de papa, como también, por la cantidad de biomasa que se generan por hectárea de cultivo.

2.3.2. Análisis Proximal

Consiente en analizar los componentes más abundantes en la biomasa residual como: humedad, cenizas, fibra, contenido de grasas y contenido de volátiles; pero antes de realizar estos análisis se debe realizar un pretratamiento de la muestra (**Armas Espinel 2017; Vásquez and Fernández 2020**).

2.3.2.1. Pretratamiento

Realizar un pretratamiento a las muestras antes de realizar el análisis proximal permite eliminar toda clase de impurezas y obtener partículas más finas para su posterior análisis (**PANTOJA-MATTA, et al. 2015**)

2.3.2.2. Contenido de humedad

Para evaluar el aprovechamiento energético de la biomasa debemos tomar en cuenta la humedad considerada como la cantidad de agua que se encuentra expresada en tanto por ciento en peso, además la cantidad de humedad tiene una relación inversa con la calidad de la muestra, es decir menor porcentaje de humedad mejor calidad de la muestra (**Al-Kassir 2013**).

Es importante identificar que existen dos tipos de humedad:

- a) Humedad libre o añadida: es el agua que se une superficialmente como producto del pretratamiento de la muestra o por la exposición a agentes externos.
- b) Humedad inherente: es el agua que se encuentra inicialmente en la muestra y que va a permanecer en equilibrio con la humedad del medio ambiente (**Al-Kassir 2013**).

2.3.2.3. Contenido de cenizas

El contenido de cenizas es una medida de la cantidad de materia sólida inorgánica y minerales expresado en porcentaje en peso, son resultado de la combustión completa de la biomasa; si la biomasa presenta mayor contenido de cenizas su calidad es menor (**Al-Kassir 2013**). En la composición de las cenizas existe la presencia de silicatos, sulfatos, carbonatos y otros minerales (**Bustamante, et al. 2016**).

2.3.2.4. Contenido de volátiles

En la determinación de compuestos volátiles se obtiene el porcentaje de productos gaseosos, que son liberados de las partículas de biomasa bajo condiciones específicas, se debe controlar la temperatura y el tiempo de ensayo de esta manera lograr reproducir los resultados y evitar que se sean afectados por cualquier parámetro (**Bustamante, et al. 2016**).

2.3.2.5. Contenido de fibra

La fibra es el total de polisacáridos de las plantas junto con la lignina, que son resistentes a la digestión por las enzimas del tracto gastrointestinal humano. La denominación de la fibra es genérica y abarca una serie de sustancias químicamente definidas, con propiedades físico-químicas peculiares y efectos fisiológicos individuales.

Todos los componentes mayoritarios de la fibra (excepto la lignina) son carbohidratos complejos que pueden ser atacados por las enzimas de la microflora intestinal (**Moreno, et al.**).

2.3.2.6. Contenido de grasa

Los aceites y grasas (llamados lípidos genéricamente), son sustancias de origen vegetal o animal compuestas mayoritariamente (97-98%) de triglicéridos, los cuales son estructuras constituidas por la esterificación de tres ácidos grasos superiores de la cadena alifática a un alcohol poli atómico de tres átomos de carbono llamado glicerol o glicerina.

En los alimentos, los lípidos juegan un importante papel, puesto que inciden de forma directa en las características organolépticas de los productos en los cuales están presentes, sobre todo en el sabor y la textura. Así mismo, el contenido lipídico en los alimentos determina muchas veces su estabilidad, dado que estos nutrientes son sensibles a sufrir procesos de oxidación cuyos productos finales de reacción (aldehídos y cetonas) comunican a los alimentos olores y sabores desagradables (**Fernando and Renjifo 2021**)

2.3.2.7. Poder calorífico

Generalmente el poder calorífico es la energía térmica que se obtiene de la combustión completa de la biomasa, se puede determinar el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI), las unidades en que se mide son kJ/kg (**Al-Kassir 2013**); donde el poder calorífico superior viene a ser el valor máximo de liberación de energía que se libera para la vaporización de agua presente en la biomasa y el poder calorífico inferior representa la cantidad de energía liberada en forma de calor cuando se ha producido la combustión completa de la biomasa pero restando el calor de vaporización del agua en el producto de combustión(2018).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

La biomasa de los residuos agrícolas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) servirá como potencial recurso energético.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo general

Evaluar la biomasa de los residuos agrícolas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) para su aplicación como potencial recurso energético.

3.2.2. Objetivos específicos

- Recolectar muestras de poscosecha de desechos agrícolas de cultivos de papa en los cantones con mayor producción de la provincia de Tungurahua.
- Determinar el poder calorífico de los biodesechos agrícolas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a través del análisis calorimétrico.
- Identificar el contenido proximal de volátiles, cenizas, fibras, grasas, humedad inicial de los residuos generados por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El proceso de muestreo de las muestras de residuos agrícolas producto de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) fue realizada en la Provincia de Tungurahua en los siguientes puntos geográficos, tabla 1:

Tabla 1. Ubicación geográfica de la puntos de muestreo.

Papa (*Solanum tuberosum*)

CANTÓN AMBATO Altitud: 2580 m.s.n.m. Coordenadas: 1°14'56.69" S 78°37'0.3" W	Pilahuin-Mulanleo Totoras Juan Benigno Vela
CANTÓN PÍLLARO Altitud: 2787 m.s.n.m. Coordenadas: 1°10'26" S 78°32'48" W	San Andrés San José de Poaló San Miguelito Puñachisac
CANTÓN QUERO Altitud: 3038 m.s.n.m. Coordenadas: 1°22'52.39" S 78°36'29.23"	La Matriz Rumipamba
CANTÓN MOCHA Altitud: 5020 m.s.n.m. Coordenadas: 1°23'13" S 78°45'00" W	La Dolorosa Yanayacu Cruz de Mayo

Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo de la parte experimental fue ejecutado en los Laboratorios de CANJE DE DEUDA de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

4.2. EQUIPOS Y MATERIALES

✓ Recolección de muestras

Tabla 2. Equipos y materiales

Equipos	Materiales
Balanza portátil	Fundas de basura
Sistema de posicionamiento global	Marcadores
Cámara fotográfica	Etiquetas
	Cinta de embalaje transparente
	Tijeras
	Bitácora de campo
	Material de bioseguridad
	Mascarilla

Fuente: Elaboración propia.

✓ Pretratamiento de muestras

Tabla 3. Equipos, materiales y reactivos para el pretratamiento de muestras.

Equipos	Materiales	Reactivos
Molino de martillo DICONSMAN, modelo MG1511	Bandejas de aluminio	Agua destilada
Molino de piedra	Fundas plástico sellables	
Estufa METTLER TOLEDO, modelo HX204	Tijeras	

Cámara de secado guantes

Cinta adhesiva

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Determinación de Humedad**

Tabla 4. Equipos y materiales para la determinación de Humedad.

Equipos	Materiales
Balanza para determinación de humedad METTLER TOLEDO HX 204	Espátula Papel secante

Fuente: Elaboración propia

✓ **Determinación de Cenizas**

Tabla 5. Equipos y materiales para la determinación de Cenizas

Equipos	Materiales
Mufla marca BIOFASE modelo UDIAN Balanza analítica METTLER TOLEDO HX 204	Espátula Crisoles Pinza de crisol

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Determinación del poder calorífico**

Tabla 6. Equipos, materiales y reactivos para la determinación del poder calorífico.

Equipos	Materiales	Reactivos
----------------	-------------------	------------------

Calorímetro Parr 6400	Probeta de 10 ml	Butanol
	Vasos de precipitación de 50, 100 ml	Agua destilada
Balanza analít METTLER TOLEDO HX 204ica	Pinza de crisol	
	Tijeras	
	Oxígeno ultra puro	
	Nitrógeno ultra puro	

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Determinación de contenido de fibra**

Tabla 7. Equipo y materiales para la determinación de fibra

Equipo	Materiales
Mufla marca BIOFASE modelo UDIAN	Desecador
Cámara de extracción	Balanza analítica METTLER TOLEDO XPE204
	Sistema de filtración
	Pinza para crisol

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Determinación de contenido de grasa**

Tabla 8. Equipo y materiales para la determinación de contenido de grasa

Equipo	Materiales y Reactivos
Extractor Soxhlet	Dedales de extracción
Cámara de extracción NOVATECH-CEI120BA	Balanza analítica METTLER TOLEDO XPE204
	Hexano p.a.
	Pinzas

Fuente: Elaboración propia.

4.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se empleó en este proyecto fue de tipo experimental, ya que se obtuvieron datos a través de la experimentación. La investigación se desarrolló en campo para la toma de muestras y obtención de información preliminar, la investigación de laboratorio se realizó la determinación del poder calorífico, de contenido de humedad, de cenizas, contenido de volátiles, fibra cruda y grasa de la biomasa residual de los cultivos de residuos de papa.

Evaluación de la biomasa de los desechos agrícolas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) como potencial recurso energético”.

4.3.1. Tipos de variables

- **Variable independiente**

Biomasa residual agrícola

- **Variable dependiente o variable respuesta**

Potencial energético

4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.1. Hipótesis alternativa

La biomasa residual de los cultivos de papa posee potencial energético.

4.4.2. Hipótesis nula

La biomasa residual de los cultivos de papa no posee un potencial energético.

4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

La representatividad espacial de una estación corresponde a aquella característica que define y caracteriza a la estación en un área definida en cuanto a rangos de distancias definidos, siendo los resultados de las mediciones efectuadas en cualquier punto del área representada, similar a las mediciones puntuales del sitio en el cual fue ubicada la estación (que los criterios de ubicación se cumplan en cuanto a distancias, fuentes cercanas y otros). La población que se consideró para la investigación fue la biomasa residual de los cantones con mayor producción de los cultivos de papa en la provincia de Tungurahua, se basó en la información otorgada la información otorgada por CONPAPA sobre los mayores productores de papa en la provincia de Tungurahua (Anexo I).

Tabla 9. Cantones de mayor producción de cultivo de papa.

Tipo Cultivo	Cantón	Sector
Papa	Ambato	Pilahuin-Mulanleo
		Totoras
		Juan Benigno Vela
	Píllaro	San Andrés
		San José de Poaló
		San Miguelito
	Quero	Puñachisac
		La Matriz
		Rumipamba
	Mocha	La Dolorosa
		Yanayacu

Fuente: Elaboración propia en base a la información otorgada por CONPAPA de Tungurahua.

Para la recolección de muestras se realizó siguiendo los lineamientos de la norma UNE-EN 14778 (Anexo II). Las muestras se tomaron in situ en las localizaciones antes mencionadas (López Villacis 2021).

- En algunos casos se contó con la información proporcionada por el propietario del cultivo, quien permitió la recolección de las muestras.
- Se consideraron para la toma de muestras 10 plantas por cada 1000 plantas en el monocultivo por parcela, las mismas que fueron almacenadas en una funda plástica de color negro, rotuladas correctamente, para disponerlas finalmente en los laboratorios de Canje de Deuda de la FCIAB.
- La cantidad de muestra obtenida es pesada en una balanza digital portátil, y el registro del peso es anotada en la bitácora de campo.
- se evita tomar muestras que presenten detrimento microbiológico o daño causado por insectos.

4.6. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Los datos como el nombre del cantón, provincia, tipo de residuo, número total de plantas por hectárea necesarios para la evaluación del potencial energético de los desechos generados de los cultivos de papa, así como también para la determinación del poder calorífico y el análisis proximal (determinación de la humedad, cenizas, contenido de volátiles, fibra y grasa), son registrados en fichas de observación para la recolección de datos en las etapas de la investigación y toma de muestras.

4.7. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos de esta investigación utilizó la siguiente metodología experimental:

4.7.1. Potencial energético

La cantidad de biomasa generada de cada cultivo a partir del área de terreno cultivada y el cálculo del poder calorífico permiten calcular el potencial energético de esa biomasa residual.

Para obtener la biomasa se debe tomar en cuenta la superficie del terreno cultivado, el número de plantas que caben en esa área. El número de plantas de papa por hectárea es

de 40000, además es necesario obtener los pesos de las plantas una vez cosechadas en el caso del cultivo de papa (**Rizo 2019**).

La ecuación para calcular la cantidad de biomasa es según (**Justo, et al. 2015**):

$$\text{Biomasa residual} = \text{peso promedio de residuo agrícola (planta) postcosecha (kg)} * \# \text{ de plantas. ha}$$

Se puede cultivar 2 veces al año ya depende de las variedades, por lo tanto, se duplicaría ese resultado para obtener la cantidad total de biomasa al año, también es necesario determinar el poder calorífico de la biomasa residual. La ecuación para determinar el potencial energético es (**Serrato and Cepeda 2016**):

$$PE = BR * PC$$

Ecuación 1. Potencial energético

Donde:

PE = Potencial Energético

BR = Biomasa residual

PC = Poder calorífico

4.7.2. Pretratamiento de la muestra

Inicialmente lavar las muestras con agua para eliminar los residuos de impurezas, posteriormente obtener trozos de 2 a 5 cm de largo, luego colocar en bandejas de aluminio y finalmente proceder a secar en la estufa a 105 °C por 24 horas.

El siguiente paso consiste en moler las muestras de residuos de la cosecha de papa en un molino de martillo.

Para concluir con el pretratamiento, las muestras molidas son almacenadas en fundas de plástico estériles correctamente codificadas, para su posterior análisis.

4.7.3. Determinación del contenido de humedad

Se utiliza el método gravimétrico por volatilización indirecta, en donde se procede a programar la balanza de acuerdo al tipo de muestra, las muestras para esta investigación son tipo harina de la cual se pesan 3 g de muestra y se registra el valor.

Se registra la pérdida de peso debido a la evaporación de la humedad en donde la muestra se calienta a 105 °C, para luego de unos 5 minutos registrar la pérdida de humedad.

4.7.4. Determinación del contenido de cenizas

Se basa en un método gravimétrico por calcinación y se basó en la Norma UNE-EN ISO 18122: 2015.

Se coloca en la mufla a 250 °C por una hora y luego se sube la temperatura a 550 °C por una hora. Una vez transcurridas las 2 horas se deja enfriar las muestras, para luego sacar a un desecador y dejar enfriar a temperatura ambiente (López Villacis 2021).

Finalmente se pesa y se calcula el porcentaje de cenizas mediante la ecuación 2:

$$\%C = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

Ecuación 2. Contenido de cenizas

Donde:

m_1 = masa del crisol vacío previamente tarado.

m_2 = masa del crisol + 1 g de muestra

m_3 = masa del crisol más la muestra una vez que sale de la mufla.

4.7.5. Determinación del contenido de volátiles

(López Villacis 2021); indica que para la determinación del contenido de volátiles la norma española UNE-EN ISO 18123:2015 es una alternativa.

Previo al ensayo se tara el crisol en la mufla marca Biofase, a 900 °C, se deja enfriar y luego se saca a un desecador que enfríe a temperatura ambiente. A continuación, se procede a codificar el crisol y a pesar el crisol. Se registra el peso del crisol vacío, se pesa un gramo de muestra, se registra el peso. Se coloca los crisoles con la muestra en la mufla

a 900 °C durante 7 min. Se deja enfriar y luego se saca a un desecador para que enfríe a temperatura ambiente, para finalmente pesar y se registrar el peso para proceder a realizar el cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$\%V = \left[\frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \right] - h$$

Ecuación 3. Contenido de volátiles

Donde:

m_1 = masa del crisol vacío y previamente tarado.

m_2 = masa del crisol + 1 g de muestra.

m_3 = masa del crisol + muestra una vez que sale de la mufla.

h = humedad

4.7.6. Determinación del contenido en fibra.

Para determinar el contenido de fibra se utiliza la ecuación 4:

$$\% \text{Fibra} = m[\text{Fibra}] / b * 100$$

Ecuación 4. Contenido de fibra

M (fibra): m(residuo seco)-m(cenizas)

b: es el volumen en mililitros (ml) o la masa en gramos de la muestra tomada para el análisis.

4.7.7. Determinación del contenido en grasa.

Para determinar el contenido de grasa se utiliza la ecuación 5:

$$\% \text{Grasa} = m(\text{grasa}) / m(\text{muestra}) * 100$$

Ecuación 5. Contenido de grasa

$$\% \text{Grasa} = m(\text{balón} + \text{grasa}) - m(\text{balón vacío}) / m(\text{muestra}) * 100$$

Ecuación 6. Contenido de grasa

El método Soxhlet se emplea para determinación de grasa en productos sólidos, tales como cárnicos, cereales, frutas y vegetales y otros de naturaleza similar.

4.7.8. Análisis del poder calorífico

El poder calorífico es analizado utilizando un calorímetro marca Parr 6400. Se utiliza el método descrito en **(López Villacis 2021)**

- Se enciende el calorímetro y los suministros de oxígeno y de nitrógeno.
- Luego se enciende el calentador y la bomba.
- Se recomienda realizar una prueba previa.
- Pesar 0.450 g de muestra en la cápsula de metal, golpee la cápsula para compactar la muestra. Es recomendable pesar menos de un gramo la muestra.
- Colocar un hilo de encendido conectado a la cabeza y a la muestra, procurando que sea tapado el extremo con la muestra.
- Colocar 0,9 ml de alcohol butílico sobre la muestra.
- Luego colocar la cabeza en el calorímetro.
- Girar el mango hacia la derecha para bloquear la cabeza en su posición.
- Cerrar la tapa del calorímetro.
- Luego colocar el código de la muestra y el peso.
- Se procede a medir el poder calorífico en J/kg. Ver anexo V.

4.8. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.8.1. Factores de Estudio

Factor A: Cultivo

P= Papa

Factor B: Cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua

Para el cultivo de papa: Mocha, Quero, Píllaro y Ambato.

4.8.2. Tratamientos

Los tratamientos utilizados resultaron de la combinación de los factores de estudio según la siguiente tabla:

Tabla 10. Tratamientos de la investigación

No. TRATAMIENTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	PM	Cultivo de papa Cantón Mocha
2	PPi	Cultivo de papa Cantón Píllaro
3	PQ	Cultivo de papa Cantón Quero
4	PA	Cultivo de papa Cantón Ambato

Fuente: (López Villacis 2021)

4.8.3. Diseño experimental y Análisis estadístico

El propósito de este estudio es evaluar la biomasa de los desechos agrícolas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) como potencial recurso energético.

El diseño que se utilizó en la presente investigación fue Completamente al Azar y se realizó el análisis de varianza ADEVA, en donde se evaluó la influencia que tiene cada factor sobre las variables y evaluar las interacciones entre cultivos y localidades investigadas. Se utilizó la prueba de comparación de Tukey, con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (López Villacis 2021).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos producto de la investigación se muestran y se explican en el presente capítulo con su respectiva discusión.

5.1. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA

5.1.1. Cuantificación de Biomasa agrícola

El potencial energético de la biomasa de los residuos agrícolas de los cultivos de papa en la provincia de Tungurahua, la cuantificación de la cantidad de biomasa producida anualmente y el poder calorífico de esa biomasa residual se realizaron inicialmente.

La tabla 11 se aprecia la cantidad de biomasa agrícola de los cultivos, ubicándose el cultivo de papa con una proporción de 6.54 tn.ha/año.

Tabla 11. Comparación de la cantidad de biomasa de los cultivos de papa de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Promedio biomasa residual (tn.ha/año)	Cantidad de biomasa residual tn.ha/año	Cantón
Papa	6.54	3.17	Píllaro
		5.41	Ambato
		6.88	Mocha
		10.71	Quero

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados presentan una comparación de la cantidad de biomasa agrícola del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, los cuatro cantones presentan valores altamente significativos según la prueba de Tukey al 5% aplicado para este cultivo en donde Píllaro presenta el 3.17 tn.ha/año, Ambato con 5.41 tn.ha/año, Mocha con 6.88 tn.ha/año y Quero con 10.71 tn.ha/año), estos resultados indican que la biomasa residual en este último cantón se encuentran en mayor cantidad en la provincia de Tungurahua. (Cabrera Pozo 2016), indica que este cantón presenta una

producción que bordea las 1300 ha, además de características de calidad superiores con respecto al mismo cultivo en otras localidades.

5.1.2. Poder calorífico

La cantidad de energía por unidad de masa que puede generar un combustible al producirse una reacción química de oxidación la que se expresa por el poder calorífico se determina a través de una bomba calorimétrica marca PARR modelo 6400.

El poder calorífico promedio en el cultivo de papa según la tabla 12, presenta un resultado que comprende 15571.67 MJ/tn. El poder calorífico conceptualmente es la energía térmica que se obtiene de la combustión completa de la biomasa, el valor máximo de liberación de energía que se libera para la vaporización de agua presente en la biomasa es determinado por el poder calorífico superior (PCS) o poder calorífico bruto; y la cantidad de energía liberada en forma de calor cuando se ha producido la combustión completa de la biomasa se representa por el poder calorífico inferior, a lo cual se debe sustraer el calor de vaporización del agua en el producto de combustión (PCI), (Al-Kassir2013).

Tabla 11. Comparación del poder calorífico (MJ/tn) de la biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Promedio Poder calorífico (MJ/tn) de la biomasa	Poder calorífico (MJ/tn) de la biomasa	Cantón
Papa	15571,67	15446.02	Ambato
		15535.53	Píllaro
		15644.92	Quero
		15660.21	Mocha

Fuente: Elaboración propia.

También la tabla 12, expresa que los residuos agrícolas del cultivo de papa en los cuatro cantones (Mocha, Quero, Píllaro y Ambato) presentan valores del poder calorífico (15660.21 MJ/tn, 15644.92 MJ/tn, 15535.32 MJ/tn Y 15446.02 MJ/tn respectivamente) altamente significativos según la prueba de Tukey al 5%. A nivel europeo, investigaciones sobre el poder calorífico de residuos agrícolas de los cultivos de papa, y

otros residuos agrícolas (15070.27 MJ/tn) presentaron resultados casi similares a los observados en la presente investigación, debido a estas características energéticas que presenta la biomasa de residuos agrícolas, en la actualidad ocupa el cuarto lugar después del petróleo, el gas y el carbón (García, et al. 2012).

5.1.3 Potencial energético

El potencial energético de los residuos agrícolas de los cultivos de papa en la provincia de Tungurahua se determinan con la ecuación 6, reemplazando los datos de la biomasa residual (BR) y los valores del poder calorífico, según la siguiente ecuación:

$$PE = BR * PC \qquad \qquad \qquad \text{Ecuación 6.}$$

Tabla 13. Potencial energético promedio de los residuos agrícolas de los cultivos de papa de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Cantón	Potencial energético (GWh)
Papa	Píllaro	0.01
	Ambato	0.02
	Mocha	0.03
	Quero	0.05

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13 es evidente la significancia que existe entre el potencial energético (GWh) de los residuos agrícolas del cultivo de papa en cada uno de los cantones de mayor producción: Quero, Mocha, Ambato, Píllaro con valores de potencial energético de 0.05 GWh, 0.03 GWh, 0.02 GWh, 0.01 GWh respectivamente, según la prueba de Tukey al 5%..

La figura 5 se establece la relación que existe entre la biomasa y el potencial energético de los cultivos de papa. Demostrando que el potencial energético de los residuos agrícolas tiene una relación lineal directamente proporcional frente a la cantidad de biomasa, es

decir que dependiendo del tipo de cultivo si la cantidad de biomasa se incrementa, también lo hace el potencial energético (Serrano, et al. 2017).

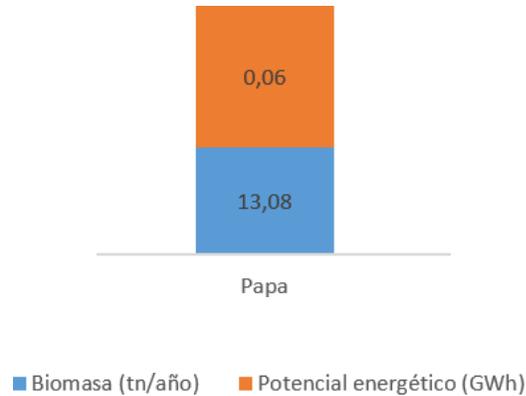


Figura 2. Relación entre Potencial energético (GWh) y la biomasa agrícola de los cultivos de papa (tn.ha/año).

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los cultivos de papa la cantidad de biomasa es casi similares al igual que su potencial energético.

Estudios realizados en la ciudad de Bogotá en Colombia sobre el potencial energético de residuos agrícolas de cultivos papa y otros cultivos, se obtuvieron resultados casi similares a los obtenidos en esta investigación sobre potencial energético ($PE_{papa} = 0.03$ GWh; $PE_{maíz} = 0.04$ GWh y $PE_{Tomate\ de\ árbol} = 0.54$ GWh)(Quintero and Quiroga 2017), existiendo una pequeña diferencia en el cultivo de papa, eso se debe a que los residuos agrícolas del cultivo de papa de los cantones de mayor producción de Tungurahua presentaron un valor más alto del poder calorífico (López Villacis 2021).

5.2. ANÁLISIS PROXIMAL

5.2.1. Contenido de humedad

En la siguiente tabla se puede apreciar los resultados obtenidos del porcentaje de humedad de los residuos agrícolas de los cultivos de papa de las localidades investigadas de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua (tabla 13).

Tabla 14. % de Humedad de biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Cantón	% Humedad biomasa
Papa	Quero	9.80
	Píllaro	9.83
	Mocha	9.83
	Ambato	9.95

Fuente: Elaboración propia.

Esta comparación del contenido de humedad de los residuos agrícolas entre los cantones de mayor producción de papa en Tungurahua, ubican los residuos agrícolas de los cantones de Quero, Píllaro, Mocha con el 9.8%, 9.83 %, 9.83% y 9.95 % respectivamente, el cantón Ambato no tiene valores significativos debido a que presentan valores inferiores al rango de significancia según la prueba de Tukey al 5%.

El promedio del 9.85 es el porcentaje de humedad calculado, observando que la cantidad de humedad tiene una relación inversa con la calidad de la muestra, es decir a menor porcentaje de humedad mejor calidad de muestra. (García, et al. 2012), en estudios similares sobre la caracterización de residuos agrícolas de postcosecha, resaltan valores alrededor de 9.9 % para este cultivo; entonces cuanto menor sea el valor de humedad de la biomasa residual agrícola mejor será su poder calorífico y por ende su proceso de combustión; por eso es recomendable utilizar residuos agrícolas con humedad relativa inferiores al 30% para conversión energética (De Lucas, et al. 2012).

5.2.2. Contenido de Cenizas

La tabla 15 presenta los resultados del contenido de cenizas de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, de las localidades investigadas de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Se observa que el valor promedio correspondiente a 14.66 % del contenido de cenizas de residuos agrícolas de los cultivos de papa son resultado de la combustión completa de la biomasa, en donde se puede inferir que si presenta mayor contenido de cenizas su calidad es menor.

Estudios realizados en Nigeria y en España sobre la caracterización de residuos agrícolas postcosecha de varios cultivos, dentro de ellos el de papa reportan valores del contenido de cenizas muy similares a los obtenidos en la presente investigación; así Nigeria presenta un 13.4% y España un 15.8% para biodesechos de papa en cada uno de estos países respectivamente; similares a los obtenidos en esta investigación (Otalayo, et al. 2020) y (García, et al. 2012).

Tabla 15. % de Cenizas de biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Cantón	% Humedad biomasa
Papa	Mocha	14.46
	Quero	14.51
	Píllaro	14.82
	Ambato	14.84

Fuente: Elaboración propia.

La comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en Tungurahua, ubican los residuos agrícolas del cultivo de papa de los cantones de Mocha y de Quero con el 14.46% y el 14.51% de cenizas respectivamente, los residuos agrícolas de los cantones de Píllaro y de Ambato no presentan valores significativos debido a que sus valores son inferiores según la prueba de Tukey al 5%.

5.2.3. Contenido de volátiles

Se representa en la tabla 16 los valores del contenido de volátiles de residuos agrícolas de los cultivos de papa, en donde el contenido de volátiles presenta un promedio de 71.62%. En la tabla antes mencionada se puede apreciar una comparación del contenido de compuestos volátiles del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en Tungurahua, ubicándose los residuos agrícolas del cantón Mocha con el 71.67%, el cantón Ambato con el 71.63%, el cantón Quero con el 71.63%, mientras que los residuos agrícolas del cantón Píllaro presentan valores alrededor del 71.56%.

significativos debido a que presentan valores inferiores del rango A según la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 16. % de Compuestos volátiles de biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Cantón	% Humedad biomasa
Papa	Pillaro	71.56
	Quero	71.63
	Ambato	71.63
	Mocha	71.67

Fuente: Elaboración propia.

Se puede concluir entonces que mientras más alto sea el contenido de volátiles más rápido se produce la combustión de la biomasa, los compuestos volátiles son liberados bajo condiciones específicas, siendo importante controlar la temperatura y el tiempo de ensayo para lograr reproducir los resultados y evitar que se vean afectados por cualquier parámetro (**García, et al. 2012**).

Investigaciones realizadas en Argentina, Cuba, India, España y Estados Unidos (Yang 2011) sobre el análisis proximal de biomasa agrícola de varios cultivos entre ellos el de papa, presentan resultados similares a los análisis realizados en la presente investigación, donde el contenido de volátiles se encontraba dentro del rango normal (60-90 % en peso) (**López Villacis 2021**).

5.2.4. Contenido de fibra

En el Anexo XII se puede apreciar los resultados del contenido de fibra de los residuos agrícolas de los cultivos de papa de las localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua. Los residuos agrícolas del cultivo de papa presentan un promedio del 44.58 % del contenido de fibra.

Investigaciones realizadas en España (García, et al. 2012), Nigeria (**Otalayo, et al. 2020**), en Argentina, Cuba, India, Países Bajos y Estados Unidos (**Yang 2011**) sobre el análisis

proximal de biomasa agrícola, presentaron resultados similares del contenido de fibra que fueron obtenidos en esta investigación, estos valores se encontraron dentro de los rangos normales (9-20%)(García, et al. 2012).

Tabla 17. Comparación del contenido de fibra de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Cantón	% Fibra biomasa
Papa	Mocha	39.42
	Pillaro	43.16
	Quero	45.10
	Ambato	50.72

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar además en esta tabla que una comparación del contenido de fibra del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en Tungurahua, ubicándose en el rango A los residuos agrícolas de los cantones de Ambato, Quero, Pillaro y Mocha con valores comprendidos entre 50.72 %, 45.10 % , 43,16 % y el 39.42 % de fibra respectivamente para cada cantón.

5.2.5. Contenido de grasa

En el Anexo XIII se puede apreciar los resultados del contenido de grasa de los residuos agrícolas de los cultivos de papa de las localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua. Los residuos agrícolas del cultivo de papa presentan un promedio del 0.44 % del contenido de grasa.

Investigaciones realizadas sobre el análisis proximal de biomasa agrícola, presentaron resultados similares del contenido de grasa que fueron obtenidos en esta investigación, estos valores se encontraron dentro de los rangos normales (0.9-2.0%).

Tabla 18. % de Grasa de biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Cantón	% Grasa biomasa
Papa	Quero	0.24
	Mocha	0.33
	Ambato	0.50
	Pillaro	0.70

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18 se puede apreciar una comparación del contenido de grasa del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en Tungurahua, ubicándose en el rango A los residuos agrícolas de los cantones de Pillaro, Ambato y Mocha con el 0.70%, 0.50 % y el 0.33 % de grasa respectivamente, mientras que los residuos agrícolas de cantón Quero presentan valores no significativos es decir que son inferiores al rango A según la prueba de Tukey al 5%.

5.3. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIABLES ESTUDIADAS.

Son escasos los estudios realizados sobre biomasa de residuos agrícolas, en las pocas investigaciones realizadas en otros países sobre los residuos agrícolas no se ha encontrado matrices de correlación que relacionen las variables objeto de estudio (López Villacis 2021).

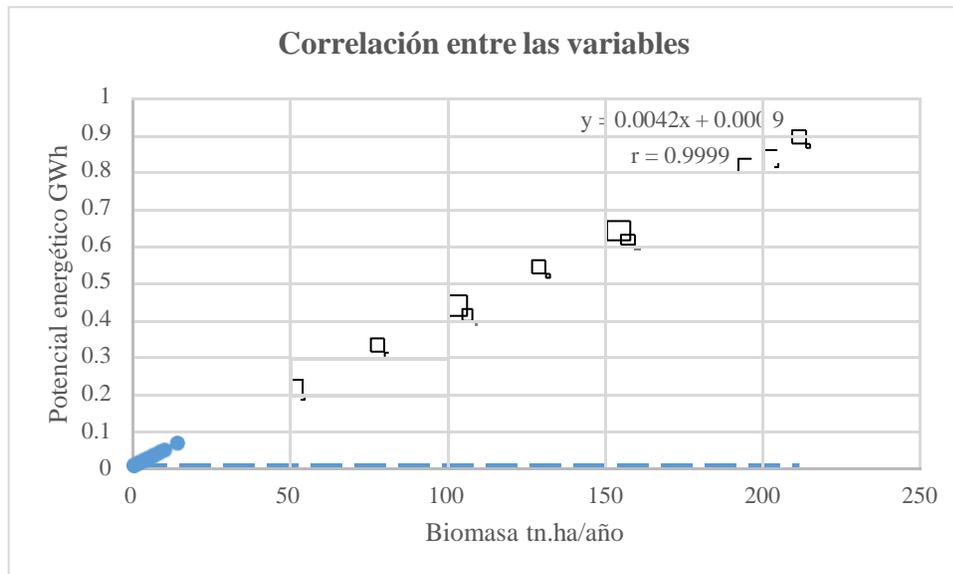


Figura 3. Correlación de Pearson entre las variables objeto de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 11 la correlación existente entre las variables estudiadas, el valor del coeficiente de correlación de Pearson es muy alto ($r= 0.99$) muestra una relación significativa altamente positiva, esto significa que el Potencial energético tiene una relación lineal directamente proporcional frente a la biomasa, es decir, mientras más cantidad de biomasa mayor es el potencial energético (López Villacis 2021).

5.4. CONFIRMACIÓN DE HIPÓTESIS

En este trabajo de investigación para comprobar la factibilidad de las hipótesis planteadas, se aplicó un estudio estadístico a través de un análisis de correlación de Pearson de los parámetros estudiados como se observa en la tabla 3.

Tabla 19. Análisis de varianza (ADEVA)

F.V	SC.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.70	1	2.70	29894.45	< 0.0001
BIOMASA tn.ha/año	2.70	1	2.70	293894.45	< 0.0001
Error	3.1E-04	34	9.2E-06		
Total	2.70	35			

Fuente:(López Villacis 2021).

(Quintero and Quiroga 2017), al igual que los valores de la tabla 3 indica que los p-valores no superan el “nivel de significancia $\alpha = 0.05$ ”, por lo tanto se demuestra que existe una relación entre las variables que influyen en la evaluación energética de la biomasa residual agrícola de los cultivos de papa principalmente la cantidad de biomasa para la determinación del potencial energético

Por lo tanto, se confirma la hipótesis alternativa donde la biomasa residual de los cultivos de papa posee potencial energético.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. CONCLUSIONES

- Se alcanzaron los objetivos planteados en el trabajo de investigación sobre la evaluación de la biomasa residual agrícola de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), como recurso energético.
- Se concluye que debido a que el potencial energético tiene una relación directamente lineal y que es proporcional a su biomasa queda demostrado que de acuerdo a los resultados obtenidos del poder calorífico y cantidad de biomasa los residuos agrícolas del cultivo de papa del cantón Quero con un potencial energético (0.05 GWh) es aquel que presenta mejores características.
- Los biodesechos procedentes del cultivo de papa para el cantón Mocha poseen el valor más alto en el poder calorífico (15660.21 MJ/tn), pero su valor inferior en cuanto a la cantidad de biomasa (6.88 tn.ha/año) no favorece para el cálculo del potencial energético.
- Los resultados obtenidos del análisis proximal de los biodesechos de los cultivos de papa en las diferentes localidades, presentan valores aceptables dentro de los rangos normales tanto de % de humedad menor o igual a 15%; % de cenizas menor o igual al 15%, % contenido de volátiles entre 75-85%; entre otros parámetros, siendo los más aceptables en cuanto al contenido de humedad los residuos agrícolas con un porcentaje igual al 9.95% correspondiente al cantón Ambato.
- Los biodesechos de los cultivos de papa que han sido objeto de estudio, según sus características energéticas se pueden considerar como fuentes renovables, ya que presentan un potencial energético adecuado, los cuales a través de procesos de conversión

como la combustión, admitiría una mejor manera de obtención de energía y de esta manera suplir o al menos reducir el uso de combustibles fósiles y la disminución de gases efecto invernadero, contribuyendo directamente a la conservación del medio ambiente.

6.2. BIBLIOGRAFÍA:

- 2011 Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Ecuador.
- 2014a Aprovechamiento Energético de Residuos Agropecuarios. Enfocado a la Mitigación del cambio climático, Ecuador, Quito.
- 2014b Climate Change. Contribution of working groups I, II and III to the Fifth Assessment Report² of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Swiitzarland:IPCC.
- 2018 Evaluación de los recursos agrícolas para su valorización energética en calderas Spouted bed reactors.
- Al-Kassir, R.
- 2013 Caracterización y preparación de residuos de biomasa con ensayos experimentales de secado térmico y combustión no contaminante.
- Araujo, M., et al.
- 2021 Manual del cultivo de papa para pequeños productores.
- Arias Ortiz, Rosa Angélica, and Juan Daniel Meneses Cruz
- 2016 Caracterización físico-química de residuos agroindustriales (cascarilla de arroz y cascarilla de café), como materia prima potencial para la obtención de bioetanol, Laboratorios de Química UNAN-Managua I-II semestre 2016, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Armas Espinel, Daniel Alexander
- 2017 Determinación del potencial energético de la biomasa residual de guayaba (*psidium guajava* l.) en Rocafuerte, cantón Ibarra, provincia de Imbabura.
- Arteaga, Juan Quintana
- 2020 Caracterización de cascarilla de arroz como biomasa residual para combustible térmico.
- Baray, María, et al.
- 2019 Tratamiento de biomasa lignocelulósica mediante pirólisis lenta y a baja temperatura para la producción de biocombustibles. *Revista de Energía Renovables* 9(3):1-9.
- Basantes, T., et al.
- 2020 Diagnóstico de los costos, rendimientos de producción y comercialización de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador, año 2019. *EAgronegocios* 6(2).
- Bautista Zeas, Carlos Geovanny, Wilmer Alfredo León Escandón, and Alicia Guillermina Rojas Orellana
- 2010 Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad chaucha con el manejo fisionutricional (MFN) frente al manejo

- tradicional en la hacienda " San Patricio" ubicada en la Parroquia Tomebamba del cantón Paute provincia del Azuay.
- Blasco, C
2018 Evaluación de los recursos agrícolas para su valorización energética en calderas Spouted Bed Reactors. Trabajo de fin de grado en Ingeniería Química, Universidad de Valencia, España.
- Blasco Soler, Clara
2018 Evaluación de los recursos agrícolas para su valorización energética en calderas Spouted Bed Reactors, Universitat Politècnica de València.
- Budí Orduña, Alicia
2016 Estimación del potencial energético de la biomasa residual agrícola y análisis de aprovechamiento en los municipios de la comarca del Alto Palancia.
- Bustamante, G., et al.
2016 Química de la biomasa vegetal y su efecto en el rendimiento durante la torrefacción: revisión. Revista mexicana de ciencias forestales 7(38):5-23.
- Cabrera Pozo, Silvia Mariela Silvia Mariela
2016 Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa dedicada a la producción y comercialización de papa lavada en la provincia del Carchi en el cantón Bolívar.
- Calderón, M., et al.
2017 Valoración económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador. Naciones Unidas.
- Camargo, Danny Williams Núñez
2012 Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. Tecnura 16(34):142-156.
- Carrión Pineda, Erika Jimena, and Johanna Elizabeth Portocarrero Ronquillo
2021 El sector agrícola del ecuador: análisis de su contribución al producto interno bruto (pib), periodo 2000-2019, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Administrativas.
- Casa Iza, Evelyn Yadira
2018 Evaluación del potencial de producción de bioetanol de la biomasa lignocelulósica de la caña de maíz por hidrólisis ácida, Quito: UCE.
- Casola, Laura, and Alexander Freier
2018 El nexo entre cambio climático y energía renovable en el Mercosur. Un análisis comparativo de las legislaciones de Argentina y Brasil. Revista Derecho del Estado (40):153-179.
- Castro Bedriñana, Jorge, Doris Chirinos Peinado, and Jorge Calderón Inga
2018 Calidad nutricional del rastrojo de maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) en cuyes. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 29(2):410-418.
- Castro Ycaza, Katherine Valeria, and Jaime Enrique Ocampo Chávez
2015 Caracterización físico-química de la biomasa residual del cultivo de cacao (*Theobroma Cacao* L), naranja (*Citrus Sinensis*, Variedad Valenciana,) y mandarina (*Citrus Reticulata*) en la provincia Bolívar, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela
- Coronado Del Águila, Francisco

- 2015 Indicadores de Productividad y Competitividad Regional Relacionados al Agro.
- Cot Cantalosella, Sergi
2017 Gasificación eficiente de biomasa vegetal de origen industrial y forestal. Influencia de las condiciones de pretratamiento.
- De Lucas, A., et al.
2012 Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad.
- Durán, VH, et al.
2014 Biomasa de cultivos leñosos de rotación corta para la producción sostenible de energía: oportunidades y retos. Spanish Journal of Rural Development 5(1).
- Faba, Laura, Eva Díaz, and Salvador Ordóñez
2014 Transformación de biomasa en biocombustibles de segunda generación. Madera y bosques 20(3):11-24.
- Fernando, Kevin, and Herrera Renjifo
2021 Obtención de lípidos a partir de biomasa cultivada en agua residual de origen porcino.
- García, Roberto, et al.
2012 Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. Bioresource technology 103(1):249-258.
- Giraldo, Javier López, et al.
2014 Usos potenciales de la cáscara de banano: elaboración de un bioplástico. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales 1(1):7-21.
- Gómez, Rafael, et al.
2019 Evaluación Sinérgica de la Gasificación de Biomasa Residual. Información Tecnológica 30(6):11-20.
- Huaytalla, B.
2019 Identificar el potencial energético de la biomasa residual agrícola para su aprovechamiento como uso doméstico.
- Justo, José, et al.
2015 Assessment of dry residual biomass potential for use as alternative energy source in the party of General Pueyrredón, Argentina. Renewable and Sustainable Energy Reviews 41:568-583.
- Lagua Gavilánez, Luis Eduardo
2013 Evaluación de tres tipos de inducción a la madurez en la producción de semilla de papa (*solanum tuberosum* L.) var. Fripapa en la ESPOCH, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo-CONPAPA, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Leal Medina, Gloria Inés, et al.
2017 Producción de ácidos grasos poliinsaturados a partir de biomasa microalgal en un cultivo heterotrófico. Revista Ion 30(1):91-103.
- López Villacis, Isabel Cristina
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, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas

- Moreno, Alejandro, et al.
 DETERMINACIÓN DE BIOMASA FORRAJERA EN RESIDUOS DE COSECHA DE CAÑA DE AZÚCAR (spp. híbrido) Saccharum.
- Otalayo, Simeon, Joseph Ifeolu, and Ralf Pacenka
 2020 An Assessment of Potential Resources for Biomass. Resources 9(8):92.
- PANTOJA-MATTA, ALVARO JAVIER, MILTON FERNANDO CUATIN-INGUILÁN, and DEYANIRA MUÑOZ-MUÑOZ
 2015 Efecto del pretratamiento químico y enzimático en la deslignificación de biomasa agroindustrial típica del cauca. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 13(1):45-53.
- Parra-Ortiz, David Leonardo, Mónica Andrea Botero-Londoño, and Julián Mauricio Botero-Londoño
 2019 Biomasa residual pecuaria: revisión sobre la digestión anaerobia como método de producción de energía y otros subproductos. Revista UIS Ingenierías 18(1):149-160.
- Pazmay Pazmay, Pablo David
 2018 EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2017-2021 Y SU CORRELACIÓN CON LOS DERECHOS HUMANOS.
- Pumisacho, M., and Sherwood Stephen
 2002 El cultivo de papa en Ecuadr.
- Quintero, Carlos, and Luis Quiroga
 2017 Estimación del potencial energético a partir de la biomasa agrícola en el Departamento de Cundinamarca.
- Quintero Osorno, Carlos Andres, and Luis Felipe Quiroga Velasco
 Estimación del Potencial Energético a partir de la Biomasa Primaria Agrícola en el Departamento de Cundinamarca.
- Rizo, Darwan
 2019 Producción de papa con Buenas Prácticas Agrícolas. Norvin Palma.
- Rojas Castillo, Juan Carlos
 2019 Evaluación de la biodegradabilidad, propiedades físicas y mecánicas de una espuma sólida a base de celulosa y almidón extraído de desechos poscosechadel banano verde (Musa acuminata L.), Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Sánchez Hinojosa, Roberto Carlos
 2016 Determinación de la biomasa a partir de medidas dendrométricas en el cultivo de mandarina (Citrus Reticulata L.) Parroquia Chaltura Cantón Antonio Ante Provincia Imbabura.
- Serrato, C., and Verónica Cepeda
 2016 Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el Departamento de Cundinamarca.
- Soria, V.
 2020 La Bioenergía: Presente y las perspectivas del uso energético de la biomasa. Valencia: Universidad de Valencia.
- Suárez, Y., et al.
 2020 Valoración del potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate para su empleo como biocombustible. Revista Ingeniería Agrícola 10(2).
- Varón, Rafael

- 2020 Contextualización de la generación de la energía eléctrica. Master's thesis, Universidad EAN.
- Vásquez, F., and H. Fernández
2020 Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales: In Colloquium.
- Velázquez Abunader, José Iván
2011 Variación de la distribución y biomasa del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d Orbigny, 1835) en la región central del golfo de california.
- Velázquez, Martí, et al.
2011 Quantification of the residual biomass obtained from pruning of vineyards in Mediterranean. *Biomass and Bioenergy* 7(35):3453-3464.
- Vélez Lara, Rommy Daniela, and Edilma Elizabeth Villafuerte Calderón
2020 Impacto de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética en cooperativas de transporte urbano del cantón Guayaquil, proyección 2020, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS.
- Yang, Chun
2011 Prediction of higher heating values of biomass from proximate. *Fuel* 90(3):1128-1132.

6.3. ANEXOS

6.3.1. Anexo I. Listado de Agricultores con mayor producción de papa en la Provincia de Tungurahua.

REGISTRO DE SOCIOS JUNIO 2019

N°	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	NOMBRES Y APELLIDOS DE CADA SOCIO	NÚMERO DE CÉDULA	SOCIOS A	SOCIOS B	SOCIOS C		
1	TUNGURAHUA	AMBATO	PILAHUIN	AGUALONGO TOALOMBO MARIA PURIFICACION	1801776376	1				
2				CAMINO ESPIN LUIS HOMERO		1				
3				GUASHCO LLAMBO JUAN JOSÉ MANUEL	1801678549				1	
4				GUASHCO TOALOMBO MANUEL RUDECINDO	1803276037		1			
5				PILAMUNGA LLAMBO JOSÉ MANUEL	1800689000		1			
6				PILAMUNGA LLAMBO ROSENDO SANTILLAN	1801365873				1	
7				TOALOMBO TOALOMBO JOSÉ MANUEL	1802174878		1			
8				TOALOMBO TOALOMBO JOSÉ ÁNGEL	1803035797		1			
9				TOALOMBO TOALOMBO HUASCAR CRISTOBAL	1804957916		1			
10				TOALOMBO POAGO JULIO CESAR	1803543600				1	
11				TOALOMBO POAQUIZA ÁNGEL WILFRIDO	1804907325					1
12				TOALOMBO GUASHCO JOSÉ FRANCISCO	1802541696				1	
13				TOALOMBO TOALOMBO HUASCAR CRISTOBAL	1804957916		1			
14				TOALOMBO TOALOMBO LUIS EUSEBIO					1	
15				LLAMBO QUIQUINTUÑA MARÍA NICOLASA	1802235757		1			
16				CULQUI PILAMUNGA JOSÉ ANTONIO	1802387744					1
17				LOPEZ VILLACIS JOHANA PAULINA	1803724143		1			
18				MEDINA VILLEGAS SUSANA CONCEPCIÓN	1801090570		1			
19				MEDINA VILLEGAS HERMOJENES RAFAEL	1800064352		1			
20				MONTESDEOCA MEDINA NORMA ALICIA						1

21			QUILLIGANA PILAMUNGA SEGUNDO CERVULO	1802439271			1	
22			PUNINA SISA JUAN JOSÉ	1802550382		1		
23			QUINATO MAZABANDA MARIA HORTENSIA	1802544567		1		
24			SISA AGUALONGO MARÍA CARMEN	1801884907			1	
25			SISA CHIMBORAZO JAIME GIOVANI				1	
26			PUNINA CHALGUIRA SEGUNDO PASCUAL	1801654235			1	
27			QUILLIGANA SISA CRISANTO	1803090586		1		
28			PUAQUIZA MATIAG MARÍA DOLORES	1802388346	1			
29			PUAQUIZA PUAGO ÁNGEL APOLINARIO	1800960991	1			
30			MAZABANDA AGUALONGO SEGUNDO RAFAEL	1802671782	1			
31		JUAN BENIGNO VELA	ARROBA FREIRE MÓNICA MARISELA	1802960508	1			
32			CHICO VILLACRES OSCAR VINICIO	1803307261	1			
33			VALENCIA VILLACRES FLABIO HORLANDO	1802810331			1	
34			TABOADA ZURITA EDWIN ROBERTO	1803305141	1			
35			NÚÑEZ RODRÍGUEZ MEDARDO ELIECER	1802671006	1			
36			NÚÑEZ RODRÍGUEZ WILMA FABIOLA				1	
37			NÚÑEZ SEGUNDO ISAÍAS	1800071969			1	
38			CHICO NÚÑEZ JOSÉ ARCADIO	1802139210	1			
39			TABOADA CHICO GLADYS ANGELICA	1801409002	1			
40			PALACIOS PICO LEOPOLDO GREGORIO	1803838026			1	
41		TOTORAS	ALDAS GARCES CRISTINA SENAI DA			1		
42			ZUÑIGA GAVILANES GALO HERNÁN	1801608280			1	
43		PILLARO	SAN ANDRÉS	ALCACIEGA ALCACIEGA MARIA NATIVIDAD	1800860148		1	
44				TIGSE TITUAÑA ZOILA MERCEDES	1803255197			1
45				RODRIGUEZ CHILUISA TERCITA MARÍA	1801357318	1		
46				TIGSE TIGSE MARÍA ROSA HELENA	1801007335	1		
47				YANCHATIPAN CHICAIZA JOSÉ ANDRÉS	1800798256	1		

48		SAN MIGUELITO	GUACHI PUJOS MARÍA LASTENIA	1801607340		1		
49		CIUDAD NUEVA	ATUÑA CARMEN LASTENIA	1801817253	1			
50	GUAZANTUÑA LESCANO ARSENIO		1801622075			1		
51	TOAPANTA USHIÑA MARIA NICOLAZA		1800819243	1				
52		SAN JOSÉ DE POALO	CAÑAR ROMERO SARA ISABEL	1800935676		1		
53			HARO ELVIA CARLOTA	1800993675			1	
54			HARO CAÑAR NERI EULALIA	1802957223			1	
55		RUMIPAMBA	OCAÑA TORRES EUCLIDES ASDRUBAL	1801621614	1			
56			OCAÑA TORRES LIVIA DELICIA	1801823400			1	
57			PALACIOS ROSERO BERTHA MAGDALENA	1802382414		1		
58			MELO ROSERO SEGUNDO GLADEMIL	1802200350			1	
59		LA MATRIZ	PALLO PAREDES EDWIN LEONARDO	1803702685			1	
60			MEJÍA SANCHEZ HÉRCULES MEDARDO	1801793140		1		
61			GUERRERO CANDO DAVID ANIBAL	1803246329		1		
62			LLAMUCA TIMBELA MARIO MARIANO	1802506210	1			
63			JIMÉNEZ MORETA LUIS POMPEYO	1800233353	1			
64	TISALEO	LA MATRIZ	PANINBOZA PANIMBOZA MIGUEL ÁNGEL	1802026722		1		
TOTAL						29	17	18

Fuente: CONPAPA, 2019.

6.3.2. Anexo II. Norma Española UNE-EN 14778.

norma española

UNE-EN 14778

Junio 2013

TÍTULO

Biocombustibles sólidos

Muestreo

Solid Biofuels. Sampling.
Biocombustibles. Erhebungsverfahren

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 14778:2011.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a las Normas Experimentales UNE-CEN/TS 14778-1:2007 EX, UNE-CEN/TS 14778-2:2007 EX y UNE-CEN/TS 14778:2007 EX.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el Subcomité I *Biocombustibles sólidos* cuya Secretaría desempeña CIEMAT; dentro del AEN/CTN 164 *Biocombustibles sólidos* cuya Secretaría desempeña CONFEMADERA.

Edición e impresión por AENOR
Depósito legal: M 18112/2013

© AENOR 2013.
Reproducción prohibida.

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

El Pignat

Genova, 6
28004 MADRID, España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 281
Fax: 913 104 032

6.3.3. Anexo III. Etiquetas de la muestra



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
PROYECTO DE DESARROLLO
DEMARCACIÓN TUNGURAHUA



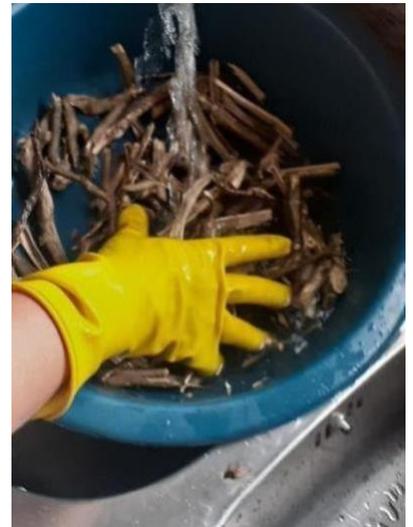
CÓDIGO DE MUESTRA	Cantidad de Producción:
COORDENADAS	t
TIPO DE RESIDUO	
LUGAR	
FECHA DE MUESTREO	HORA
CONDICIONES DE CONSERVACIÓN	

Fuente: Elaboración propia.

6.3.4. Anexo IV. ANÁLISIS DE BIOMASA.

6.3.4.1. Pretratamiento de las muestras

Biomasa de papa





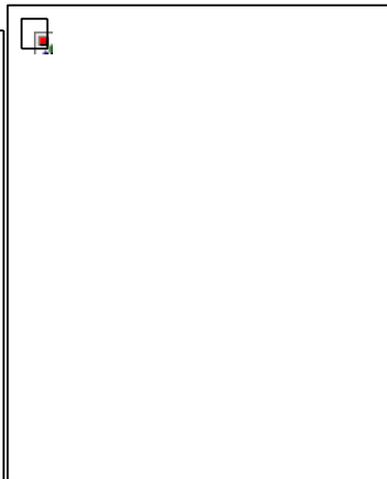
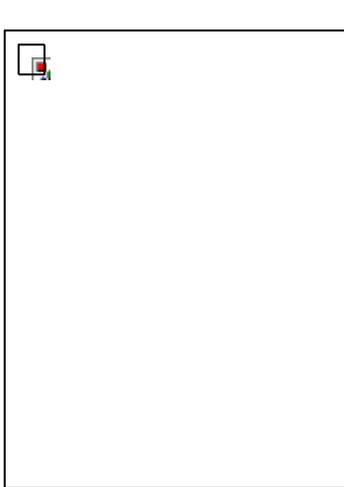
6.3.4.2. Determinación del contenido de humedad



6.3.4.3. Determinación del contenido de cenizas



6.3.4.4. Determinación del contenido de volátiles



6.3.4.5. Determinación del poder calorífico



6.3.4.6. Determinación de fibra y grasas

6.3.5. Anexo V. Norma Española UNE-EN ISO 18122:2015.

UNE-EN ISO 18122

norma española

Abril 2016

TÍTULO	Biocombustibles sólidos Determinación del contenido de ceniza (ISO 18122:2015) <i>Solid biofuels. Determination of ash content (ISO 18122:2015).</i> <i>Biocombustibles sólidos. Método de determinación de la ceniza en cenizas (ISO 18122:2015)</i>
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 18122:2015, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 18122:2015.
OBSERVACIONES	Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 14775:2010.
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el Subcomité 1, <i>Biocombustibles sólidos</i> , cuya Secretaría describe CIEMAT, dentro del AEN/CTN 164 <i>Biocombustibles sólidos</i> .

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN ISO 18122

<small>Editado e impreso por AENOR Depósito legal: M 10833-2016</small>	<small>LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:</small> AENOR <small>Asociación Española de Normalización y Certificación</small>	<small>12 Páginas</small>
<small>© AENOR 2016 Reproducción prohibida.</small>	<small>Calleja, 8 28004 MADRID-España</small>	<small>at@cenor.es www.cenor.es</small>
		<small>Tel.: 902 102 201 Fax: 913 104 832</small>

6.3.6. Anexo VI. Norma española UNE-EN ISO 18123

UNE-EN ISO 18123

norma española

Abril 2016

TÍTULO	Biocombustibles sólidos Determinación del contenido en materia volátil (ISO 18123:2015) <i>Solid biofuels. Determination of the content of volatile matter (ISO 18123:2015).</i> <i>Biocombustibles sólidos. Método de determinación de la materia en materia volátil (ISO 18123:2015).</i>
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 18123:2015, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 18123:2015.
OBSERVACIONES	Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 15148:2010.
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el Subcomité 1 Biocombustibles sólidos cuya Secretaría describepna CIEMAT, dentro del AEN/CTN 164 Biocombustibles sólidos.

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN ISO 18123

<small>Elaborada a propuesta por AENOR. Depósito legal: M 18034/2016</small>	<small>LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:</small> AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación	<small>17 Páginas</small>
<small>© AENOR 2016 Reproducción prohibida</small>	<small>Galerna, 8 28054 MADRID-España info@aenor.es www.aenor.es</small>	<small>Tel: 902 182 201 Fax: 903 184 052</small>

6.3.7. Anexo VII Cantidad de Biomasa de los cultivos de papa de los cantones de mayor producción de la Provincia de Tungurahua.

Biomasa del cultivo de papa de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

CULTIVO DE PAPA

#de plantas por ha: 40000

CANTÓN	SECTOR	(kg residuo postcosecha/planta)	área-terreno (ha)	# plantas	Kg poda/ha
	Pilahuin-Mulanleo	0.38	0.50	20000	7600
AMBATO	Totoras	0.39	0.40	16000	6240
	Juan Benigno Vela	0.3	0.20	8000	2400
PÍLLARO	San Andrés	0.37	0.20	8000	2960

	San José de Poaló	0.38	0.32	12800	4864
	San Miguelito	0.35	0.12	4800	1680
	La Dolorosa	0.36	0.70	28000	10080
MOCHA	Yanayacu	0.38	0.50	20000	7600
	Cruz de Mayo	0.37	0.20	8000	2960
	Puñachisac	0.38	0.60	24000	9120
QUERO	La Matriz	0.38	1.00	40000	15200
	Rumipamba	0.39	0.50	20000	7800
				Promedio=	6542.00

Kg.ha/año=	13084
------------	-------

tn/año =	13.08
----------	-------

Fuente: Elaboración propia.

6.3.8. Anexo VIII Resultados de la determinación de Poder calorífico de los residuos agrícolas de los cultivos de papa de los cantones de mayor producción de la Provincia de Tungurahua.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
CULTIVO DE PAPA						
CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	Poder calorífico J/kg	Poder calorífico J/kg - poder calorífico del butanol	Poder calorífico MJ/tn
AMBATO	Pilahuin-Mulanleo	1	UTA-RA-PA1-M1	50759137.07	15204422.58	15204.42
		2	UTA-RA-PA1-M2	50738304.92	15183590.43	15183.59
		3	UTA-RA-PA1-M3	51452797.31	15898082.82	15898.08
	Totoras	1	UTA-RA-PA2-M1	51103920.29	15549205.80	15549.21
		2	UTA-RA-PA2-M2	50686940.36	15132225.87	15132.23
		3	UTA-RA-PA2-M3	51191401.74	15636687.25	15636.69
	Juan Benigno Vela	1	UTA-RA-PA3-M1	51160980.86	15606266.37	15606.27
		2	UTA-RA-PA3-M2	51052981.94	15498267.45	15498.27
		3	UTA-RA-PA3-M3	50860135.16	15305420.67	15305.42
PÍLLARO	San Andrés	1	UTA-RA-PPi1-M1	51463780.50	15909066.01	15909.07
		2	UTA-RA-PPi1-M2	50975099.78	15420385.29	15420.39
		3	UTA-RA-PPi1-M3	51252322.26	15697607.77	15697.61
	San José de Poaló	1	UTA-RA-PPi2-M1	50660013.06	15105298.57	15105.30
		2	UTA-RA-PPi2-M2	51221993.02	15667278.53	15667.28
		3	UTA-RA-PPi2-M3	51376221.44	15821506.95	15821.51
	San Miguelito	1	UTA-RA-PPi3-M1	51066916.91	15512202.42	15512.20
		2	UTA-RA-PPi3-M2	50696011.50	15141297.01	15141.30
		3	UTA-RA-PPi3-M3	51099857.19	15545142.70	15545.14
MOCHA	La Dolorosa	1	UTA-RA-PM1-M1	50959323.49	15404609.00	15404.61
		2	UTA-RA-PM1-M2	51454459.23	15899744.74	15899.74
		3	UTA-RA-PM1-M3	50641558.71	15086844.22	15086.84
	Yanayacu	1	UTA-RA-PM2-M1	50897332.72	15342618.23	15342.62
		2	UTA-RA-PM2-M2	51431252.86	15876538.37	15876.54
		3	UTA-RA-PM2-M3	51488544.11	15933829.62	15933.83
	Cruz de Mayo	1	UTA-RA-PM3-M1	51253121.59	15698407.10	15698.41
		2	UTA-RA-PM3-M2	51288660.19	15733945.70	15733.95
		3	UTA-RA-PM3-M3	51520087.55	15965373.06	15965.37
QUERO	Puñachisac	1	UTA-RA-PQ1-M1	51007388.35	15452673.86	15452.67
		2	UTA-RA-PQ1-M2	51338087.16	15783372.67	15783.37
		3	UTA-RA-PQ1-M3	51420513.68	15865799.19	15865.80
	La Matriz	1	UTA-RA-PQ2-M1	50957859.22	15403144.73	15403.14
		2	UTA-RA-PQ2-M2	51090041.50	15535327.01	15535.33
		3	UTA-RA-PQ2-M3	51488317.40	15933602.91	15933.60
	Rumipamba	1	UTA-RA-PQ3-M1	51131949.48	15577234.99	15577.23
		2	UTA-RA-PQ3-M2	51548208.48	15993493.99	15993.49
		3	UTA-RA-PQ3-M3	50814370.71	15259656.22	15259.66
				Promedio	15571671.39	15571.67

Fuente: Elaboración propia

6.3.9. Anexo IX Resultados de la determinación de contenido de humedad de residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol en localidades de los cantones de mayor producción de la Provincia de Tungurahua.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
CULTIVO DE PAPA				
CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	% de Humedad
AMBATO	Pilahuin-Mulanleo	1	UTA-RA-PA1-M1	10.01
		2	UTA-RA-PA1-M2	10.11
		3	UTA-RA-PA1-M3	10.23
	Totoras	1	UTA-RA-PA2-M1	9.93
		2	UTA-RA-PA2-M2	9.80
		3	UTA-RA-PA2-M3	9.89
	Juan Benigno Vela	1	UTA-RA-PA3-M1	9.92
		2	UTA-RA-PA3-M2	9.82
		3	UTA-RA-PA3-M3	9.86
PÍLLARO	San Andrés	1	UTA-RA-PPi1-M1	9.92
		2	UTA-RA-PPi1-M2	9.72
		3	UTA-RA-PPi1-M3	9.83
	San José de Poaló	1	UTA-RA-PPi2-M1	9.77
		2	UTA-RA-PPi2-M2	9.94
		3	UTA-RA-PPi2-M3	9.86
	San Miguelito	1	UTA-RA-PPi3-M1	9.89
		2	UTA-RA-PPi3-M2	9.78
		3	UTA-RA-PPi3-M3	9.74
MOCHA	La Dolorosa	1	UTA-RA-PM1-M1	9.89
		2	UTA-RA-PM1-M2	9.92
		3	UTA-RA-PM1-M3	9.71
	Yanayacu	1	UTA-RA-PM2-M1	9.74
		2	UTA-RA-PM2-M2	9.71
		3	UTA-RA-PM2-M3	9.88
	Cruz de Mayo	1	UTA-RA-PM3-M1	9.82
		2	UTA-RA-PM3-M2	9.94
		3	UTA-RA-PM3-M3	9.87
QUERO	Puñachisac	1	UTA-RA-PQ1-M1	9.85
		2	UTA-RA-PQ1-M2	9.85
		3	UTA-RA-PQ1-M3	9.78
	La Matriz	1	UTA-RA-PQ2-M1	9.91
		2	UTA-RA-PQ2-M2	9.76
		3	UTA-RA-PQ2-M3	9.85
	Rumipamba	1	UTA-RA-PQ3-M1	9.78
		2	UTA-RA-PQ3-M2	9.71
		3	UTA-RA-PQ3-M3	9.70
			promedio	9.85

Fuente: Elaboración propia.

6.3.10. Anexo X Resultados de la determinación del contenido de cenizas de residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol en localidades de los cantones de mayor producción de la Provincia de Tungurahua.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
CULTIVO DE PAPA								
CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	peso de crisol vacío	peso de muestra	masa del crisol+muestra	peso de crisol + muestra después de salir de la mufla	% Cenizas
AMBATO	Pilahuin-Mulanleo	1	UTA-RA-PA1-M1	37.4708	1.0024	38.4732	37.6199	14.87
		2	UTA-RA-PA1-M2	27.6344	1.0324	28.6668	27.7900	15.07
		3	UTA-RA-PA1-M3	33.8318	1.0033	34.8351	33.9822	14.99
	Totoras	1	UTA-RA-PA2-M1	26.0441	1.0128	27.0569	26.1934	14.74
		2	UTA-RA-PA2-M2	39.5999	1.0023	40.6022	39.7500	14.98
		3	UTA-RA-PA2-M3	40.2613	1.0527	41.3140	40.4168	14.77
	Juan Benigno Vela	1	UTA-RA-PA3-M1	25.9947	1.0360	27.0307	26.1479	14.79
		2	UTA-RA-PA3-M2	24.4353	1.0002	25.4355	24.5823	14.70
		3	UTA-RA-PA3-M3	24.4751	1.0134	25.4885	24.6234	14.63
PÍLLARO	San Andrés	1	UTA-RA-PPi1-M1	27.7287	1.0310	28.7597	27.8821	14.88
		2	UTA-RA-PPi1-M2	34.9752	1.0113	35.9865	35.1244	14.75
		3	UTA-RA-PPi1-M3	24.4802	1.0054	25.4856	24.6276	14.66
	San José de Poaló	1	UTA-RA-PPi2-M1	25.3065	1.0162	26.3227	25.4581	14.92
		2	UTA-RA-PPi2-M2	31.6815	1.0224	32.7039	31.8334	14.86
		3	UTA-RA-PPi2-M3	39.6056	1.0106	40.6162	39.7565	14.93
	San Miguelito	1	UTA-RA-PPi3-M1	26.9255	1.0143	27.9398	27.0761	14.85
		2	UTA-RA-PPi3-M2	24.4412	1.0175	25.4587	24.5928	14.90
		3	UTA-RA-PPi3-M3	27.6368	1.0453	28.6821	27.7895	14.61
MOCHA	La Dolorosa	1	UTA-RA-PM1-M1	38.7889	1.0112	39.8001	38.9324	14.19
		2	UTA-RA-PM1-M2	26.5675	1.0019	27.5694	26.7120	14.42
		3	UTA-RA-PM1-M3	25.7554	1.0206	26.7760	25.9019	14.35
	Yanayacu	1	UTA-RA-PM2-M1	27.7251	1.0106	28.7357	27.8712	14.46
		2	UTA-RA-PM2-M2	30.4208	1.0107	31.4315	30.5670	14.47
		3	UTA-RA-PM2-M3	27.7119	1.0307	28.7426	27.8624	14.60
	Cruz de Mayo	1	UTA-RA-PM3-M1	30.5352	1.0556	31.5908	30.6897	14.64
		2	UTA-RA-PM3-M2	28.4923	1.0391	29.5314	28.6398	14.19
		3	UTA-RA-PM3-M3	31.6812	1.0128	32.6940	31.8313	14.82
QUERO	Puñachisac	1	UTA-RA-PQ1-M1	27.4506	1.0022	28.4528	27.5992	14.83
		2	UTA-RA-PQ1-M2	34.3707	1.0072	35.3779	34.5192	14.74
		3	UTA-RA-PQ1-M3	30.3986	1.0002	31.3988	30.5424	14.38
	La Matriz	1	UTA-RA-PQ2-M1	26.9244	1.0226	27.9470	27.0703	14.27
		2	UTA-RA-PQ2-M2	28.5611	1.0200	29.5811	28.7075	14.35
		3	UTA-RA-PQ2-M3	35.9067	1.0097	36.9164	36.0498	14.17
	Rumipamba	1	UTA-RA-PQ3-M1	25.298	1.0185	26.3165	25.4451	14.44
		2	UTA-RA-PQ3-M2	34.9675	1.0278	35.9953	35.1171	14.56
		3	UTA-RA-PQ3-M3	30.5338	1.0632	31.5970	30.6916	14.84
							Promedio	14.66

Fuente: Elaboración propia.

6.3.11. Anexo XI Resultados de la determinación del contenido de volátiles de residuos agrícolas de los cultivos de papa en localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
CULTIVO DE PAPA									
CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	peso de crisol vacío	peso de muestra	masa del crisol+muestra	peso de crisol + muestra después de salir de la mufla	% humedad	% Volátiles
AMBATO	Pilahuin-Mulanleo	1	UTA-RA-PA1-M1	37.4708	1.0024	38.4732	37.6522	10.01	71.89
		2	UTA-RA-PA1-M2	27.6344	1.0324	28.6668	27.8221	10.11	71.71
		3	UTA-RA-PA1-M3	33.8318	1.0033	34.8351	34.0112	10.23	71.89
	Totoras	1	UTA-RA-PA2-M1	26.0441	1.0128	27.0569	26.2307	9.93	71.65
		2	UTA-RA-PA2-M2	39.5999	1.0023	40.6022	39.7869	9.80	71.54
		3	UTA-RA-PA2-M3	40.2613	1.0527	41.3140	40.4606	9.89	71.18
	Juan Benigno Vela	1	UTA-RA-PA3-M1	25.9947	1.0360	27.0307	26.1849	9.92	71.72
		2	UTA-RA-PA3-M2	24.4353	1.0002	25.4355	24.6208	9.82	71.63
		3	UTA-RA-PA3-M3	24.4751	1.0134	25.4885	24.6645	9.86	71.45
PÍLLARO	San Andrés	1	UTA-RA-PP1-M1	27.7287	1.0310	28.7597	27.9206	9.92	71.47
		2	UTA-RA-PP1-M2	34.9752	1.0113	35.9865	35.1659	9.72	71.42
		3	UTA-RA-PP1-M3	24.4802	1.0054	25.4856	24.6695	9.83	71.34
	San José de Poaló	1	UTA-RA-PP2-M1	25.3065	1.0162	26.3227	25.4921	9.77	71.97
		2	UTA-RA-PP2-M2	31.6815	1.0224	32.7039	31.8715	9.94	71.48
		3	UTA-RA-PP2-M3	39.6056	1.0106	40.6162	39.797	9.86	71.20
	San Miguelito	1	UTA-RA-PP3-M1	26.9255	1.0143	27.9398	27.1109	9.89	71.83
		2	UTA-RA-PP3-M2	24.4412	1.0175	25.4587	24.6308	9.78	71.59
		3	UTA-RA-PP3-M3	27.6368	1.0453	28.6821	27.8303	9.74	71.75
MOCHA	La Dolorosa	1	UTA-RA-PM1-M1	38.7889	1.0112	39.8001	38.9764	9.89	71.57
		2	UTA-RA-PM1-M2	26.5675	1.0019	27.5694	26.7501	9.92	71.85
		3	UTA-RA-PM1-M3	25.7554	1.0206	26.7760	25.9501	9.71	71.21
	Yanayacu	1	UTA-RA-PM2-M1	27.7251	1.0106	28.7357	27.9099	9.74	71.97
		2	UTA-RA-PM2-M2	30.4208	1.0107	31.4315	30.6079	9.71	71.78
		3	UTA-RA-PM2-M3	27.7119	1.0307	28.7426	27.9013	9.88	71.74
	Cruz de Mayo	1	UTA-RA-PM3-M1	30.5352	1.0556	31.5908	30.7307	9.82	71.66
		2	UTA-RA-PM3-M2	28.4923	1.0391	29.5314	28.6817	9.94	71.83
		3	UTA-RA-PM3-M3	31.6812	1.0128	32.6940	31.8707	9.87	71.42
QUERO	Puñachisac	1	UTA-RA-PQ1-M1	27.4506	1.0022	28.4528	27.639	9.85	71.35
		2	UTA-RA-PQ1-M2	34.3707	1.0072	35.3779	34.5607	9.85	71.29
		3	UTA-RA-PQ1-M3	30.3986	1.0002	31.3988	30.5833	9.78	71.75
	La Matriz	1	UTA-RA-PQ2-M1	26.9244	1.0226	27.9470	27.1099	9.91	71.95
		2	UTA-RA-PQ2-M2	28.5611	1.0200	29.5811	28.7509	9.76	71.63
		3	UTA-RA-PQ2-M3	35.9067	1.0097	36.9164	36.0927	9.85	71.73
	Rumipamba	1	UTA-RA-PQ3-M1	25.298	1.0185	26.3165	25.4905	9.78	71.32
		2	UTA-RA-PQ3-M2	34.9675	1.0278	35.9953	35.1559	9.71	71.96
		3	UTA-RA-PQ3-M3	30.5338	1.0632	31.5970	30.7319	9.70	71.67
							Promedio	71.62	

Fuente: Elaboración propia.

6.3.12. Anexo XII Resultados de la determinación del contenido de fibra de residuos agrícolas de los cultivos de papa en localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

MUESTRA	RÉPLICA	Peso muestra desengrasada (g)	Peso cápsula (g)	Peso cápsula estufa (g)	Peso muestra estufa (g) (g)	Peso cápsula mufa (g)	Peso muestra mufa (g) (g)	%Fibra
UTA-RAHG-P1	1	1,0048	41,2883	41,8215	0,5332	41,2949	0,0066	52,4084
	2	1,0423	40,9875	41,5580	0,5705	41,0312	0,0437	50,5421
	3	1,1000	41,1972	41,8256	0,6284	41,2870	0,0898	48,9636
UTA-RAHG-P2	1	1,0453	28,8864	29,4655	0,5791	28,8965	0,0101	54,4341
	2	1,0632	28,6790	29,2760	0,5970	28,7070	0,0280	53,5177
	3	1,1010	29,0433	29,6781	0,6348	29,1091	0,0658	51,6803
UTA-RAHG-P3	1	0,9712	40,8489	41,3423	0,4934	40,8564	0,0075	50,0309
	2	0,9865	41,0645	41,7532	0,6887	41,2763	0,2118	48,3426
	3	1,0423	40,6534	41,2179	0,5645	40,7320	0,0786	46,6181
UTA-RA-Q-P1	1	1,0035	40,8480	41,3934	0,5454	40,8657	0,0177	52,5859
	2	1,0134	40,7630	41,3183	0,5553	40,7910	0,0280	52,0328
	3	1,0365	41,3486	41,9267	0,5781	41,4021	0,0535	50,6126
UTA-RA-Q-P2	1	1,0058	31,8816	32,3137	0,4321	31,9098	0,0282	40,1571
	2	1,0076	31,7784	32,1078	0,3294	31,7903	0,0119	31,5105
	3	1,0103	32,5643	33,1490	0,5847	32,7451	0,1808	39,9782
UTA-RA-Q-P3	1	0,9602	29,4823	29,9636	0,4813	29,5074	0,0251	47,5109
	2	0,9743	29,5630	30,0584	0,4954	29,6022	0,0392	46,8234
	3	1,0045	30,1241	30,6497	0,5256	30,2012	0,0771	44,6491
UTA-RA-PILL-P1	1	0,9506	42,4000	42,8912	0,4912	42,4126	0,0126	50,3471
	2	0,9751	42,4067	42,9024	0,4957	42,4382	0,0315	47,6054
	3	0,9843	41,8790	42,4039	0,5249	41,9445	0,0655	46,6697
UTA-RA-PILL-P2	1	1,0070	29,5643	30,1486	0,5843	29,6518	0,0875	49,3347
	2	1,0154	29,6483	30,2410	0,5927	29,7442	0,0959	48,9265
	3	1,0082	30,0253	30,6108	0,5855	30,1140	0,0887	49,2759
UTA-RA-PILL-P3	1	0,9539	33,2629	33,6158	0,3529	33,3084	0,0455	32,2256
	2	0,9601	33,0832	33,4423	0,3591	33,1349	0,0517	32,0175
	3	0,9573	32,9860	33,3423	0,3563	33,0349	0,0489	32,1111
UTA-RA-M-P1	1	0,9804	29,4836	29,8504	0,3668	29,5184	0,0348	33,8637
	2	0,9923	29,8643	30,2430	0,3787	29,9110	0,0467	33,4576
	3	0,9827	28,7998	29,1689	0,3691	28,8369	0,0371	33,7845
UTA-RA-M-P2	1	1,0089	31,8824	32,3567	0,4743	31,8950	0,0126	45,7627
	2	1,0033	31,8707	32,3394	0,4687	31,8777	0,0070	46,0181
	3	1,0118	31,1104	31,5876	0,4772	31,1259	0,0155	45,6315
UTA-RA-M-P3	1	0,9418	33,2627	33,6725	0,4098	33,3076	0,0449	38,7450
	2	0,9566	33,3515	33,7761	0,4246	33,4112	0,0597	38,1455
	3	0,9458	33,2883	33,7021	0,4138	33,3372	0,0489	38,5811

Fuente: Elaboración propia.

6.3.13. Anexo XIII Resultados de la determinación del contenido de grasa de residuos agrícolas de los cultivos de papa en localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

MUESTRA	RÉPLICA	Peso muestra seca (g)	Peso vaso vacío (g)	Peso vaso extracción de grasa (g)	%Grasa
UTA-RAHG-P1	1	1,0985	70,9047	70,9078	0,2822
	2	1,0158	70,8732	70,8758	0,2560
	3	1,0060	70,8816	70,8839	0,2286
UTA-RAHG-P2	1	1,0887	75,0179	75,0225	0,4225
	2	1,1721	75,0543	75,0597	0,4607
	3	1,1072	75,1270	75,1318	0,4335
UTA-RAHG-P3	1	1,0366	72,3352	72,3435	0,8007
	2	1,0697	72,3076	72,3166	0,8414
	3	1,1279	72,3413	72,3508	0,8423
UTA-RA-Q-P1	1	1,0509	72,3379	72,3421	0,3997
	2	1,0019	72,3074	72,3112	0,3793
	3	1,1689	74,5476	74,5513	0,3165
UTA-RA-Q-P2	1	1,0962	75,0198	75,0223	0,2281
	2	1,1809	72,3465	72,3496	0,2625
	3	1,0045	75,1163	75,1186	0,2290
UTA-RA-Q-P3	1	1,0353	73,9531	73,9545	0,1352
	2	1,1583	74,6543	74,6554	0,0950
	3	0,9795	73,8504	73,8516	0,1225
UTA-RA-PILL-P1	1	1,0057	70,9022	70,9099	0,7656
	2	1,1796	70,8741	70,8825	0,7121
	3	1,1237	72,7645	72,7728	0,7386
UTA-RA-PILL-P2	1	1,0327	73,9532	73,9565	0,3196
	2	1,0974	73,8707	73,8742	0,3189
	3	1,0386	73,9654	73,9685	0,2985
UTA-RA-PILL-P3	1	1,0211	74,0033	74,0148	1,1262
	2	1,1825	74,1132	74,1256	1,0486
	3	1,0045	75,0978	75,1080	1,0154
UTA-RA-M-P1	1	1,0484	74,0068	74,0094	0,2480
	2	1,0976	74,0134	74,0163	0,2642
	3	1,3803	74,0175	74,0208	0,2391
UTA-RA-M-P2	1	1,0258	75,8032	75,8040	0,0780
	2	1,0839	75,7653	75,7661	0,0738
	3	1,1163	75,8043	75,8054	0,0985
UTA-RA-M-P3	1	1,0288	75,8016	75,8102	0,8359
	2	1,0809	75,7842	75,7930	0,8141
	3	0,9869	75,8430	75,8515	0,8613

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

7.1. DATOS INFORMATIVOS

Título: “EVALUACIÓN DE LA BIOMASA RESIDUAL AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS DE MAÍZ (*Zea mays*) COMO RECURSO ENERGÉTICO RENOVABLE EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

Institución ejecutora: Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencias

Agropecuarias

Beneficiarios:

Comunidad en general

Ubicación:

Territorio Ecuatoriano

7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Esta propuesta fue diseñada basando en los siguientes resultados:

- En el presente trabajo de investigación se alcanzó los objetivos planteados sobre la evaluación de la biomasa residual agrícola de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), como recurso energético renovable en la provincia de Tungurahua.
- De acuerdo a los resultados obtenidos del poder calorífico y la cantidad de biomasa se puede indicar que los residuos agrícolas del cultivo de papa poseen un potencial energético (0.54 GWh), teniendo en cuenta que el potencial energético tiene una relación lineal directamente proporcional frente a su biomasa, es decir a más cantidad de biomasa mayor es el potencial energético.

- Los residuos agrícolas del cultivo de papa poseen el valor más alto en el poder calorífico (15571.67 MJ/tn) en relación al resto de residuos agrícolas de los otros 2 cultivos (papa y maíz), pero posee un valor bajo en cuanto a la cantidad de biomasa (13.08 tn.ha/año) lo cual no favorece para el cálculo del potencial energético.

- De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis proximal los residuos agrícolas de los cultivos de papa presentan valores aceptables dentro de los rangos normales (humedad = <15%; cenizas = < 15%, contenido de volátiles = 75-85%; carbono fijo = 9-20%), en cuanto al contenido de humedad los residuos agrícolas del cultivo de papa presentan un valor de (9.85%),.

- Los residuos agrícolas estudiados según sus características energéticas son considerados como fuentes renovables, por poseer un buen potencial energético específicamente los residuos de papa, que mediante procesos de conversión como la combustión, permite la obtención de energía y de esta manera tratar de sustituir o reducir el uso de combustibles fósiles como el petróleo.

7.3.JUSTIFICACIÓN

A nivel nacional, la agricultura es uno de los sectores que más emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) aporta a la atmósfera(2011), provocando el cambio climático en las últimas décadas, siendo el mismo inequívoco y sin precedentes(2014b). Se calcula que la agricultura aporta con 160 millones de tCO₂ al año, que corresponde al 28% de las emisiones de GEI(2014a), donde una gran parte importante es generada por la quema y/o descomposición de los residuos agrícolas. Una gran cantidad de biomasa residual con posible uso energético puede ser extraída de operaciones de poda, renovación de plantaciones o restos de cosecha. La biomasa residual tanto en especies leñosas como en herbáceas es muy variable según especies, densidad de plantación o sistemas de cultivo, tamaño de los árboles (**Velázquez, et al. 2011**). Actualmente estos residuos son amontonados y abandonados o eliminados por quema en campo no consiguiendo ningún beneficio directo, más bien un coste y obstáculo para otras operaciones de cultivo.

7.4. OBJETIVOS

Desarrollar una caracterización energética de los residuos generados en los 50 cultivos más importantes del Ecuador en cuanto a residuos biomásicos generados.

7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Mediante esta investigación se van a obtener parámetros de predicción de la biomasa potencial que se puede extraer de los sistemas agrícolas andinos. Posteriormente estos parámetros pueden ser aplicados a los inventarios agrícolas o sistemas de información geográfica de forma que permita, gestionar o hacer políticas de promoción de uso de esta biomasa.

Se tendrá caracterizada la biomasa producida por los cultivos agrícolas en base a su potencial energético. Los resultados de las determinaciones de la fracción de biomasa potencial obtenida en los diferentes sistemas productivos son extrapolables a diferentes ámbitos de carácter local, regional e incluso de diferentes países de sistemas agrícolas similares, mediante su aplicación a sus inventarios.

7.6. FUNDAMENTACIÓN

En cumplimiento de la política gubernamental basada en la Constitución del Ecuador, a través del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017, Agenda Zonal y Estrategia Agropecuaria quien por expreso mandato y, concordancia con los objetivos y lineamientos; buscan *promover, la formación de talento humano*, la investigación, el intercambio de conocimientos y el *diálogo de saberes* sobre el bio-conocimiento para la generación y aplicación de nuevas tecnologías que apoyen los procesos de transformación de la matriz productiva y energética del país, así como para la remediación y restauración ecológica. Consecuente con la política nacional, es imperativo que se desarrollen estudios investigativos orientados a contribuir al mejoramiento del sistema económico, social, solidario y sostenible de la comunidad universitaria y civil del país.

Una gran cantidad de biomasa residual con posible uso energético puede ser extraída de la gestión de la agricultura ecuatoriana, especialmente en operaciones de poda, renovación de plantaciones o restos de cosecha. La biomasa residual tanto en especies leñosas como en herbáceas es muy variable según especies, densidad de plantación o sistemas de cultivo, tamaño de los árboles (**Velázquez et al. 2011**). Actualmente estos residuos son amontonados y abandonados o eliminados por quema en campo no consiguiendo ningún beneficio directo, más bien un coste y obstáculo para otras operaciones de cultivo. Este proyecto va dirigido a la utilización de esta biomasa adicional de la agricultura ecuatoriana como fuente de energía, como respuesta al cambio de la matriz energética planteada por el gobierno ecuatoriano, y conseguir ingresos adicionales para los agricultores que además de comercializar sus cosechas pueden obtener ingresos complementarios por los residuos generados en las explotaciones agrarias. Esto contribuirá a la consecución de objetivos del milenio como erradicación de la pobreza, garantizar el sustento del medio ambiente o favorecer la asociación para el desarrollo. Esta fuente de biomasa no ha sido utilizada hasta ahora, debido a que presentan diferentes dificultades técnicas en su extracción, manipulación y transporte, así como por la carencia de suficiente información sobre la cantidad y procesamiento de estos residuos.

7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

Cualquier plan de explotación energética a nivel práctico precisa una cuantificación de los distintos recursos disponibles, junto una caracterización que permita establecer la aptitud de los recursos biomásicos a los distintos procesos para la obtención de energía: combustión directa, gasificación, fermentación etc. Este proyecto pretende caracterizar materiales residuales de las 50 especies agrícolas más importantes del Ecuador. El primer paso será establecer una prospección de los cultivos con mayor relevancia en cuanto a los residuos biomásicos generados. El proyecto proporcionará una base de datos en la que para cada cultivo se señale los siguientes parámetros:

- Determinación del poder calorífico
- Análisis elemental: en C, H, N, S, O, Cl
- Análisis proximal: Contenido de volátiles, cenizas, carbono fijo, humedad inicial y su evolución mediante secado en distintas condiciones.

- Análisis estructural: Celulosa, lignina y hemicelulosa
- Análisis de fermentabilidad y termogravimétrico

7.8. ADMINISTRACIÓN

Organización General: Decanato de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Aval académico: Subdecanato de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Ente ejecutor: DIVISO (Dirección de Vinculación con la Sociedad) Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Organización Logística: Coordinación de Carrera Ingeniería Agronómica Organización

Exposición:

