

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA  
E INDUSTRIAL

CENTRO DE POSGRADOS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN QUÍMICA

---

**Tema:** “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”

---

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en  
Química, mención Química – Física

Modalidad de Titulación Proyecto de Desarrollo

**Autora:** Isabel Cristina López Villacis

**Director:** Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg.

Ambato - Ecuador

Año 2021

## APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad de Titulación/Unidad Académica de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia, Magíster e integrado por los señores: Ingeniero Edgar Luciano Valle Velástegui, Magíster y el Ingeniero Diego Manolo Salazar Garcés, Máster, designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrados de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “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”, elaborado y presentado por la Bioquímica Farmacéutica Isabel Cristina López Villacis, Magíster, para optar por el Grado Académico de Magíster en Química mención Química-Física; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

---

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.  
**Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa**

---

Ing. Edgar Luciano Valle Velástegui, Mg.  
**Miembro del Tribunal de Defensa**

---

Ing. Diego Manolo Salazar Garcés, M.Sc.  
**Miembro del Tribunal de Defensa**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “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”, le corresponde exclusivamente a: Bioquímica Farmacéutica, Isabel Cristina López Villacis, Autora bajo la Dirección del Químico Lander Vinicio Pérez Aldas, Mg, Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Bioquímica Farmacéutica, Isabel Cristina López Villacis

**AUTORA**

-----  
Químico, Lander Vinicio Pérez Aldas, Mg

**DIRECTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
BQF. Isabel Cristina López Villacis, Mg.

180344344-7

## ÍNDICE GENERAL

### Contenido

PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
AGRADECIMIENTOS.....	xv
DEDICATORIA.....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xix
CAPÍTULO I .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
CAPÍTULO II .....	4
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	4
2.1 Biomasa .....	4

2.1.1 Caracterización .....	4
2.1.2 Tipos de Biomasa residual agrícola.....	4
2.1.2.1 Biomasa de cultivos herbáceos.....	4
2.1.2.2 Biomasa de cultivos leñosos.....	5
2.1.3 Aprovechamiento energético de la biomasa de residuos agrícolas.....	5
2.1.3.1 Tecnologías de transformación bioquímica .....	8
2.1.3.2 Tecnologías de transformación termoquímica .....	8
2.1.3.3 Transformaciones químicas (transesterificación) .....	8
2.1.3.4 Ley Orgánica de Eficiencia Energética.....	9
2.1.4 Ventajas e inconvenientes de la utilización de la biomasa .....	9
2.1.4.1 Ventajas ambientales .....	9
2.1.4.2 Ventajas socioeconómicas .....	10
2.1.4.3 Inconvenientes .....	11
2.1.5 Soberanía Alimentaria .....	11
2.2 Biomasa residual del cultivo de papa .....	12
2.2.1 Cultivo de papa.....	12
2.2.2 Cosecha .....	14
2.2.3 Postcosecha .....	15
2.2.4 Comercialización .....	15
2.2.5 Uso de biomasa residual del cultivo de papa .....	16
2.3 Biomasa residual del cultivo de maíz .....	16
2.3.1 Cultivo de maíz .....	16
2.3.2 Cosecha .....	17

2.3.3 Postcosecha .....	18
2.3.4 Comercialización .....	18
2.3.5 Uso de biomasa residual del cultivo de maíz .....	18
2.4 Biomasa residual del cultivo de tomate de árbol .....	19
2.4.1 Cultivo de Tomate de árbol .....	19
2.4.2 Cosecha .....	20
2.4.3 Postcosecha .....	20
2.4.4 Comercialización .....	21
2.4.5 Uso de la biomasa del cultivo de tomate de árbol .....	22
2.5 Métodos de Evaluación de propiedades de Biomasa .....	22
2.5.1 Potencial energético .....	22
2.5.2 Análisis Proximal .....	22
2.5.2.1 Pretratamiento .....	23
2.5.2.2 Contenido de humedad .....	23
2.5.2.3 Contenido de cenizas .....	23
2.5.2.4 Contenido de volátiles .....	23
2.5.2.5 Contenido en carbono fijo .....	24
2.5.2.6 Poder calorífico .....	24
CAPÍTULO III .....	25
MARCO METODOLÓGICO .....	25
3.1 Ubicación .....	25
3.2 Equipos y materiales .....	26
3.3 Tipo de Investigación .....	28

3.3.1 Tipos de variables .....	28
3.4 Prueba de Hipótesis .....	29
3.4.1 Hipótesis alternativa .....	29
3.4.2 Hipótesis nula .....	29
3.5 Población y muestra .....	29
3.6 Recolección de Información .....	30
3.7 Metodología .....	30
3.7.1 Potencial energético .....	30
3.7.2 Pretratamiento de la muestra .....	31
3.7.3 Determinación del contenido de humedad .....	32
3.7.4 Determinación del contenido de cenizas .....	32
3.7.5 Determinación del contenido de volátiles .....	32
3.7.6 Determinación del contenido en carbono fijo .....	33
3.7.7 Determinación del poder calorífico .....	34
3.8 Procesamiento de información y análisis estadístico .....	34
3.8.1 Factores de estudio .....	34
3.8.2 Tratamientos .....	34
3.8.3 Diseño experimental y Análisis estadístico .....	35
CAPÍTULO IV .....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
4.1 Caracterización energética .....	37
4.1.1 Cantidad de biomasa agrícola .....	37
4.1.2 Poder calorífico .....	41

4.1.3 Potencial energético .....	46
4.2 Análisis proximal.....	51
4.2.1 Contenido de humedad .....	51
4.2.2 Contenido de cenizas .....	55
4.2.3 Contenido de volátiles .....	59
4.2.4 Contenido de carbono fijo .....	63
4.3 Correlación existente entre las variables estudiadas.....	67
4.4 Confirmación de hipótesis .....	68
CAPÍTULO V.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
5.1 Conclusiones .....	69
5.2 Recomendaciones .....	70
5.3 Bibliografía .....	70
5.4 Anexos .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

<b>Tabla 1.</b> Ubicación de la recolección de muestras.....	
<b>Tabla 2.</b> Equipos y materiales para la recolección de muestras.....	
<b>Tabla 3.</b> Equipos, materiales y reactivos para el tratamiento de muestras.....	
<b>Tabla 4.</b> Equipos y materiales para la determinación de humedad.....	
<b>Tabla 5.</b> Equipos y materiales para la determinación de cenizas.....	
<b>Tabla 6.</b> Equipos, materiales y reactivos para la determinación del poder calorífico.	
<b>Tabla 7.</b> Equipos y materiales para la determinación del contenido de volátiles...	
<b>Tabla 8.</b> Tratamientos de investigación.....	
<b>Tabla 9.</b> Comparación de la cantidad de biomasa (tn.ha/año) vs. cultivo por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	
<b>Tabla 10.</b> Potencial energético promedio de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza (ADEVA).....	

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Etapas del aprovechamiento de biomasa para su uso energético.....	6
<b>Figura 2.</b> Procesos tecnológicos que se utilizan para la obtención de energía a partir de la biomasa.....	7
<b>Figura 3.</b> Planta de papa con sus respectivas partes.....	13
<b>Figura 4.</b> Cultivo de papa.....	13
<b>Figura 5.</b> Flores de la planta de papa.....	13
<b>Figura 6.</b> Cosecha de papa.....	14
<b>Figura 7.</b> Planta de maíz .....	16
<b>Figura 8.</b> Mazorcas de maíz.....	16
<b>Figura 9.</b> Cultivo de tomate de árbol.....	20
<b>Figura 10.</b> Comparación de la cantidad de biomasa (tn.ha/año) vs. Cultivo....	39
<b>Figura 11.</b> 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.....	39
<b>Figura 12.</b> Comparación de la cantidad de biomasa agrícola (tn.ha/año) del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	40
<b>Figura 13.</b> Comparación de la cantidad de biomasa (tn.ha/año) del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	41
<b>Figura 14.</b> Comparación de valores promedios del poder calorífico (MJ/tn) de los residuos agrícolas por cultivos.....	42
<b>Figura 15.</b> Comparación del poder calorífico (MJ/tn) de la biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	43

<b>Figura 16.</b> Comparación del poder calorífico (MJ/tn) de cultivo de maíz por cantones de mayor producción en Tungurahua.....	44
<b>Figura 17.</b> Comparación del poder calorífico (MJ/tn) de la biomasa del cultivo de tomate de árbol por cantones de mayor producción en Tungurahua.....	44
<b>Figura 18.</b> Potencial energético de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol.....	46
<b>Figura 19.</b> Comparación del potencial energético de la biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	47
<b>Figura 20.</b> Comparación del potencial energético de la biomasa agrícola del cultivo de maíz por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	48
<b>Figura 21.</b> Comparación del potencial energético de la biomasa agrícola del cultivo de tomate de árbol por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	48
<b>Figura 22.</b> Relación entre Potencial energético (GWh) y la biomasa agrícola de los cultivos (tn.ha/año).....	49
<b>Figura 23.</b> Comparación de valores promedio del contenido de humedad de residuos agrícolas por cultivos.....	50
<b>Figura 24.</b> Comparación del contenido de humedad de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.....	51
<b>Figura 25.</b> Comparación del contenido de humedad de residuos agrícolas del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	52
<b>Figura 26.</b> Comparación del contenido de humedad de residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	53
<b>Figura 27.</b> Comparación de valores promedio del contenido de cenizas de residuos agrícolas por cultivos.....	54

<b>Figura 28.</b> Comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de papa por cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	55
<b>Figura 29.</b> Comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de maíz por cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	56
<b>Figura 30.</b> Comparación de contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol por cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	57
<b>Figura 31.</b> Comparación de valores promedio del contenido de compuestos volátiles de residuos agrícolas por cultivos.....	58
<b>Figura 32.</b> Comparación del contenido de compuestos volátiles de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	59
<b>Figura 33.</b> Comparación del contenido de compuestos volátiles de los residuos del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	60
<b>Figura 34.</b> Comparación de compuestos volátiles de los residuos del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	60
<b>Figura 35.</b> Comparación del contenido de carbono fijo de residuos agrícolas por cultivos.....	61
<b>Figura 36.</b> Comparación del contenido de carbono fijo de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	62
<b>Figura 37.</b> Comparación del contenido del carbono fijo del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	63
<b>Figura 38.</b> Comparación del contenido de carbono fijo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.....	64
<b>Figura 39.</b> Correlación de Pearson entre las variables objeto de estudio.....	65

## INDICE DE ECUACIONES

	<b>Pág.</b>
<b>Ecuación 1.</b> Biomasa residual.....	
<b>Ecuación 2.</b> Potencial energético.....	32
<b>Ecuación 3.</b> Contenido de cenizas.....	33
<b>Ecuación 4.</b> Contenido de volátiles.....	34
<b>Ecuación 5.</b> Contenido en carbono fijo.....	34
<b>Ecuación 6.</b> Contenido en carbono fijo sin considerar la humedad.....	34

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia agradezco a Dios por haberme dado la vida y hacer posible la realización de este proyecto; gracias a mis formadores, personas que nos han compartido sus conocimientos con los cuales hemos logrado el cumplimiento de nuestros objetivos.

Agradezco de corazón a mi tutor, el Químico Lander Pérez por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

Gracias a todas las personas de la Universidad Técnica de Ambato por su atención y amabilidad en todo lo referente a mi vida como alumna de maestría.

También agradezco a todas las personas que, de una manera u otra, han sido claves en mi vida profesional y que han permitido la culminación de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a Dios ya que con su bendición he logrado culminar mi maestría, a mi esposo por creer en mi capacidad y a mis hijos por ser la fuente de motivación e inspiración para poderme superar cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, siempre me motivaron constantemente para alcanzar mis metas y anhelos.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**MAESTRÍA EN QUÍMICA MENCIÓN QUÍMICA-FÍSICA**

**TEMA:**

“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”.

**AUTORA:** Isabel Cristina López Villacis

**DIRECTOR:** Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Energías renovables y desarrollo sostenible.

**FECHA:** 01-10-2021

**RESUMEN EJECUTIVO**

En la actualidad la generación de energía renovable se ha convertido en una gran herramienta de primer orden para el desarrollo sostenible de nuestra sociedad, se destaca la utilización de biomasa agrícola como un proceso respetuoso y amigable con el medio ambiente. A nivel mundial se generan una gran variedad de residuos forestales, agrícolas; esta situación abre una gran posibilidad para el aprovechamiento de estos residuos en forma de biomasa y refuerza la necesidad de evaluar, analizar cada uno de estos recursos tanto material como energéticamente. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar energéticamente la biomasa residual agrícola de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) como recurso renovable en la Provincia de Tungurahua. Como primer paso se estableció una prospección de los cultivos con mayor relevancia en cuanto a los residuos biomásicos generados. El proyecto proporcionó una base de datos en la que en cada cultivo se analizó sus características energéticas: poder calorífico, cantidad de biomasa para calcular el

potencial energético y además se realizó un análisis proximal (humedad, cenizas, compuestos volátiles y carbono fijo). El tipo de investigación que se utilizó fue la experimental, se realizó un trabajo de campo y laboratorio, donde cada prueba se realizó por triplicado. Este proyecto es considerado como una iniciativa para obtener energía limpia y de esta manera conseguir ingresos adicionales para los agricultores que además de comercializar sus productos pueden obtener ingresos complementarios por los residuos agrícolas generados en sus cosechas, especialmente de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol considerados como los cultivos de mayor producción en Tungurahua.

Palabras clave: biomasa, cultivo, energía limpia, potencial energético, residuo.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**MAESTRÍA EN QUÍMICA MENCIÓN QUÍMICA-FÍSICA**

**THEME:**

“EVALUATION OF THE AGRICULTURAL RESIDUAL BIOMASS OF THE CROPS OF POTATO (*Solanum tuberosum*), CORN (*Zea mays*) AND TREE TOMATE (*Solanum betaceum*) AS A RENEWABLE ENERGY RESOURCE IN THE PROVINCE OF TUNGURAHUA”.

**AUTHOR:** Isabel Cristina López Villacis

**DIRECTOR:** Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás, Mg.

**LÍNEA OF RESEARCH:** Renewable energies and sustainable development.

**DATE:** 01-10-2021

**EXECUTIVE ABSTRACT**

At present, the generation of renewable energy has become a great tool of the first order for the sustainable development of our society, the use of agricultural biomass stands out as a respectful and friendly process with the environment. Worldwide, a great variety of forest, agricultural residues are generated: this situation opens up a great possibility for the use of these residues in the form of biomass and reinforces the need to evaluate and analyze each of these resources both materially and energetically. The objective of this research work is to energetically evaluate the agricultural residual biomass of potato (*Solanum tuberosum*), corn (*Zea mays*), and tree tomato (*Solanum betaceum*) crops as a renewable resource in the Province of Tungurahua. As a first step, a prospection of the crops with the greatest relevance in terms of the biomass residues generated was established. The project provided a database in which its energy characteristics were analyzed for each crop: calorific value, amount of biomass to calculate the energy potential, and a proximal analysis was also carried out (humidity, ash, volatile compounds and fixed carbon). The type research used was experimental, a field and laboratory work

were carried out, where each test was out in triplicate. This project is considered as an initiative to obtain clean energy and in this way to obtain additional income for farmers who, in addition to marketing their products, can obtain additional income from the agricultural residues generated in their crops, especially from potato, corn and tomato crops of trees considered as the crops with the highest production in Tungurahua.

**Keywords:** biomass, crop, clean energy, energy potential, waste.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Introducción

La biomasa es considerada como cualquier materia de origen orgánico no fosilizado, tiene múltiples usos y utilidades para los hombres, ya que constituye la base de nuestra alimentación y es materia prima para las industrias como: la farmacéutica, cosmética, textil, maderera, papelera y ciertos elementos de construcción (Manals, Penedo y Salas, 2015).

En el Ecuador la biomasa residual procedente de la agricultura constituye un recurso potencialmente aprovechable como fuente de biocombustibles y otros subproductos. Sin embargo, no ha sido utilizado adecuadamente hasta ahora, debido a que presenta diferentes dificultades técnicas, entre estas la carencia de suficiente información sobre la cantidad y calidad para su transformación. Su gestión energética podría suponer un ingreso adicional para los agricultores, que por un lado comercializarían la cosecha alimentaria, y por otro estos residuos como fuente de energía, materia prima, o subproductos elaborados, al tiempo de rentabilizar las operaciones de mantenimiento dentro de una gestión sostenible (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018).

La explotación energética a nivel práctico precisa una cuantificación de los distintos recursos disponibles, junto a una caracterización que permita establecer la aptitud de los recursos biomásicos a los distintos procesos para la obtención de energía: combustión directa, gasificación, fermentación entre otros procesos (Arévalo, 2015). Este proyecto pretende caracterizar materiales residuales de las 3 especies agrícolas más importantes de la Provincia de Tungurahua 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; Análisis proximal: Contenido de volátiles, cenizas, carbono fijo, humedad inicial y curvas de secado.

## 1.2 Justificación

A nivel nacional, la agricultura es uno de los sectores que más emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) aporta a la atmósfera, provocando el cambio climático en las últimas décadas, siendo el mismo inequívoco y sin precedentes (IPPC, 2014). Se calcula que la agricultura aporta con 160 millones de tCO<sub>2</sub> al año, que corresponde al 28% de las emisiones de GEI (MAE, 2019), 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, Fernández, López y Salazar, 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, es una iniciativa de energía limpia y de esta manera conseguir ingresos adicionales para los agricultores que además de comercializar sus cosechas pueden obtener ingresos complementarios por los residuos generados en las explotaciones agrarias, especialmente de los cultivos de papa que en la provincia de Tungurahua tiene una producción de 13,87% de la producción nacional; del cultivo de maíz cuya producción en el 2017 fue de 5000 Tm y del cultivo de tomate de árbol con una producción del 59,62% del total nacional (INEC, 2017), de esta manera se estaría cumpliendo con la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2019). 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.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General:**

Evaluar energéticamente la biomasa residual agrícola de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) como recurso renovable en la Provincia de Tungurahua.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos:**

- ✓ Evaluar el potencial energético de los biodesechos generados de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) a partir del potencial de producción de dichos cultivos.
- ✓ Determinar el poder calorífico de los biodesechos agrícolas a través del análisis calorimétrico.
- ✓ Realizar el análisis proximal (Contenido de volátiles, Contenidos en cenizas, humedad inicial) de los biodesechos generados.

## **CAPÍTULO II**

### **ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

#### **2.1 Biomasa**

En la agricultura la biomasa es considerada desde el contexto energético como todos aquellos recursos biológicos, pueden ser de origen vegetal y animal; a partir de estos residuos se obtiene el combustible energético biofuel como fuente de energía (Blasco, Clara, 2018).

##### **2.1.1 Caracterización**

La biomasa está constituida por celulosa, hemicelulosa, azúcares simples, lignina, agua, lípidos, almidón, hidrocarburos, cenizas y otros componentes (Arévalo, 2015).

Se debe tomar en cuenta que la concentración de cada componente va a variar por diferentes factores como: especie, tipo de tejido, fase de crecimiento y además las condiciones de cultivo.

En relación al 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 (Blasco, Clara, 2018).

Además, se ha logrado identificar la presencia de pequeñas cantidades de N, S y Cl con porcentajes inferiores al 1% en peso seco (Carreño, Juan;, 2013).

##### **2.1.2 Tipos de Biomasa residual agrícola**

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.

###### **2.1.2.1 Biomasa de cultivos herbáceos**

La biomasa de este tipo de residuos no se encuentra disponible en su totalidad porque es más rentable por motivos económicos y medioambientales, como por ejemplo se utiliza para alimentar a los animales. Los residuos 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 su biomasa tiene un papel bien importante contra la erosión (Blasco, Clara, 2018).

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. Es considerada como un material lignocelulósico, además contiene: azufre, calcio, cloro, silicio y potasio (Castro y Ocampo, 2015).

#### **2.1.2.2 Biomasa de cultivos leñosos**

Estos cultivos tienen un aprovechamiento con valor en el mercado, tiene un costo para cortarlos y sacarlos, dada la necesidad de formar las parcelas de los cultivos. Proceden de las actividades como: poda o eliminación de plantaciones de olivo, vid, frutales de hueso y pepita, cítricos entre otros (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018).

#### **2.1.3 Aprovechamiento energético de la biomasa de residuos agrícolas**

A nivel mundial se está tratando de buscar alternativas que permitan solucionar 3 problemas muy importantes, el primero es de aspecto energético: la necesidad de reducir la dependencia del petróleo, el segundo problema es de aspecto medioambiental: la necesidad de reducir la producción de CO<sub>2</sub> y otros gases nocivos que provocan el efecto invernadero y el calentamiento de nuestro planeta y el tercer problema es a nivel de nuestro país: la necesidad de ser competitivo en la agricultura para biocombustible, es importante potenciar la gestión de residuos o de los biocombustibles sólidos que provengan de plantaciones energéticas (Borja, 2011).

Cabe recalcar que los biocombustibles líquidos son fácilmente transportables, pero los biocombustibles sólidos no lo son, por tal motivo su gestión de transformación se debe realizar en la zona geográfica donde se producen; con esta gestión nuestro país puede lograr potenciar la industria de transformación de biomasa de residuos agrícolas para la producción de biodiesel o bioetanol y poder ganar independencia energética (Calderón, Andrade, Lizarzaburo y Masache, 2017).

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.

Es necesario tomar 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, además permite la obtención de ingresos adicionales para los agricultores, que son producidos en las explotaciones agrarias (Borja, 2011). Para lograr el aprovechamiento de biomasa residual agrícola y el consecuente aumento de la renta agraria es necesario desarrollar la siguiente cadena de aprovechamiento (Figura 1):



Figura 1. Etapas del aprovechamiento de biomasa para su uso energético.

Fuente: (Borja, 2011).

Según (Calderón, Andrade, Lizarzaburo y Masache) mencionan que 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 biomasa residual. La biomasa de acuerdo a su origen y contenido se clasifica de la siguiente manera:

- a. Materia orgánica con alto contenido de humedad: este tipo de biomasa 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 (Calderón, Andrade, Lizarzaburo y Masache, 2017).

- b. Biomasa con alto contenido de azúcares y almidones: 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 papa y la yuca Otárola y Rivera, 2019).
- c. Biomasa con alto contenido de lignocelulosa: se puede mencionar que proviene de desechos agrícolas y madereros. La lignina, la celulosa y hemicelulosa son consideradas como carbohidratos que forman parte de la pared de las plantas (Zhiqiang, y otros, 2017).
- 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, jatrofa entre otros (Calderón, Andrade, Lizarzaburo y Masache, 2017).

Luego de identificar el tipo de biomasa para la obtención de energía se puede hacer uso de procesos tecnológicos, que se dividen en 3 grupos principales (Figura 2.):

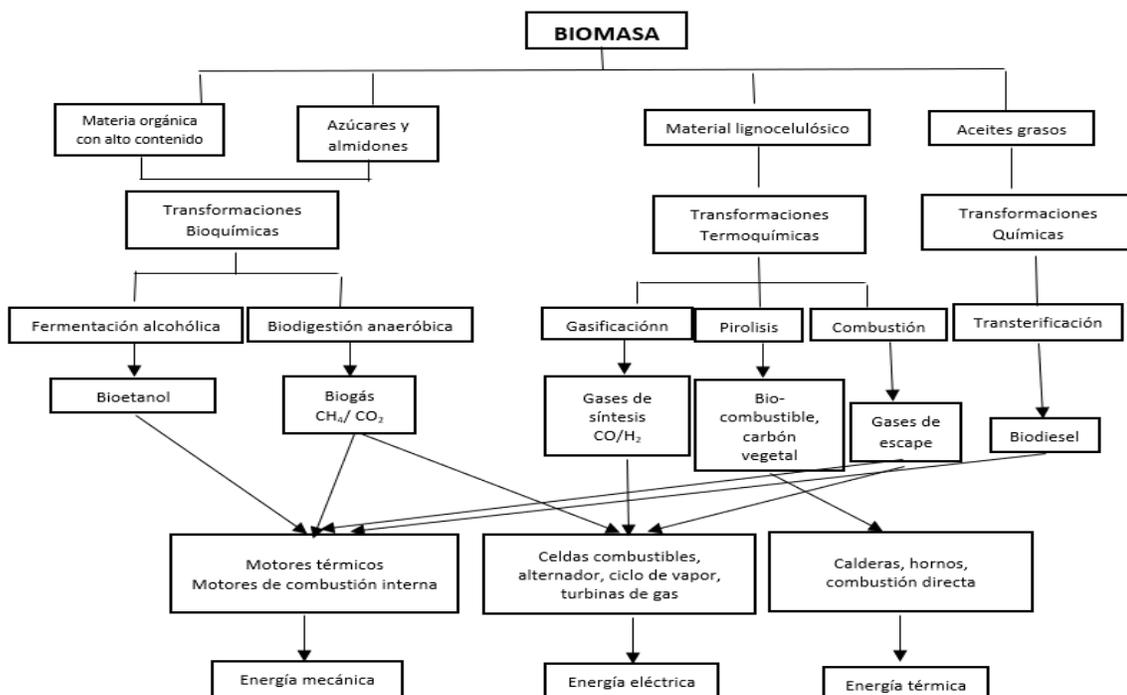


Figura 2. Procesos tecnológicos que se utilizan para la obtención de energía a partir de la biomasa.

Fuente: (Calderón, Andrade, Lizarzaburo y Masanche, 2017).

### 2.1.3.1 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, Andrade, Lizaraburo y Masache, 2017).

### 2.1.3.2 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.
- c. **Pirólisis:** es considerado como un proceso que permite la obtención de combustible denominado también como bio-combustible o bio-oil, gas y carbón vegetal, a través del calentamiento de biomasa, pero con ausencia total del oxígeno (Baray, Porras, Hooymann y Manjarrez, 2019).
- d. **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, Camargo, Soto y Bula ,2019).
- e. **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).

### **2.1.3.3 Transformaciones químicas (transesterificación)**

Es considerada como una tecnología para transformar biomasa que contiene alto contenido ácidos grasos en especial los aceites; por medio de esta tecnología se tratar de que los aceites se asemejen al diesel-oil, este combustible es utilizado para motores y que puede ser combinado también con los combustibles tradicionales (Soria, 2020).

### **2.1.4 Ventajas e inconvenientes de la utilización de la biomasa**

Es importante mencionar que la utilización de la biomasa con fines energéticos presenta grandes ventajas tanto para la instalación como para la sociedad; estas ventajas pueden ser:

#### **2.1.4.1 Ventajas ambientales**

##### **a. Favorece la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a otros combustibles fósiles**

Mediante el proceso de combustión se puede aprovechar energéticamente esta fuente renovable, de este proceso se obtiene como resultado H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>; un dato muy importante sobre la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida que causa el efecto invernadero, es la misma cantidad que ha sido captada por las plantas durante su crecimiento, de esta manera la combustión no permite un incremento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera (De Lucas, Del peso, Rodríguez y Prieto, 2018).

##### **b. No emisión de contaminantes sulfurados o nitrogenados causantes de la lluvia ácida**

En esta ventaja el uso de biocarburantes para la operación de motores de combustión interna ha permitido la reducción de emisiones generadas como hidrocarburos volátiles, SO<sub>2</sub> y CO, con este tipo de iniciativas se abre una esperanza para equilibrar el medioambiente (Puente, 2017).

##### **c. Disminución de residuos**

Para lograr la disminución de residuos se tomado en cuenta el reciclaje de biomasa que procede de actividades como:

-El empleo de un proceso de digestión anaerobia que permite tratar biomasas residuales húmedas, gracias a este proceso se logra anular las cargas contaminantes y además reduce casi en su totalidad olores molestos, gérmenes y los microorganismos patógenos del vertido.

- Otra ventaja del proceso de digestión anaerobia es que los fangos obtenidos de este proceso pueden ser utilizados como excelentes fertilizantes en la agricultura (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018).

#### **d. Evita la erosión y degradación del suelo**

Gracias a la implementación de cultivos energéticos en tierras abandonadas se ha logrado evitar la erosión y degradación del suelo, mediante la utilización de plantas perennes (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018).

### **2.1.4.2 Ventajas socioeconómicas**

#### **a. Diversificación energética**

En este punto el aprovechamiento de biomasa residual contribuye a un objetivo muy marcado por los planes de energéticos a nivel nacional; las fuentes biomásicas del sector agrícola contienen un alto potencial energético, los cuales al someterse a procesos de conversión térmica se pueden obtener diversas formas de energía (Huaytalla, 2019).

#### **b. Nuevas oportunidades para el sector agrícola**

Mediante el uso de cultivos energéticos se podría lograr la sustitución de los cultivos excedentarios en el mercado de alimentos y de esta manera mejorar la economía del país (Puente, 2017).

#### **c. Contribución a un aumento económico en el medio rural**

Por medio del aprovechamiento de biomasa de cultivos como el forestal y de cultivos energéticos se puede lograr un incremento económico en el sector rural del país (De Lucas, Del peso, Rodríguez y Prieto, 2018).

### **2.1.4.3 Inconvenientes**

Así como presenta grandes ventajas la utilización de biomasa no debemos olvidar que también puede presentar inconvenientes como:

- ✓ Posee en menor rendimiento energético que los combustibles que son derivados de los combustibles fósiles.
- ✓ Además, posee un mayor costo de producción en relación a la energía que proviene de combustibles fósiles.
- ✓ Puede presentar problemas de transporte y de almacenamiento, debido a que la biomasa presenta menor densidad energética, esto quiere decir que para obtener la misma cantidad de energía se necesita más cantidad de materia prima.
- ✓ Se necesita de un acondicionamiento o de un proceso de transformación para su utilización (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018).

### **2.1.5 Soberanía Alimentaria**

La Soberanía Alimentaria se define como: “el derecho de pueblos y naciones de obtener alimentos sanos y culturalmente apropiados producidos métodos ecológicos y sustentables, así como el derecho de definir sus propios sistemas alimentarios y agrícolas” (Waldmueller y Avalos, 2015).

Según (Henderson, 2017) en el Ecuador la inclusión de soberanía alimentaria en la Constitución viene a ser resultado de la acumulación de resistencias sociales que son constituidas por varios movimientos sociales y campesinos que promovían que van a promover la centralidad de la pequeña agricultura, pero por supuesto bajo principios de sustentabilidad y además de economía solidaria.

La Soberanía Alimentaria constituye la base de cualquier desarrollo y cabe mencionar que no existe sociedad que prospere sin una población saludable y bien alimentada (Peñaherrera, 2011).

Dentro de las experiencias locales que presentaban las organizaciones promotoras de la soberanía alimentaria tenemos:

- ✓ Revalorización de conocimientos campesinos
- ✓ Cultivos agroecológicos
- ✓ Sistemas agrícolas diversificados con el fin de fortalecer la autonomía campesina.
- ✓ Sustentabilidad ambiental
- ✓ Reducción de la dependencia insumos externos.

En el país existen proyectos que están relacionados con el uso de energías renovables en medios rurales y agrícolas, esto va desde la teoría hasta la práctica (Henderson, 2017).

## **2.2 Biomasa residual del cultivo de papa**

### **2.2.1 Cultivo de papa**

En el Ecuador la papa es considerado como un cultivo que se desarrolla a una altura comprendida entre los 2600 y 3600 m.s.n.m. En la Sierra ecuatoriana se produce este cultivo en zonas templadas a frías en un rango de temperatura comprendido entre 6 °C a 18°C y a una precipitación de 600 a 1200 mm, además es importante saber que la papa se desarrolla de mejor manera en suelos francos, bien drenados, húmiferos y que poseen una gran cantidad de materia orgánica y nutrientes (Araujo, y otros, 2021).

La papa presente la siguiente clasificación taxonómica:

Familia:	Solanacea
Género:	Solanum
Subgénero:	Potatoe
Sección:	Petota
Serie:	Tuberosa

La papa es considerada una dicotiledónea herbácea que posee hábitos 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 y pignadas,

además se ordenan en forma alterna a lo largo del tallo proporcionando un aspecto frondoso al follaje (figuras 3 y 4), esto ocurre en variedades mejoradas (Velásquez, Racines, Cruz y Araujo, 2017).



Figura 3 y 4. a) Planta de papa con sus respectivas partes. b) Cultivo de papa

Fuente: (Araujo, y otros, 2021).

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 (figura 5) (Araujo, y otros, 2021).



Figura 5. Flores de la planta de papa.

Fuente: (Araujo, y otros, 2021).

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, y otros, 2021).

### 2.2.2 Cosecha

Para proceder a la cosecha del cultivo de papa 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 (figura 6). Es importante recordar que dependiendo de la variedad el período del cultivo de papa va desde los 127 hasta los 200 días después de la siembra (Rizo, 2019).



Figura 6. Cosecha de papa.

Fuente: López, 2021.

Se recomienda no lastimar los tubérculos 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, y otros, 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**

El término postcosecha hace referencia a todas las actividades que se realizan cuando los tubérculos han llegado a su total madurez, 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 y 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**

En Ecuador en sus tres principales ciudades Quito, Cuenca y Guayaquil, la papa ocupa el primer lugar de preferencia en el grupo de lo que son los tubérculos y raíces (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, y otros, 2021).

Según (Basantes, Aragón, Albuja y Vásquez, 2020) manifiesta que 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.

### 2.2.5 Uso de biomasa residual del cultivo de papa

El cultivo de papa después de la cosecha genera biomasa agrícola, la cual 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 de la emisión de gases de efecto invernadero (Huaytalla, 2019). Además, permite generar grandes beneficios económicos que ayuden a compensar la baja en la productividad del sector agrícola (Calderón, Andrade, Lizarzaburo y Masache, 2017).

## 2.3 Biomasa residual del cultivo de maíz

### 2.3.1 Cultivo de maíz

En la actualidad el maíz en nuestro país es considerado como uno de los principales granos, se siembra a gran a escala y además sostiene parte de su economía; pertenece al género de las Zeas, con nombre científico *Zea mays*, cuya familia es la de las gramíneas, es considerado como un cereal, es una planta gramínea americana, posee tallos largos y macizos, en su parte terminal se desarrollan las espigas, además se forman sus respectivas mazorcas como se puede observar en las figuras 7 y 8 (Zambrano, y otros, 2019).



Figura 7 y 8. Planta de maíz y mazorcas de maíz.

Fuente: López, 2021.

De acuerdo a la variedad de maíz se puede cultivar entre los 2000 a 3100 msnm; por lo general la mayoría de agricultores siembran desde septiembre hasta mediados de enero; es importante tomar en cuenta que el ciclo de cultivo en el caso de variedades mejoradas

comprende hasta los 270 días, pero este periodo también va a depender mucho de cada variedad y propósito, es decir si es para choclo o grano seco (Yáñez, Mendoza, Caicedo y Heredia, 2013).

La adaptación del maíz en suelos profundos es muy buena, debido a que son ricos en materia orgánica y además cuentan con un buen drenaje. El pH óptimo para el cultivo de maíz está comprendido entre 5.5 y 7.5 (Cepeda, 2019).

En nuestro país podemos encontrar 17 razas de maíces de polinización abierta distribuidas en la Región Sierra:

- a) Zona Norte: Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi, donde se produce maíz amarillo harinoso.
- b) Zona Central: Tungurahua, Chimborazo y Bolívar donde se produce maíz blanco harinoso.
- c) Zona Sur: Azuay, Cañar y Loja donde se produce maíz de la variedad del tipo Zhima.

En la provincia de Tungurahua la distribución de las diferentes variedades del maíz va a depender de las preferencias de los agricultores y también del gusto de los consumidores, destacándose el maíz amiláceo que es consumido en gran cantidad por la población rural, esta variedad posee un excelente valor nutritivo y además contribuye a la economía de la agricultura campesina (Boada y Espinosa, 2016).

### **2.3.2 Cosecha**

Para la cosecha del maíz se toma en cuenta varios factores que van influenciar en este proceso como la temperatura, altitud, la variedad y si se va a comercializar en estado tierno o grano seco (Peñaherrera, 2011).

Si la cosecha va a ser en estado tierno o choclo se debe tomar en cuenta que el grano debe estar bien formado es decir lleno y algo lechoso, para luego recolectar sus mazorcas en sacos y posteriormente ser comercializados; en cambio si la cosecha va a realizarse en grano seco se debe tomar en cuenta que el grano tenga su madurez fisiológica es decir que en la base se distinga una capa negra (Caviedes, 2019).

Dentro de las costumbres para la cosecha del grano seco tenemos:

- ✓ Dejar la planta en pie tal como se desarrollaron.
- ✓ Se recomienda cortar la parte masculina de la planta como es la espiga de la parte superior, de esta manera la mazorca estará más expuesta al sol.
- ✓ Doblar la parte superior con el fin de que la mazorca quede con la punta hacia abajo y no pueda ingresar el agua de la lluvia al interior de la mazorca (Peñaherrera, 2011).

### **2.3.3 Postcosecha**

Una vez cosechada la mazorca de maíz se procede a secarla al sol sobre lonas o telas, se las voltea periódicamente para unificar el secado llegando a obtener una humedad del 12%. Luego se procede a clasificar las mazorcas y a eliminar las impurezas como hojas, pelos del maíz, tuzas que pueden ser transportadores de hongos e insectos (Peñaherrera, 2011).

Es recomendable que para semilla se escoja las mazorcas más grandes y que tengan las filas de los granos rectas y al desgranar se debe eliminar las filas de los extremos. Finalmente, los granos se almacenan en sacos limpios debidamente identificados con la siguiente información: nombre del cultivo, nombre de la variedad, fecha de cosecha y peso; se procede almacenar en lugares frescos y libres de gorgojo (Peñaherrera, 2011).

### **2.3.4 Comercialización**

En Ecuador la producción de maíz en un 57% es consumida en el área de la avicultura, el 25% se exporta a Colombia, el 4% para las industrias de consumo humano y el resto es utilizado para autoconsumo y semilla; nuestro país también la capacidad de exportar subproductos del maíz que son utilizados para la elaboración de snacks, arepas y polenta (SICA, 2017).

### **2.3.5 Uso de biomasa residual del cultivo de maíz**

La biomasa residual de maíz se puede utilizar para la obtención de biocombustibles, mediante procesos eficientes y ambientalmente limpios, este tipo de residuo agrícola es considerado como una gran fuente renovable; con el aprovechamiento del gran potencial

de estos residuos se logrará disminuir la incineración de estos residuos agrícolas en el campo y por ende la contaminación del medio ambiente (Lara, 2016).

## **2.4 Biomasa residual del cultivo de tomate de árbol**

### **2.4.1 Cultivo de Tomate de árbol**

El tomate de árbol con nombre científico *Solanum betaceum*, también conocido como tomate de palo, contragallinazo o tomate cimarrón, pertenece a la familia de las solanáceas. Esta planta se la considera como originaria de la vertiente oriental del Ecuador y Colombia que a través del tiempo se ha ido expandiendo por Chile, Colombia, Bolivia y Brasil (Feicán, Encalada y Becerril, 2016).

Dentro de las características de esta planta (figura 9) tenemos:

- ✓ Planta arbustiva con follaje grande, posee tallos semileñosos, hojas cordiformes (forma de corazón), flores de color rosa y lavanda, suelen florecer de manera escalonada y se agrupan en racimos terminales, como se observa en la figura 8; sus frutos poseen colores desde el amarillo hasta el rojo, con forma ovoidal con ápices puntiagudos, cada fruto presenta semillas en gran cantidad desde 120 a 150 (Fajardo, 2016).
- ✓ El tomate de árbol posee excelentes nutrientes como el betacaroteno (Provitamina A), vitamina B<sub>6</sub>, vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E y hierro (El Productor, 2017).
- ✓ Esta planta puede adaptarse a cualquier tipo de suelo y por lo general se desarrolla entre alturas que varían entre 1000 a 3000 msnm y a temperaturas que varían entre 13 a 24°C (Fajardo, 2016).



Figura 9. Cultivo de tomate de árbol.

Fuente: López, 2021

### **2.4.2 Cosecha**

La cosecha se realiza por lo general cada 15 días, este proceso se lo hace manualmente para evitar que las flores, frutos pequeños y sus hojas se caigan, es recomendable cosechar el tomate una vez que su proceso de madurez se ha completado en la planta o por lo menos el 75%, el fruto maduro debe ser cosechado con su respectivo pedúnculo para garantizar que el fruto no se deshidrate enseguida y a la vez evitar el ingreso de hongos al fruto (Feicán, Encalada y Becerril, 2016).

El número de frutos que pueden ser cosechados por cada planta va a depender de varios factores como: genética de las plantas multiplicadas por semilla, de la zona y además por la densidad de plantación, en las mejores cosechan se obtienen entre 350 a 550 frutos por planta al año, logrando rendimientos entre  $30 \text{ t}^{-1}$  a  $80 \text{ t}^{-1}$  (Feicán, Encalada y Becerril, 2016).

### **2.4.3 Postcosecha**

Para el proceso de la postcosecha se cuenta con operaciones básicas como:

- ✓ Selección: consiste en retirar aquellos frutos que no cumplen con los requisitos mínimos para la comercialización.
- ✓ Preenfriamiento: consiste en disminuir la temperatura del interior de la fruta con el fin de evitar su daño acelerado, por tal motivo es recomendable cosechar la fruta en horas de la mañana; para este proceso se puede utilizar agua o aire.
- ✓ Clasificación: consiste en organizar los frutos que tengan características similares y que cumplan con los requisitos para su posterior comercialización.
- ✓ Limpieza y desinfección: procesos mediante los cuales se eliminan residuos e impurezas del fruto, se puede hacer uso de métodos como: tamizado, cepillado, aspiración, abrasión y separación magnética.
- ✓ Secado: por lo general se aplica a los frutos que fueron sometidos a un proceso de limpieza húmedos, se recomienda utilizar canastillas para que escurra el agua.
- ✓ Empaque: debe cumplir con los requisitos adecuados para lograr la conservación del tomate: debe ser higiénico, estructural y permeable. Por lo general se utilizan canastillas plásticas o películas plásticas de baja permeabilidad (García , 2008).

#### **2.4.4 Comercialización**

Según (MAGAP, 2016) las provincias representativas en la producción de tomate de árbol en Ecuador son: Imbabura, Tungurahua y Pichincha, además según (MAG, 2018), el tomate de árbol se encuentra en el décimo puesto de cultivos interandinos con buenos rendimientos por hectárea, es decir presenta una tendencia de crecimiento en los últimos, siendo una buena noticia para los agricultores de Ecuador (Viteri, Encalada, Martínez, Revelo e Hinojosa, 2010).

Según (PROECUADOR, 2016) en Ecuador existe una producción anual de 39725 t de tomate de árbol de las cuales al menos 30500 t son aprovechadas en las agroindustrias y para la exportación, mientras que 8600 t se comercializa a nivel local y regional en estado fresco.

#### **2.4.5 Uso de la biomasa del cultivo de tomate de árbol**

La biomasa generada de la poda del cultivo de tomate de árbol en el Ecuador por lo general no recibe el tratamiento ni aprovechamiento adecuado, debido a la falta de conocimiento de los agricultores, proceden a la quema de estos residuos.

Gracias al avance tecnológico, en la actualidad se cuenta con el apoyo de procesos de transformación para el aprovechamiento de la biomasa residual agrícola, se puede obtener biocombustibles, productos ricos en nutrientes y por tanto pueden ser utilizados como biofertilizantes, de esta manera se lograría un ahorro en el consumo de energía y materia prima; esta actividad es de gran interés económico y social para el desarrollo de nuestro país (Suárez, Barrueta, Mesa, & Sánchez, 2020).

Existe la posibilidad de realizar una mezcla de residuos agrícolas e industriales de tomate de árbol para la obtención de bioetanol (Suárez, Barrueta, Mesa y Sánchez, 2020).

#### **2.5 Métodos de Evaluación de propiedades de Biomasa**

Para el análisis de las propiedades de la biomasa se puede utilizar métodos como:

##### **2.5.1 Potencial energético**

Según (Justo, Marotta, Prado, Alves y Perella, 2015), el potencial energético es considerado como la capacidad de generar energía y está en función de 2 factores muy importantes:

- El poder calorífico de la biomasa de los residuos agrícolas, en este caso del cultivo de papa, maíz y tomate de árbol.
- La cantidad de biomasa que se generan por hectárea de cada cultivo.

##### **2.5.2 Análisis Proximal**

Es considerado como un método general de análisis, permite analizar los componentes más abundantes en la biomasa residual como: humedad, cenizas y contenido de volátiles;

pero antes de realizar estos análisis se debe realizar un pretratamiento de la muestra (Vásquez y Fernández, 2020).

#### **2.5.2.1 Pretratamiento**

Antes de proceder a realizar el análisis proximal es recomendable realizar un pretratamiento a las muestras para eliminar toda clase de impurezas y obtener partículas más finas para su posterior análisis (Blasco, Clara, 2018).

#### **2.5.2.2 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).

Para determinar el contenido de humedad se utilizó la balanza con el principio termogravimétrico. Anexo V.

#### **2.5.2.3 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, Carrillo, Corral, Prieto y Hernández, 2016).

#### **2.5.2.4 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, Carrillo, Prieto, Corral y Hernández, 2016).

#### **2.5.2.5 Contenido en carbono fijo**

Se denomina carbono fijo a la materia combustible que contiene la biomasa, se lo expresa en tanto por ciento en peso, en otras palabras, el carbono fijo es la parte no volátil que se ha quedado en el crisol después de que se ha determinado el contenido de material volátil (Al-Kassir, 2013).

#### **2.5.2.6 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 (Blasco, Clara, 2018).

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Ubicación

La recolección de las muestras de biomasa residual de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en la Provincia de Tungurahua en los siguientes cantones como se observa en la tabla 1:

Tabla 1. Ubicación de la recolección de muestras.

<b>Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)</b>		<b>Maíz (<i>Zea mays</i>)</b>		<b>Tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i></b>	
CANTÓN AMBATO	Pilahuin- Mulanleo	CANTÓN PATATE	Los Andes	CANTÓN PATATE	Los Andes
Altitud: 2580 m.s.n.m.	Totoras	Altitud: 2700 m.s.n.m.	Sucre	Altitud: 2700 m.s.n.m.	Sucre
Coordenadas: 1°14'56.69" S 78°37'0.3" W	Juan Benigno Vela	Coordenadas: 1°19'0" S 78°30'0" W	Las Playas del Obraje	Coordenadas: 1°19'0" S 78°30'0" W	Las Playas de Obraje
CANTÓN PÍLLARO	San Andrés	CANTÓN PELILEO	García Moreno	CANTÓN PELILEO	García Moreno
Altitud: 2787 m.s.n.m.	San José de Poaló	Altitud: 2600 m.s.n.m.	Pelileo Grande	Altitud: 2600 m.s.n.m.	Pelileo Grande
Coordenadas: 1°10'26" S 78°32'48" W	San Miguelito	Coordenadas: 1°19'47.6" S 78°32.605' W	Pamatug	Coordenadas: 1°19'47.6" S 78°32.605' W	Sector Mayorista Pamatug
CANTÓN QUERO	Puñachisac	CANTÓN PÍLLARO	Santa Rita	CANTÓN PÍLLARO	Santa Rita
Altitud: 3038 m.s.n.m.	La Matriz	Altitud: 2803 m.s.n.m.	San José de Poaló	Altitud: 2803 m.s.n.m.	San José de Poaló
Coordenadas: 1°22'52.39" S 78°36'29.23" W	Rumipamba	Coordenadas: 1°10'26.9" S 78°32.806' W	Baquerizo Moreno	Coordenadas: 1°10'26.9" S 78°32.806' W	Baquerizo Moreno
CANTÓN MOCHA	La Dolorosa	CANTÓN BAÑOS	La Pampa	CANTÓN BAÑOS	Juive Chico
Altitud: 5020 m.s.n.m.	Yanayacu	Altitud: 1820 m.s.n.m.	Juive Chico	Altitud: 1820 m.s.n.m.	Chamana
Coordenadas: 1°23'13" S 78°45'00" W	Cruz de Mayo	Coordenadas: 1°23'49.2" S 78°25.373' W	Chamana	Coordenadas: 1°23'13" S 78°45'00" W	La Pampa

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis de todas las muestras se realizaron en los Laboratorios de la UODIDE-ICIA de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

### 3.2 Equipos y materiales

#### ✓ Recolección de muestras

Tabla 2. Equipos y materiales para la recolección de muestras

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>
Balanza portátil	Fundas plásticas de basura
GPS	Esferos
Cámara	Etiquetas
	Cinta de embalaje transparente
	Tijeras
	Hojas de campo
	Guantes
	Mascarilla

Fuente: Elaboración propia.

#### ✓ Pretratamiento de muestras

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

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Molino de martillo	Bandejas de aluminio	Agua destilada
Molino de piedra	Fundas ziploc	
Estufa	tijeras	
Cámara	guantes	
	masking	

Fuente: Elaboración propia.

### ✓ **Determinación de Humedad**

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

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>
Balanza para determinación de humedad	Espátula
Cámara	Papel toalla

Fuente: Elaboración propia

### ✓ **Determinación de Cenizas**

Tabla 5. Equipos y materiales para la determinación de Cenizas

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>
Mufla	Espátula
Balanza analítica	Crisoles
Cámara	Pinza de crisol

Fuente: Elaboración propia.

### ✓ **Determinación del poder calorífico**

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

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Calorímetro	Probeta de 10 ml	Butanol
Balanza analítica	Vasos de precipitación de 50, 100 ml	Agua destilada
Cámara	Pinza de crisol	
	Tijeras	
	Tanque de oxígeno	
	Tanque de nitrógeno	
	destornillador	
	playo	

Fuente: Elaboración propia.

### ✓ **Determinación de contenido de volátiles**

Tabla 7. Equipos y materiales para la determinación del contenido de volátiles

<b>Equipo</b>	<b>Materiales</b>
Mufla	Espátula
Cámara	Balanza analítica
	Crisoles
	Pinza para crisol

Fuente: Elaboración propia.

### **3.3 Tipo de Investigación**

El presente trabajo de titulación utilizó una investigación de tipo experimental, donde se logró obtener datos a través de la experimentación, es decir se realizó una investigación de campo y de laboratorio. Mediante la investigación de campo se tomó las respectivas muestras y también se obtuvo la respectiva información para la evaluación del potencial energético de cada residuo agrícola; mediante la investigación de laboratorio se realizó la determinación del poder calorífico, de contenido de humedad, de cenizas, contenido de volátiles y carbono fijo de la biomasa residual de los cultivos de maíz, de papa y de tomate de árbol.

El objetivo es evaluar el potencial energético de los residuos agrícolas generados de los tres cultivos de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, para aprovecharlos como recurso renovable.

#### **3.3.1 Tipos de variables**

- **Variable independiente**

Biomasa residual agrícola

- **Variable dependiente o variable respuesta**

Potencial energético

### **3.4 Prueba de Hipótesis**

#### **3.4.1 Hipótesis alternativa**

La biomasa residual de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol posee potencial energético.

#### **3.4.2 Hipótesis nula**

La biomasa residual de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol no posee un potencial energético.

### **3.5 Población y muestra**

La población que se consideró para la investigación fueron la biomasa residual de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol de los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua, se basó en la información otorgada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Tungurahua sobre los cantones de mayor producción de maíz y de tomate de árbol como se muestra en el anexo I y la información otorgada por CONPAPA sobre los mayores productores de papa en la provincia de Tungurahua como se muestra en el anexo II. De cada cantón se muestreó en 3 sectores.

Para la recolección de muestras se realizó siguiendo los lineamientos de la norma UNE-EN 14778 como se aprecia en el anexo III. Las muestras se tomaron al azar in situ en las localizaciones antes mencionadas.

- En primer lugar, en algunos casos se contó con la oportunidad de encontrarse con el propietario del cultivo, se dirigió al mismo y se solicitó permiso para recolectar las muestras.

- Las muestras se tomó de 10 plantas por cada 1000 plantas en el monocultivo por parcela y se colocó en una funda de basura de color negro, respectivamente rotuladas, para posteriormente ser transportadas al laboratorio y realizar sus correspondientes análisis por separado.

- Se procede a pesar la muestra de cada planta en una balanza digital portátil y luego se registró el peso para luego calcular la cantidad de biomasa.
- No es recomendable tomar muestras que presenten deterioro microbiológico o daño causado por insectos.

### **3.6 Recolección de Información**

Para esta actividad se utilizó fichas de observación y una encuesta para la recolección de datos en las etapas de la investigación, desde la toma de muestras donde se registraron datos como el nombre del cantón, provincia, tipo de residuo, número total de plantas por hectárea entre otros datos necesarios para el desarrollo de la evaluación del potencial energético de los biodesechos generados de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol, así como también para la determinación del poder calorífico y el análisis proximal (determinación de la humedad, cenizas, contenido de volátiles y carbono fijo) como se observa en el anexo IV.

### **3.7 Metodología**

Para la determinación de estos parámetros se utilizó la siguiente metodología experimental:

#### **3.7.1 Potencial energético**

Para calcular el potencial energético primero se determinó la cantidad de biomasa generada de cada cultivo según el área de terreno cultivado y el poder calorífico de esa biomasa residual (papa, maíz y tomate de árbol).

Para obtener la biomasa se debe tomar en cuenta la superficie del terreno cultivado, el número de plantas que caben en esa área. Según (Rizo, 2019) el número de plantas de papa por hectárea es de 40000, para el cultivo de maíz es de 75000 (Zambrano, y otros, 2019), para el cultivo de tomate de árbol es de 2500 (Feicán, Encalada y Becerril, 2016); y por último se necesita los pesos de las plantas una vez cosechadas en el caso del cultivo de papa y de maíz, para el caso del cultivo de tomate de árbol se tomó en cuenta el peso de los residuos obtenidos del proceso de poda de cada planta.

Según (Justo, Marotta, Alves y Perella, 2015) la ecuación para calcular la cantidad de biomasa es:

$$\text{Biomasa residual} = \text{peso promedio de residuo agrícola (planta) postcosecha (kg)} * \# \text{ de plantas. ha} \quad \text{Ecuación 1}$$

Se debe tomar cuenta que para el cultivo de papa y de maíz se puede cultivar 2 veces al año, esto dependiendo del tipo de variedad, 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. Según (Serrato y Cepeda, 2016) la ecuación para determinar el potencial energético es:

$$PE = BR * PC \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

PE = Potencial Energético

BR = Biomasa residual

PC = Poder calorífico

### **3.7.2 Pretratamiento de la muestra**

En primer lugar, se procede a lavar las muestras con agua para eliminar los residuos de impurezas, luego se realizan trozos de 2 a 5 cm de largo y posteriormente se colocan en bandejas de aluminio y procede a secar en la estufa METTLER TOLEDO, modelo HX204 a 105 °C por 24 horas.

Luego se procede a moler las muestras de biomasa de los cultivos de maíz y de papa en un molino de martillo DICONSMAN, modelo MG1511, las muestras de tomate por ser más duras se proceden a moler en el molino de piedra PROINGAL como se pude observar en el anexo V.

Finalmente colocar las muestras molidas en fundas ziploc correctamente codificadas, para su posterior análisis.

### 3.7.3 Determinación del contenido de humedad

Se procede a programar la balanza METTLER TOLEDO HX 204 de acuerdo al tipo de muestra, las muestras para esta investigación son tipo harina. Luego se procede a pesar 3 g de muestra. Se registra el peso. La muestra se calienta a 105 °C y luego de unos 5min aproximadamente se registra la pérdida de peso debido a la evaporación de la humedad, ver Anexo V.

### 3.7.4 Determinación del contenido de cenizas

La determinación del contenido de cenizas se basó en la Norma UNE-EN ISO 18122:2015. Anexo VI.

Se procede a tarar los crisoles en la mufla marca BIOFASE modelo UDIAN a 550 °C por 60 min. Luego se saca de la mufla y se les deja enfriar en un desecador a temperatura ambiente. Una vez enfriado el crisol se codifica, se pesa el crisol vacío y se anota el peso. Luego se pesa un gramo de muestra y se mezcla. 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. Ver Anexo V. Finalmente se pesa y se calcula el porcentaje de cenizas mediante la ecuación 3:

$$\%C = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad \text{Ecuación 3.}$$

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.

### 3.7.5 Determinación del contenido de volátiles

La determinación del contenido de volátiles se basó en la norma española UNE-EN ISO 18123:2015, ver ANEXO VII.

Previo al ensayo se tara el crisol en la mufla marca BIOFASE modelo UDIAN, a 900 °C, se deja enfriar y luego se saca a un desecador que enfríe a temperatura ambiente. Luego se procede a codificar el crisol y a pesar el crisol. Se registra el peso del crisol vacío. Luego se pesa un gramo de muestra. Se registra el peso. Se coloca los crisoles con la muestra en la mufla marca BIOFASE modelo UDIAN a 900 °C durante 7 min. Ver anexo V. Se deja enfriar y luego se saca a un desecador para que enfríe a temperatura ambiente. Finalmente se pesa y se registra el peso para proceder a realizar el cálculo mediante la ecuación 4:

$$\%V = \left[ \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \right] - h \quad \text{Ecuación 4.}$$

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

### 3.7.6 Determinación del contenido en carbono fijo.

Para determinar el contenido en carbono se utiliza la ecuación 5:

$$C. \text{ Fijo} = [100 - (H_m + C_m + V_m)] \quad \text{Ecuación 5.}$$

Para obtener el contenido en carbono fijo mediante la suma del porcentaje de humedad, cenizas y de contenido de volátiles y después restar de 100.

Dependiendo de los estudios se puede o no considerar el contenido de humedad, en este estudio el contenido de humedad ya se utilizó para el cálculo del contenido de volátiles, por lo tanto, la ecuación utilizada es:

$$C. \text{ Fijo} = [100 - (C_m + V_m)] \quad \text{Ecuación 6.}$$

### **3.7.7 Determinación del poder calorífico**

Para la determinación del poder calorífico se utilizó el calorímetro marca Parr 6400.

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.

## **3.8 Procesamiento de información y análisis estadístico**

### **3.8.1 Factores de Estudio**

Para esta investigación se utilizaron los siguientes factores de estudio:

- Cultivos:

P= Papa

M= Maíz

T= Tomate de árbol

- Cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua:

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

Para el cultivo de maíz: Píllaro, Patate, Pelileo y Baños.

Para el cultivo de Tomate de árbol: Píllaro, Patate, Pelileo y Baños.

### **3.8.2 Tratamientos**

Los tratamientos utilizados resultaron de la combinación de los factores de estudio y se los resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 8. 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
5	MPi	Cultivo de maíz Cantón Píllaro
6	MPa	Cultivo de maíz Cantón Patate
7	MPe	Cultivo de maíz Cantón Pelileo
8	MB	Cultivo de maíz Cantón Baños
9	TPi	Cultivo de Tomate de árbol Cantón Píllaro
10	TPa	Cultivo de tomate de árbol Cantón Patate
11	TPe	Cultivo de tomate de árbol Cantón Pelileo
12	TB	Cultivo de tomate de árbol Cantón Baños

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.3 Diseño experimental y Análisis estadístico

El propósito de este estudio es determinar la cantidad y calidad de biomasa de tres cultivos: papa, maíz y tomate de árbol, en cuatro cantones de mayor producción donde se muestrearon en tres localidades diferentes dentro de la provincia de Tungurahua. Los resultados fueron analizados mediante el programa estadístico INFOSTAT Versión 2020 I.

El diseño que se utilizó en la presente investigación fue Completamente al Azar con análisis de factores jerárquicos o anidados, esto permite estudiar el efecto individual, las interacciones entre cultivos y localidades investigadas. Se utilizó la prueba de comparación de Tukey, con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  y se realizó el análisis de

varianza ADEVA, en donde se evaluó la influencia que tiene cada factor sobre las variables respuesta (Gutiérrez, De la Vara Salazar y Cano Carrasco, 2008).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran y se explican los resultados obtenidos en la experimentación de esta investigación con su respectiva discusión.

#### 4.1 Caracterización energética

##### 4.1.1 Cantidad de Biomasa agrícola

Para analizar el potencial energético de la biomasa de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol en la provincia de Tungurahua, fue necesario identificar la cantidad de biomasa producida anualmente (tabla 9 y anexo VIII) y el poder calorífico de esa biomasa residual (figura 18).

Tabla 9. Comparación de la cantidad de biomasa (tn.ha/año) vs. cultivo por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Cantón	Cantidad de biomasa residual tn.ha/año	Cantidad promedio de biomasa (tn.ha/año) por cultivo
Maíz	Patate	2.61	4.89
	Píllaro	4.93	
	Baños	4.94	
	Pelileo	7.11	
Papa	Píllaro	3.17	6.54
	Ambato	5.41	
	Mocha	6.88	
	Quero	10.71	
Tomate de árbol	Patate	86.78	128.83
	Píllaro	121.9	
	Baños	153.26	
	Pelileo	153.38	

Fuente: Elaboración propia.

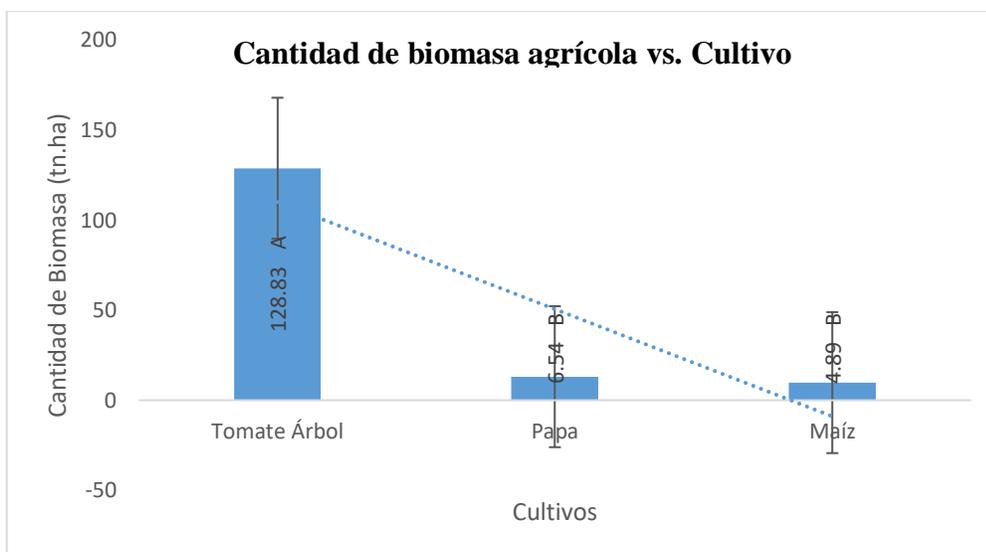


Figura 10. Comparación de la cantidad de biomasa (tn.ha/año) vs. Cultivo.

En la figura 10 se puede apreciar la comparación entre la cantidad de biomasa agrícola por cultivos, ubicándose en el primer rango de significación el cultivo de tomate de árbol con un promedio de 13.08 tn.ha/año; mientras que los cultivos de papa y maíz se encuentran en rangos inferiores con promedios de 6.54 tn.ha/año y 4.89 tn.ha/año respectivamente.

La planta de tomate de árbol es considerada como una planta arbustiva que posee tallos semileñosos y un gran follaje llegando a alcanzar una altura comprendida entre 2 y 3 metros (Fonseca, 2015); por lo tanto en comparación con las plantas de los cultivos de maíz y de papa, la planta de tomate de árbol es mucho más grande y favorece a obtener mayor cantidad de biomasa.

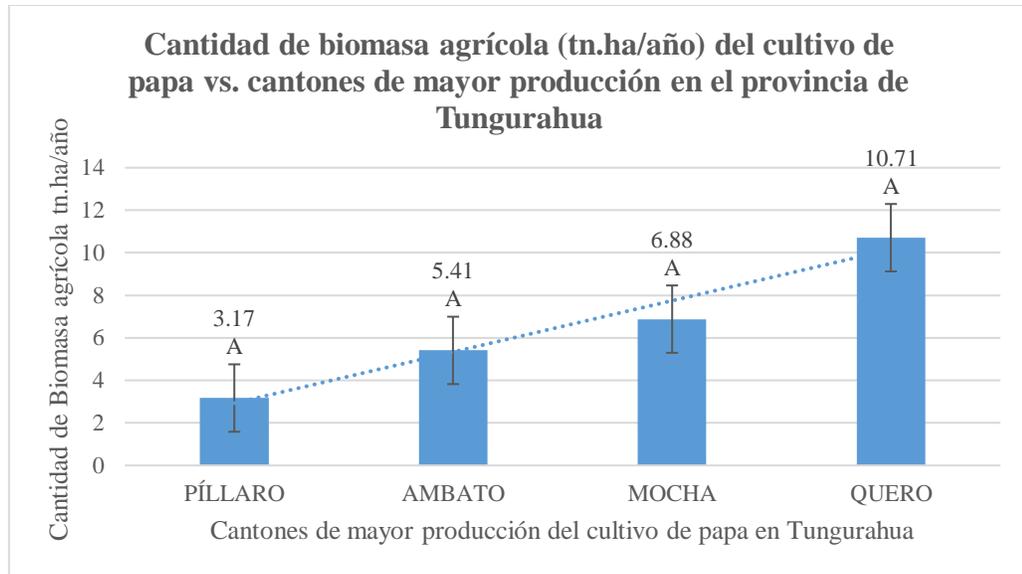


Figura 11. Comparación de la cantidad de biomasa agrícola (tn.ha/año) del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 11 se puede observar la comparación de biomasa agrícola del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que hubo más cantidad de biomasa agrícola en el cantón Quero con un promedio de 10.71 tn.ha/año, seguido de la biomasa agrícola del cantón Mocha con 6.88 tn.ha/año, luego la biomasa agrícola del cantón Ambato con 5.41 tn.ha/año y finalmente la biomasa agrícola del cantón Píllaro con 3.17 tn.ha/año.

Según el (MAGAP, 2016) el cantón Quero presenta mayor producción del cultivo de papa con 1300 hectáreas; las plantas del cultivo presentan mejores características en comparación a las plantas que se producen en otros cantones de la provincia de Tungurahua, en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas del cantón Quero se encuentran en mayor cantidad a nivel de la provincia de Tungurahua.

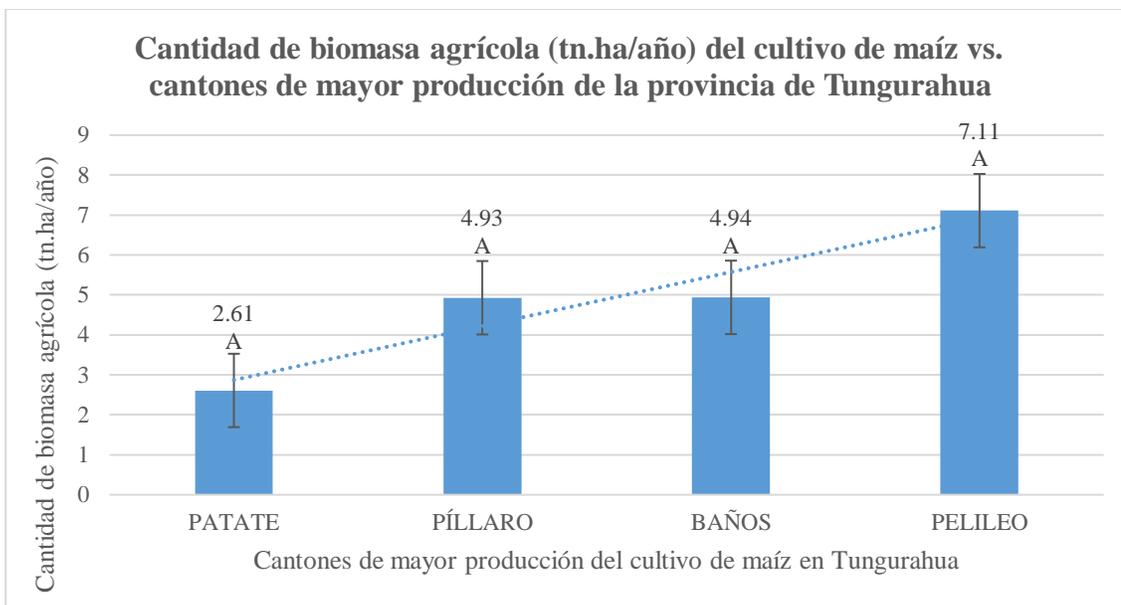


Figura 12. Comparación de la cantidad de biomasa agrícola (tn.ha/año) del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 12 se puede observar la comparación de la cantidad de biomasa agrícola del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que hubo más cantidad de biomasa agrícola en el cantón Pelileo con un promedio de 7.11 tn.ha/año, seguido de la biomasa agrícola del cantón Baños con 4.94 tn.ha/año, luego la biomasa agrícola del cantón Píllaro con un promedio de 4.93 tn.ha/año y finalmente la biomasa agrícola del cantón Patate con 2.61 tn.ha/año.

Según el (MAGAP, UZI Tungurahua, 2019) el cantón Pelileo presenta mayor producción mayor producción del cultivo de maíz, además las plantas presentan mejores características en comparación a las que se producen en los otros cantones de la provincia de Tungurahua, en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas del cantón Pelileo se encuentran en mayor cantidad.

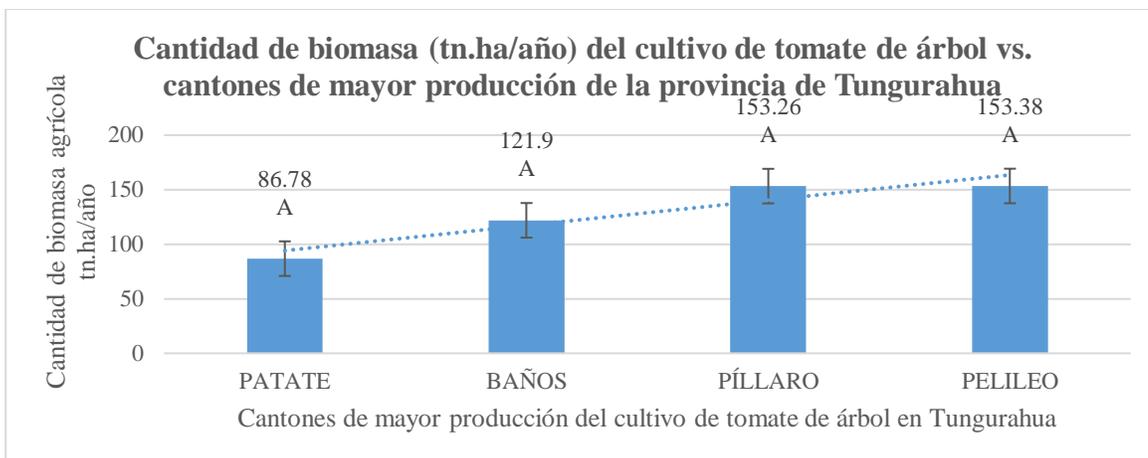


Figura 13. Comparación de la cantidad de biomasa agrícola (tn.ha/año) del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 13 se puede observar la comparación de la cantidad de biomasa agrícola (tn.ha/año) del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que hubo más cantidad de biomasa agrícola en el cantón Pelileo con un promedio de 153.38 tn.ha/año, seguido de la biomasa agrícola del cantón Píllaro con 153.36 tn.ha/año, luego la biomasa agrícola del cantón el cantón Baños con 121.9 tn.ha/año y finalmente la biomasa agrícola del cantón Patate con 86.78 tn.ha/año.

Según el (MAGAP, UZI Tungurahua, 2019) el cantón Pelileo presenta la mayor producción del cultivo de tomate de árbol, las características climáticas de este cantón son las esenciales para el desarrollo de este cultivo. Por tal motivo, con estas grandes ventajas se logran obtener plantas robustas y por ende cantidades considerables de biomasa agrícola producto de las actividades de poda con características aceptables; esto marca una gran diferencia con el resto de cantones en cuanto a la producción de biomasa agrícola del cultivo de tomate de árbol.

#### 4.1.2 Poder calorífico

Con la ayuda del calorímetro Parr 6400 se determinó el poder calorífico bruto de la biomasa de los residuos agrícolas de los tres cultivos (papa, maíz y tomate de árbol) ver

Anexo IX. En la figura 13 se resume el valor promedio del poder calorífico de los residuos agrícolas por cultivos.

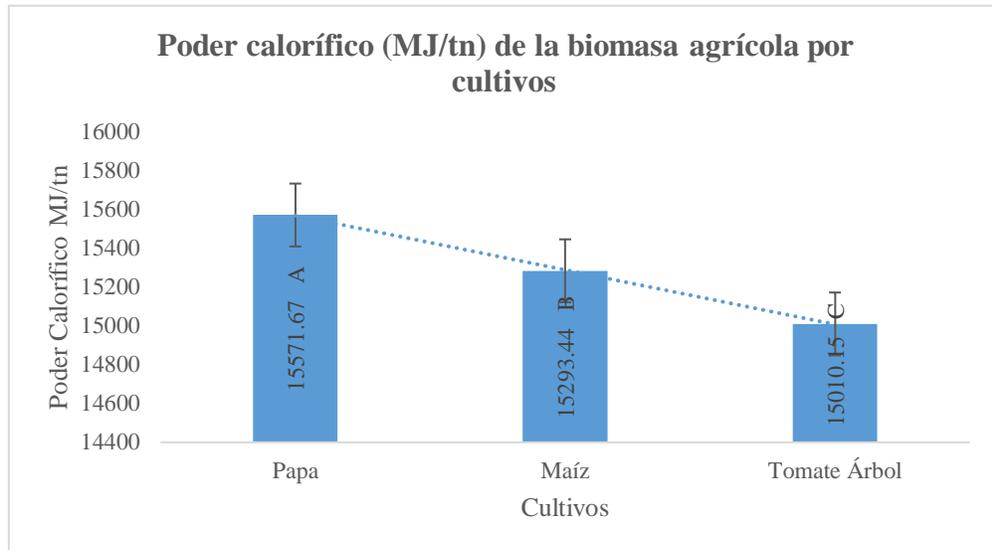


Figura 14. Comparación de valores promedios del poder calorífico (MJ/tn) de los residuos agrícolas por cultivos.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 14 se puede apreciar que existen diferencias estadísticas en el poder calorífico de los residuos agrícolas por cultivo, encontrándose en el primer rango de significación el cultivo de papa con un promedio de 15571.67 MJ/tn, mientras que los residuos agrícolas del cultivo de maíz y tomate de árbol se encuentran en rangos inferiores con promedios de 15293.44 MJ/tn y 15010.15 MJ/tn respectivamente.

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) (Al-Kassir, 2013); donde el poder calorífico superior o poder calorífico bruto 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.

Estudios realizados en España sobre la determinación de poder calorífico de residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol (15070.27 MJ/tn, 17692.11 MJ/tn y 14154.14 MJ/tn respectivamente) presentaron resultados casi similares a los obtenidos en esta 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, Pizarro, Lavín y Bueno, 2012).

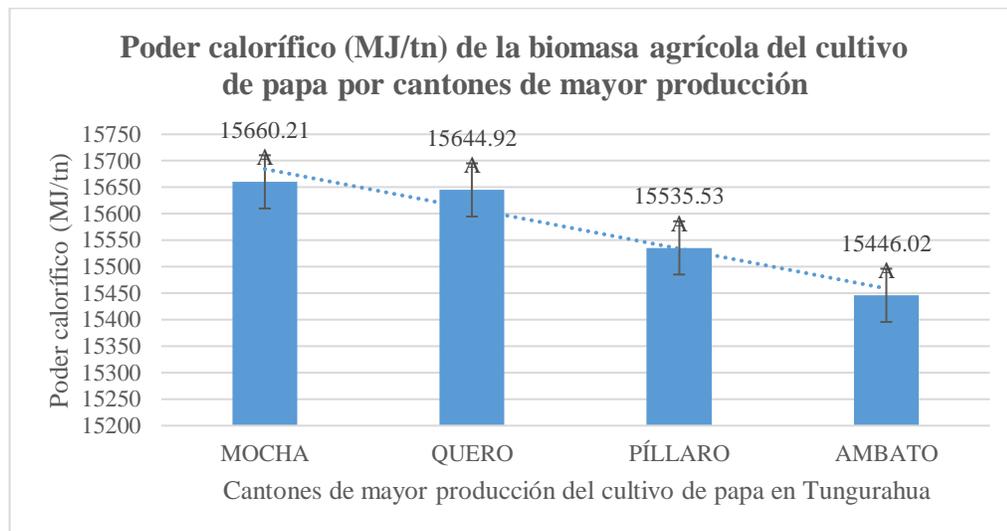


Figura 15. Comparación del poder calorífico (MJ/tn) de la biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 15 se puede apreciar la comparación del poder calorífico de los residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que la biomasa agrícola del cantón Mocha posee mayor poder calorífico con un promedio de 15660.21 MJ/tn, seguido de los residuos agrícolas del cantón Quero con 15644.92 MJ/tn, luego los residuos agrícolas del cantón Píllaro con un promedio de 15535.53 MJ/tn y finalmente los residuos agrícolas del cantón Ambato con un promedio de 15446.02 MJ/tn.

De acuerdo a (Blasco, Clara, 2018) el porcentaje de humedad de la biomasa agrícola va a tener influencia en el valor de su poder calorífico, es decir, mientras menor sea el

porcentaje de humedad mayor es el valor del poder calorífico; en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas del cultivo de papa de los cantones de Mocha, Quero y Píllaro presentan bajos porcentajes de humedad (9.80%, 9.83%, 9.83%) por lo tanto presentan mayor valor en el poder calorífico.

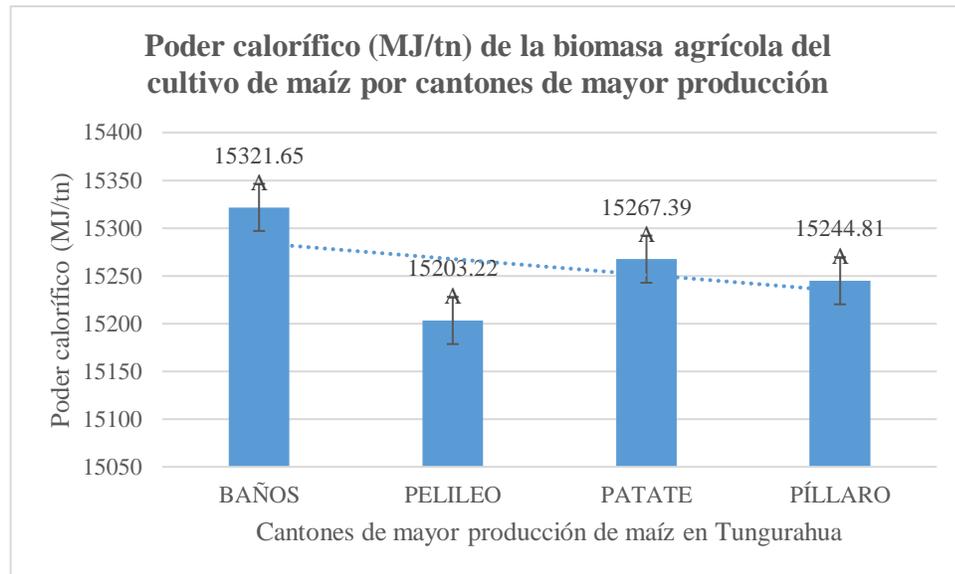


Figura 16. Comparación del poder calorífico (MJ/tn) del cultivo de maíz por cantones de mayor producción en Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16 se puede observar la comparación del poder calorífico de los residuos agrícolas del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que la biomasa agrícola del cantón Baños posee mayor poder calorífico con un promedio de 15321.65 MJ/tn, seguido de los residuos agrícolas del cantón Patate con un promedio de 15267.39 MJ/tn, luego los residuos agrícolas del cantón Píllaro con 15244.81 MJ/tn y finalmente los residuos agrícolas del cantón Pelileo con 15203.22 MJ/tn.

Según (García, Pizarro, Lavín y Bueno, 2012) el valor del poder calorífico de la biomasa residual va a depender del porcentaje de humedad que presente la biomasa residual; en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas de los cantones

Patate y Baños poseen un poder calorífico mayor por poseer menor porcentaje de humedad (12.01% y 12.36% respectivamente ver figura 25).

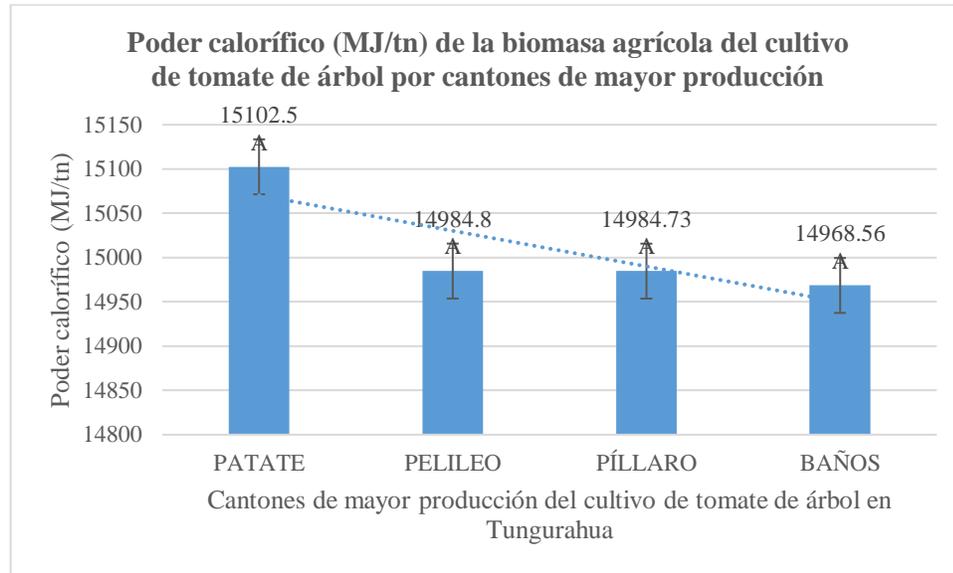


Figura 17. Comparación del poder calorífico (MJ/tn) de la biomasa agrícola del cultivo de tomate de árbol por cantones de mayor producción en Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17 se puede observar la comparación del poder calorífico de los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que la biomasa agrícola del cantón Patate posee mayor poder calorífico con un promedio de 15102.50 MJ/tn, seguido de los residuos agrícolas del cantón Pelileo con un promedio de 14984.80 MJ/tn, luego los residuos agrícolas del cantón Píllaro con 14984.73 MJ/tn y finalmente los residuos agrícolas del cantón Baños con 14968.56 MJ/tn.

De acuerdo a estudios realizados por (García, Pizarro, Lavín y Bueno, 2012) el valor del poder calorífico de la biomasa residual va a depender del porcentaje de humedad que presenta la biomasa residual; en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas de los cantones Patate, Pelileo y Píllaro poseen mayor poder calorífico debido a que poseen menor porcentaje de humedad (10.72%, 10.56% y 10.46%).

### 4.1.3 Potencial energético

Para el cálculo del potencial energético se reemplazó los datos de la tabla 1 y figura 13 en la ecuación 6:

$$PE = BR * PC$$

*Ecuación 6.*

Los resultados obtenidos del potencial energético de los residuos agrícolas de los tres cultivos (tabla 10):

Tabla 10. Potencial energético promedio de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Cultivo	Potencial energético (MJ/tn)	Potencial energético (GWh)
Papa	203677.44	0.06
Maíz	149722.78	0.04
Tomate de árbol	1933757.63	0.54

Fuente: Elaboración propia.

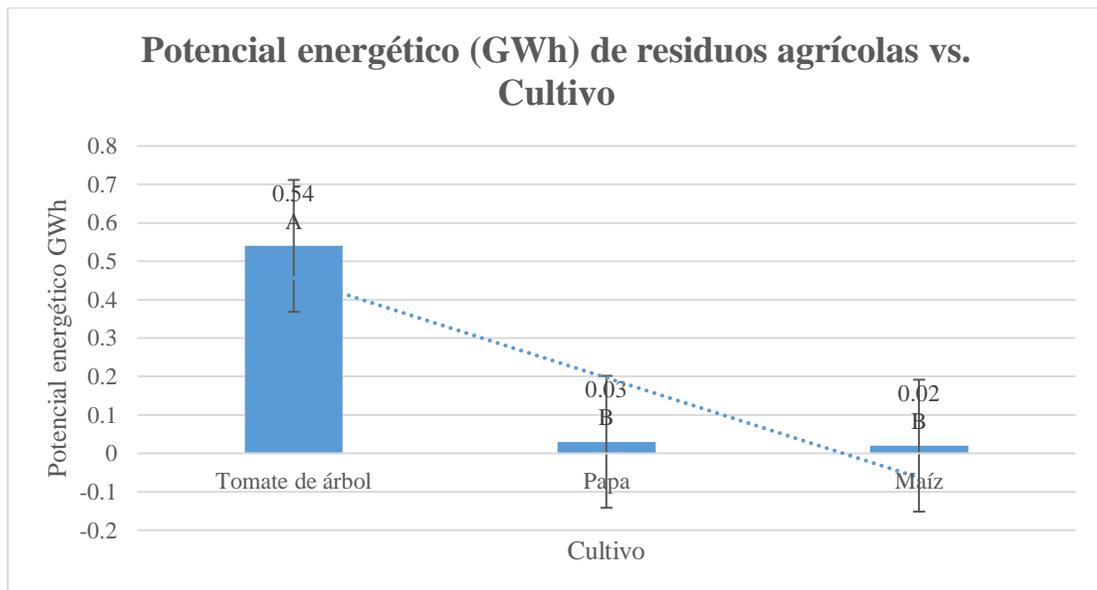


Figura 18. Potencial energético de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18 se puede apreciar que existen diferencias estadísticas en el potencial energético (GWh) de los residuos agrícolas por cultivo, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol con un promedio de 0.54 GWh mientras que los residuos agrícolas del cultivo de papa y de maíz se encuentran en rangos inferiores con promedios de 0.03 GWh y 0.02 GWh respectivamente.

El potencial energético de los residuos agrícolas tiene una relación lineal directamente proporcional frente a la cantidad de biomasa, es decir dependiendo del tipo de cultivo a más cantidad de biomasa mayor es el potencial energético (Serrano, Mejía, Sánchez y Salamea, 2017), en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol presentan mayor cantidad de biomasa por ende posee mayor potencial energético.

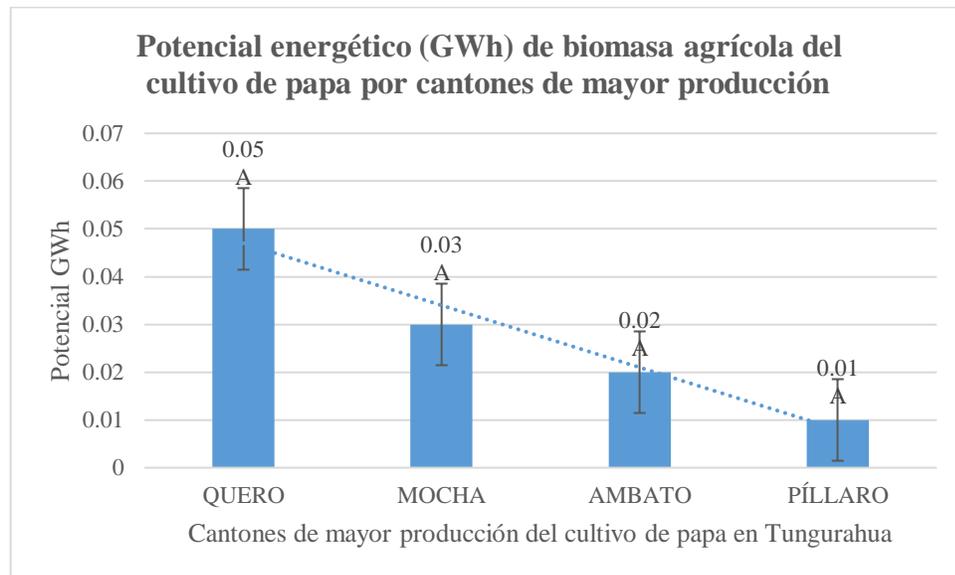


Figura 19. Comparación del potencial energético de la biomasa agrícola del cultivo de papa por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 19 se puede apreciar la comparación del potencial energético de los residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se

observa que la biomasa agrícola del cantón Quero posee mayor potencial energético con un promedio de 0.05 GWh, seguido de los residuos agrícolas del cantón Mocha con 0.03 GWh, luego los residuos agrícolas del cantón Ambato con 0.02 GWh y finalmente los residuos agrícolas del cantón Píllaro con 0.01 GWh.

De acuerdo (Serrano, Mejía, Sánchez y Salamea, 2017) el potencial energético de los residuos agrícolas tiene una relación lineal directamente proporcional a la cantidad de biomasa, en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas del cultivo de papa de los cantones Quero, Mocha y Ambato poseen mayor potencial energético debido a que presentan mayor cantidad de biomasa (10.71 tn.ha/año, 6.88 tn.ha/año y 5.41 tn.ha/año respectivamente ver figura 11).

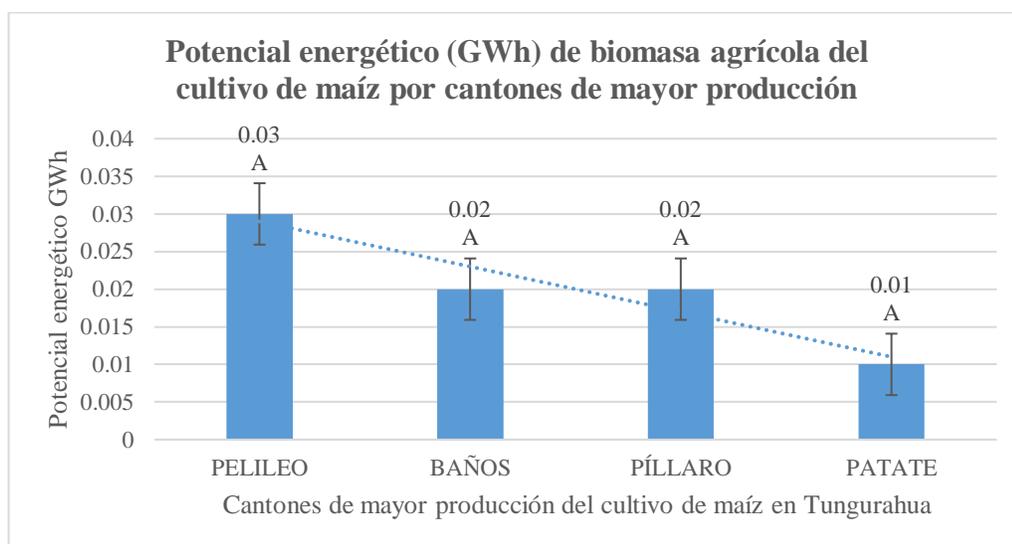


Figura 20. Comparación del potencial energético de la biomasa agrícola del cultivo de maíz por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 20 se puede observar la comparación del potencial energético (GWh) de los residuos agrícolas del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción de maíz de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que obtuvieron mayor potencial energético los residuos agrícolas del cantón Pelileo con un promedio de 0.03 Gwh, luego los residuos agrícolas

de los cantones Baños y Píllaro con un promedio de 0.02 GWh y finalmente los residuos agrícolas del cantón Patate con un promedio de 0.01 GWh.

Según (Serrano, Mejía, Sánchez y Salamea, 2017) el potencial energético de los residuos agrícolas tiene una relación lineal directamente proporcional a la cantidad de biomasa, en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas del cultivo de maíz de los cantones de Pelileo, Baños y Píllaro poseen mayor potencial energético debido a que presentan mayor cantidad de biomasa (7.11 tn.ha/año, 4.94 tn.ha/año y 4.93 tn.ha/año respectivamente, ver figura 12).

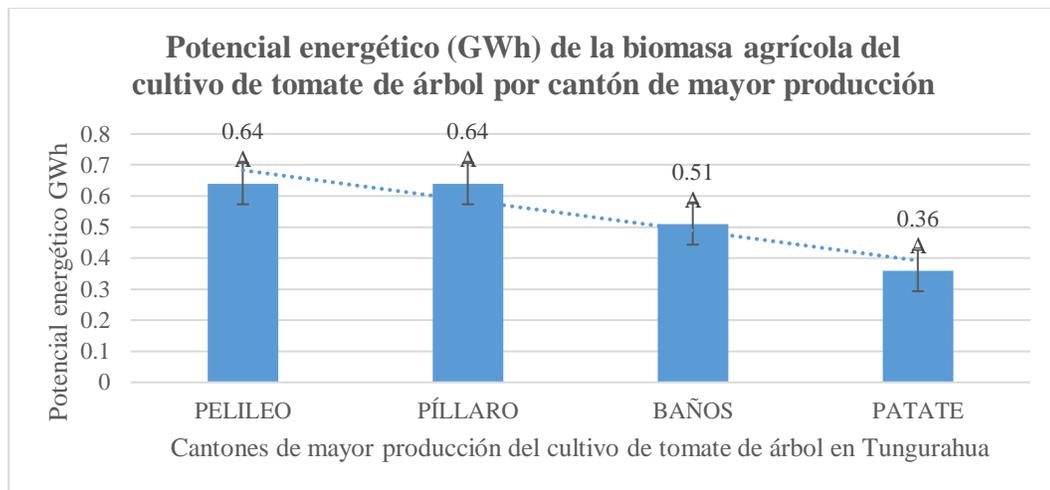


Figura 21. Comparación del potencial energético de la biomasa agrícola del cultivo de tomate de árbol por cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 21 se puede observar una comparación del potencial energético (GWh) de la biomasa agrícola del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que los residuos agrícolas de los cantones Pelileo y Píllaro obtuvieron mayor potencial energético con un promedio de 0.64 GWh, seguido de los residuos agrícolas del cantón Baños con un promedio de 0.51 GWh y finalmente los residuos agrícolas del cantón Patate con un promedio de 0.036 GWh.

Con los resultados obtenidos del potencial energético de la biomasa de los residuos agrícolas de los tres cultivos (papa, maíz y tomate de árbol) se realizó una comparación con sus valores promedios y la cantidad de biomasa (figura 17):

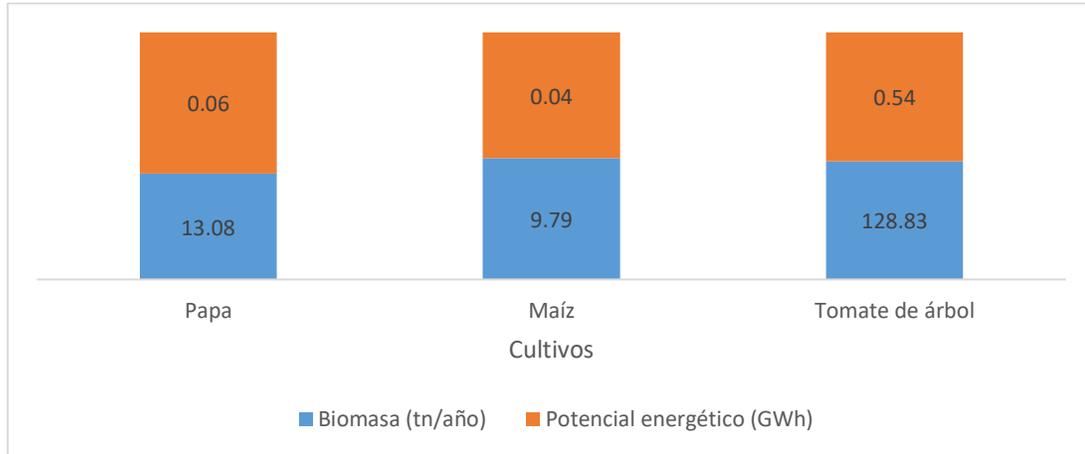


Figura 22. Relación entre Potencial energético (GWh) y la biomasa agrícola de los cultivos (tn.ha/año).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22 se puede apreciar la relación entre la biomasa y el potencial energético de los residuos agrícolas por cultivo, dicha relación es pareja en los tres cultivos de estudio, pero puede apreciarse que los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol se destaca ligeramente, debido a que posee un mayor potencial energético (0.54 GWh) al igual que su cantidad de biomasa es considerablemente mayor (128.83 tn.ha/año). En el caso de los residuos agrícolas de los cultivos de papa y maíz la cantidad de biomasa son 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, maíz y tomate de árbol 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 y Quiroga), 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.

## 4.2 Análisis proximal

### 4.2.1 Contenido de humedad

Los resultados obtenidos del porcentaje de humedad de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol de las localidades investigadas de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua se pueden apreciar en el anexo X.

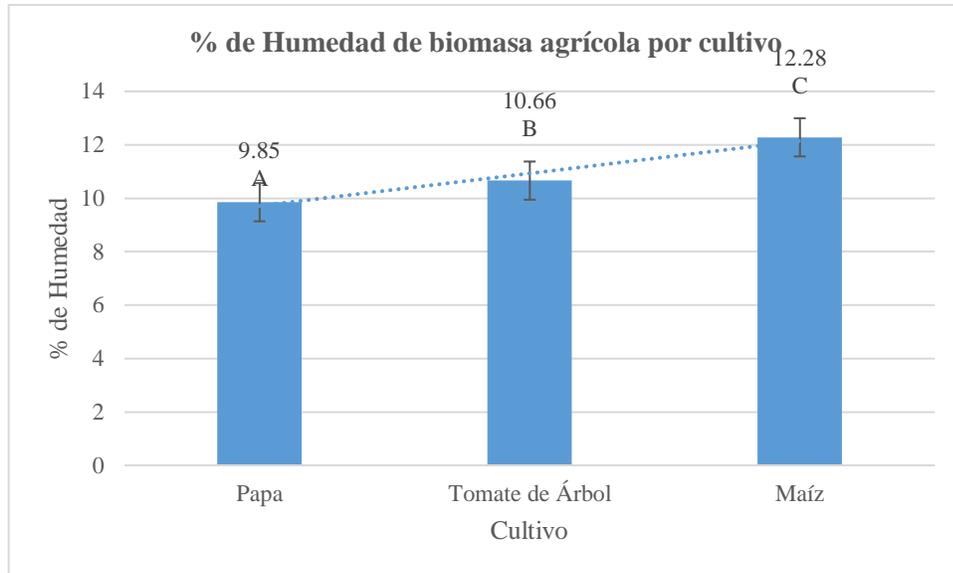


Figura 23. Comparación de valores promedio del contenido de humedad de residuos agrícolas por cultivos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23 se puede observar que existen diferencias significativas en el contenido de humedad de los residuos agrícolas por cultivo, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas del cultivo de papa con un promedio de 9.85% mientras que los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol y del cultivo de maíz se encuentran en rangos inferiores con promedios de 10.66 % y 12.28% respectivamente.

En España según (García, Pizarro, Lavín y Bueno, 2012) se realizaron estudios sobre la caracterización de residuos agrícolas postcosecha y se obtuvieron resultados casi similares (papa= 9.9 %; maíz= 7.0 %; tomate de árbol = 10.2%) a los obtenidos en esta investigación en cuanto al porcentaje de humedad; 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 (Praspaliauskas, Pedisius, Cepauskiené y Valantinavicius1, 2020).

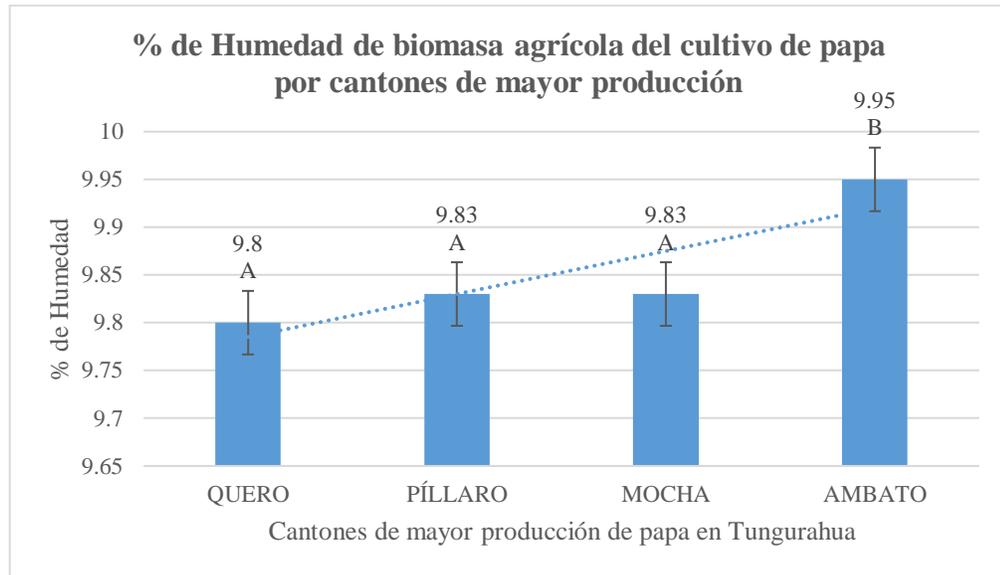


Figura 24. Comparación del contenido de humedad de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la Provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 24 se puede apreciar la comparación del contenido de humedad de los residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones se observa diferencias estadísticas entre sus valores, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas de los cantones Quero, Píllaro y Mocha con un promedio de 9.8%, 9.83 %, 9.83% respectivamente, mientras que los residuos agrícolas del cantón Ambato se encuentran en un rango inferior con un promedio de 9.95 %.

Según (Moya, 2017) la biomasa de origen herbáceo cuenta con una humedad inicial que determina la cantidad de agua, existen factores que pueden afectar este parámetro como: condiciones climáticas, época de cosecha, del tipo de residuo agrícola; el valor óptimo de humedad para la biomasa agrícola es por debajo del 15% de esta manera favorece enormemente al poder calorífico del residuo agrícola; en base a estos antecedentes se

puede manifestar que los valores promedio de humedad obtenidos de los residuos agrícolas en los cuatros cantones son considerados como óptimos para favorecer a la determinación de su poder calorífico.

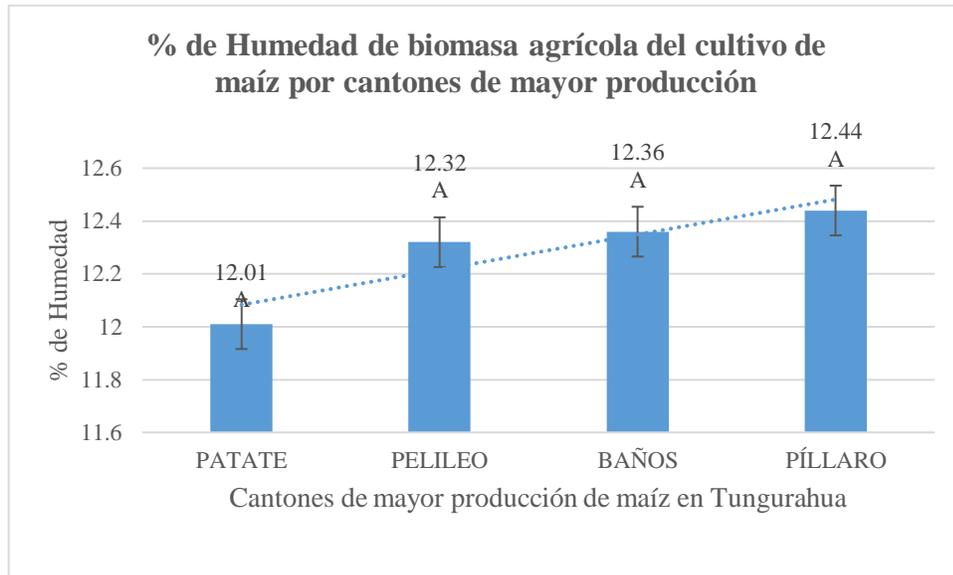


Figura 25. Comparación del contenido de humedad de residuos agrícolas del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25 se puede observar la comparación del contenido de humedad de los residuos agrícolas del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción de maíz de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que obtuvieron mayor cantidad de humedad los residuos agrícolas del cantón Píllaro con un promedio del 12.44%, seguido de los residuos agrícolas del cantón Baños con un promedio de 12.36%, luego los residuos agrícolas del cantón Pelileo con un promedio de 12.32% y finalmente los residuos agrícolas del cantón Patate con un promedio de 12.01%.

El valor óptimo de la cantidad de humedad en la biomasa de origen herbáceo es por debajo del 15%; en base a estos antecedentes se puede manifestar que los valores de humedad obtenidos en los residuos agrícolas del cultivo de maíz de los cuatro cantones son óptimos y que favorecen para la determinación del poder calorífico (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018).

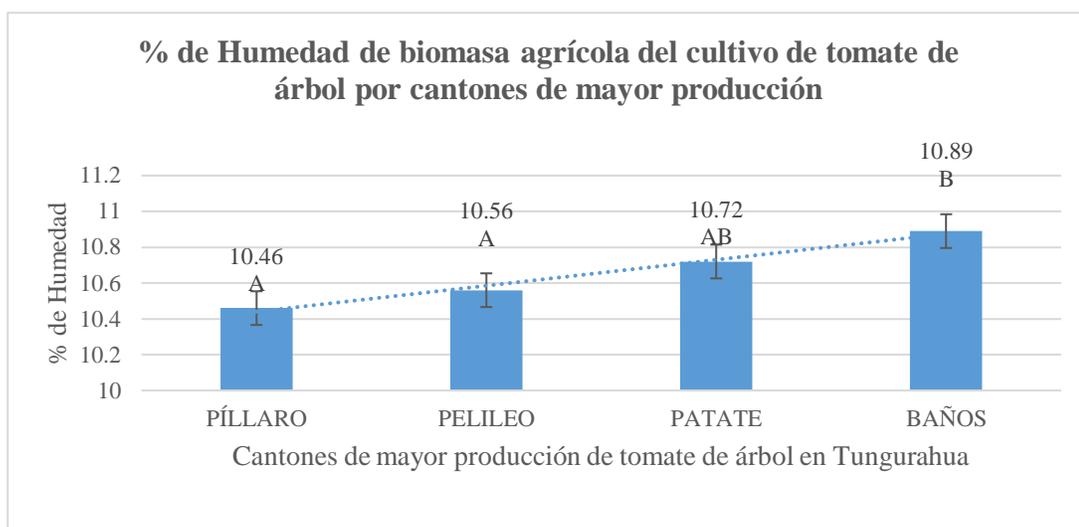


Figura 26. Comparación del contenido de humedad de residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26 se puede observar la comparación del contenido de humedad de los residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción del cultivo de tomate de la provincia de Tungurahua, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas de los cantones Píllaro y Pelileo con un promedio de 10.46% y 10.56% respectivamente, mientras que los residuos agrícolas de los cantones de Patate y Baños se encuentran en rangos inferiores con promedios de 10.72% y 10.89% respectivamente.

Según (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018) el valor óptimo de humedad para residuos agrícolas semileñosos es por debajo del 13%; en base a estos antecedentes se puede manifestar que los valores de humedad obtenidos de los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol de los cuatro cantones son óptimos y que favorecen para la determinación del poder calorífico.

#### 4.2.2 Contenido de Cenizas

Los resultados del contenido de cenizas de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol de las localidades investigadas de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua se puede apreciar en el anexo XI.

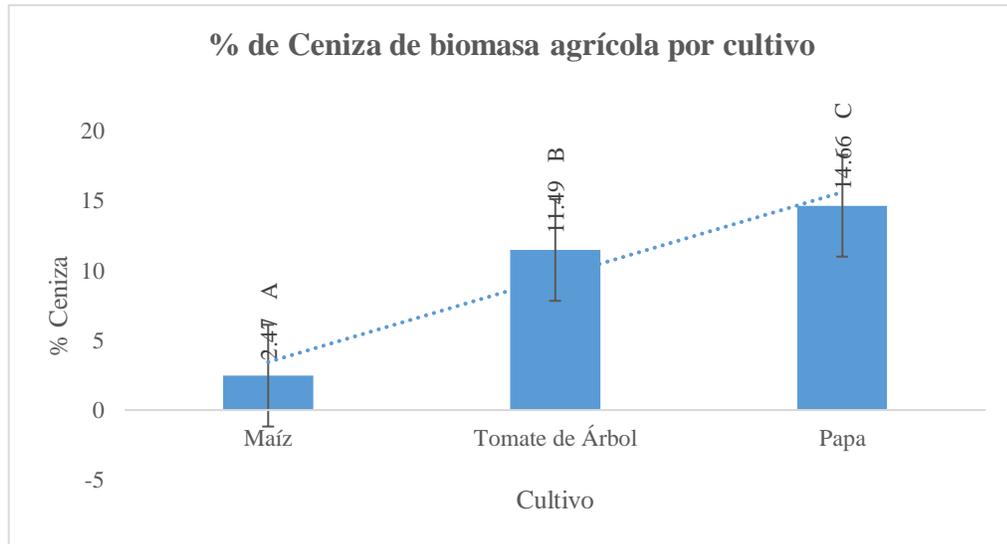


Figura 27. Comparación de valores promedio del contenido de cenizas de residuos agrícolas por cultivos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 27 se puede observar que existen diferencias estadísticas en el contenido de cenizas de los residuos agrícolas por cultivo, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas del cultivo de maíz con un promedio del 2.47%, mientras que los residuos agrícolas de los cultivos tomate de árbol y de papa se encuentran en rangos inferiores con promedios de 11.49% y 14.66% respectivamente.

Las cenizas son resultado de la combustión completa de la biomasa, si presenta menor contenido de cenizas la calidad de la biomasa es buena (Blasco, Clara, 2018); por lo tanto, en base a estos antecedentes podemos mencionar que la biomasa del cultivo de maíz es de mejor calidad.

Según (Otalayo, Ifeolu y Pacenka, 2020) y (García, Pizarro, Lavín y Bueno, 2012) se han reportado estudios realizados en Nigeria y en España sobre la caracterización de residuos

agrícolas postcosecha de varios cultivos dentro de ellos el de papa, maíz y tomate de árbol, donde presentaron valores del contenido de cenizas casi similares (Nigeria: papa= 13.4%; maíz= 1.6% y en España: papa= 15.8%; maíz= 2.4% y tomate de árbol= 16.2%) a los obtenidos en esta investigación, se puede apreciar que de igual manera los residuos agrícolas del cultivo de maíz son los de mejor calidad.

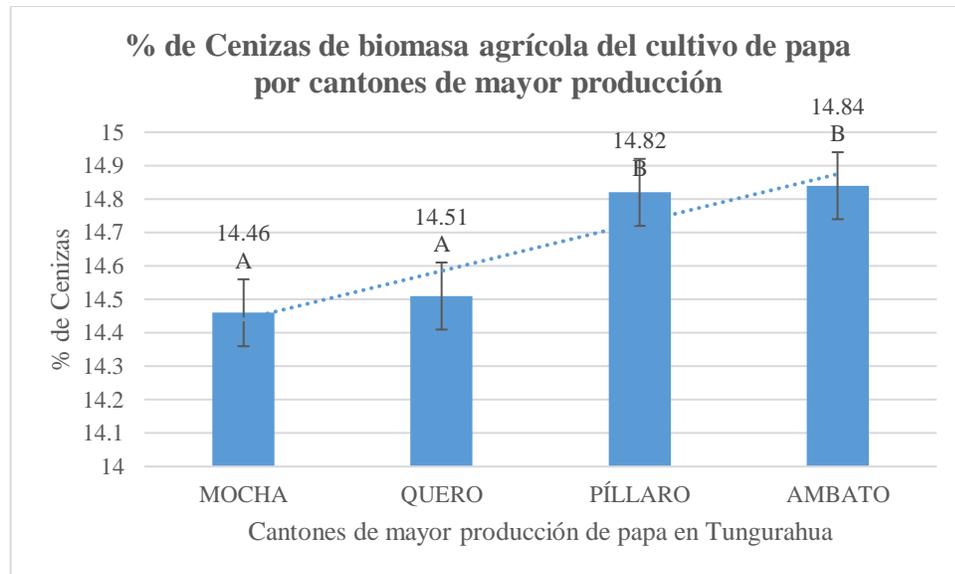


Figura 28. Comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de papa por cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 28 se puede apreciar la comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en Tungurahua, en los cuatro cantones se observa diferencias estadísticas entre sus valores, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas de los cantones de Mocha y de Quero con un promedio de 14.46% y el 14.51% respectivamente, mientras que los residuos agrícolas de los cantones de Píllaro y de Ambato se encuentran en un rango inferior con un promedio del 14.82% y 14.84% respectivamente.

El contenido de ceniza en residuos agrícolas de origen herbáceo según se reporta en la literatura está dentro de un rango del 10-15%, esto va a depender también del tamaño de partículas, del contacto de la biomasa con el suelo y otros elementos de la naturaleza; en

base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas del cultivo de papa de los cuatro cantones no sobrepasan el nivel máximo de cenizas del 15% (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018).

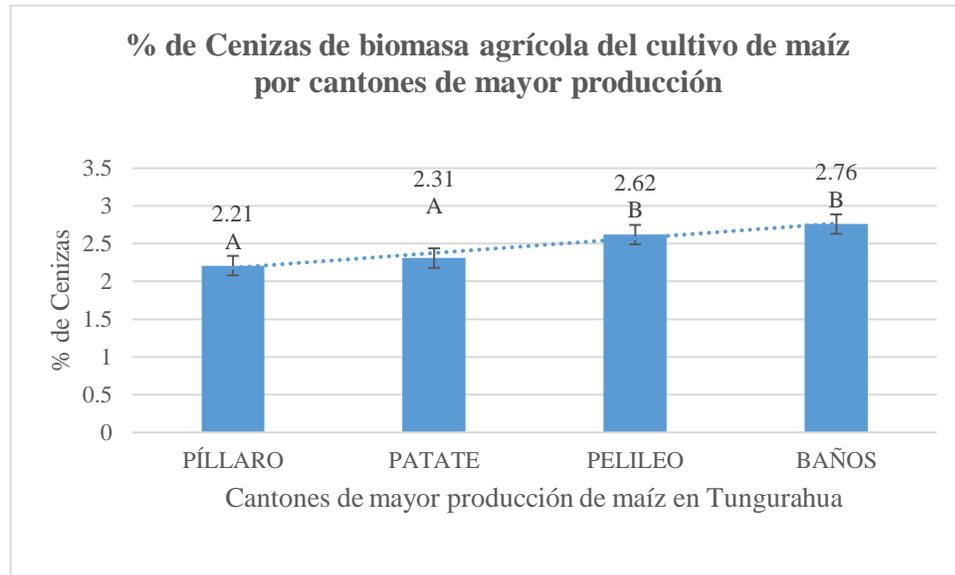


Figura 29. Comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de maíz por cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 29 se puede apreciar la comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción en Tungurahua, en los cuatro cantones se observa diferencias estadísticas entre sus valores, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas de los cantones de Píllaro y Patate con un promedio de 2.21 % y 2.31% respectivamente, mientras que los residuos agrícolas de los cantones de Pelileo y Baños se encuentran en un rango inferior con un promedio del 2.62% y 2,76% respectivamente.

Según (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018) el contenido de ceniza en residuos agrícolas de origen herbáceo está dentro de un rango del 10 al 15%, esto va a depender del tamaño de partículas de la biomasa, del contacto con el suelo y otros elementos de la naturaleza; en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas del cultivo de maíz de los cuatro cantones no sobrepasan el nivel máximo del 15%.

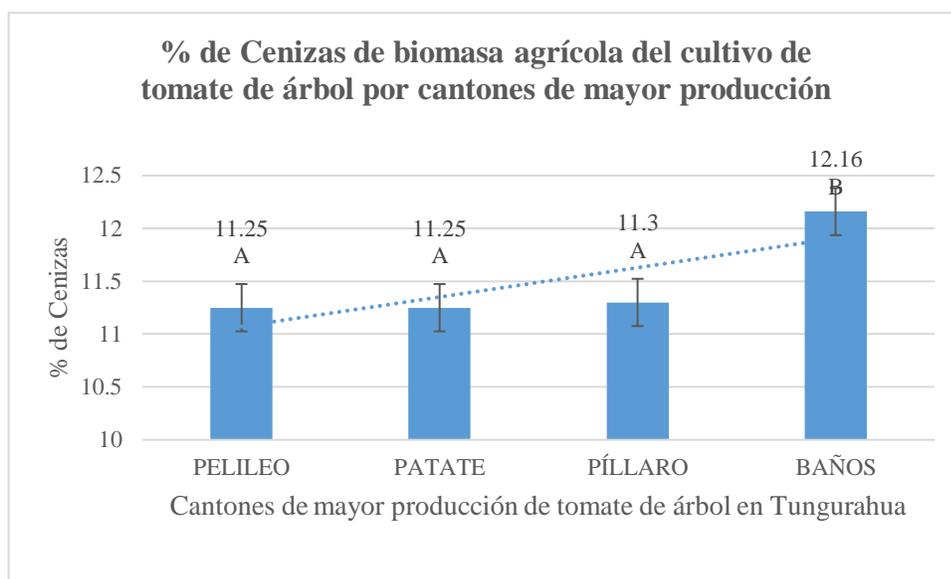


Figura 30. Comparación de contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol por cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 30 se puede apreciar la comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas del cultivo tomate de árbol entre los cantones de mayor producción en Tungurahua, en los cuatro cantones se observa diferencias estadísticas entre sus valores, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas de los cantones de Pelileo, Patate y Píllaro con promedios del 11.25%, 11.25% y 11.30% respectivamente, mientras que los residuos agrícolas del cantón Baños se encuentran en un rango inferior con un promedio del 12.16%.

Según (Moya, 2017) los residuos agrícolas de origen semileñoso poseen un contenido de cenizas por debajo del 13%, va a depender del contacto con el suelo y otros elementos de la naturaleza; en base a estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol de los cuatro cantones no sobrepasan el nivel máximo del 13%, pero cabe mencionar que el valor obtenido de los residuos agrícolas del cantón está muy cercano esto se debe a que la biomasa es producto de la actividad de poda.

### 4.2.3 Contenido de volátiles

En el anexo XII se puede apreciar los resultados del contenido de volátiles de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol de las localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua.

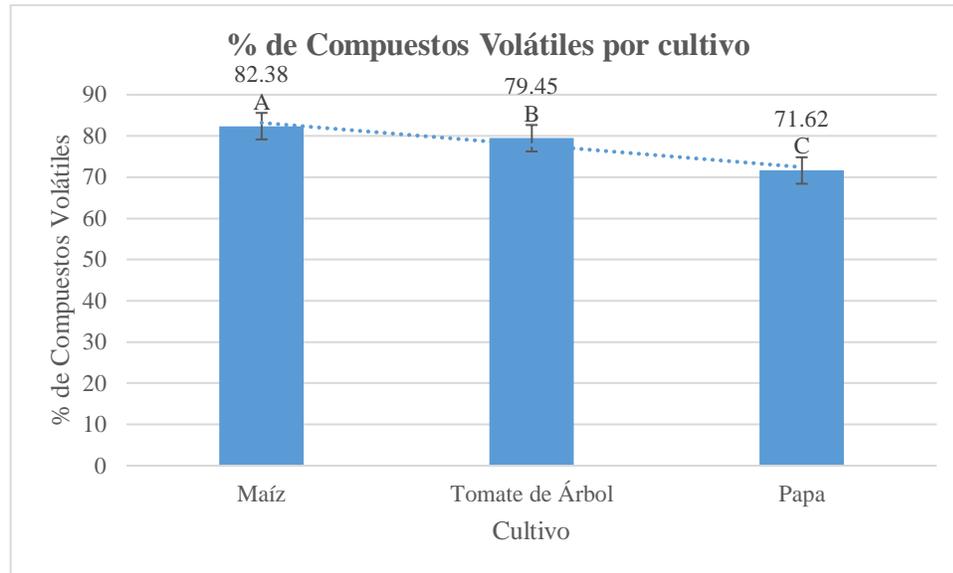


Figura 31. Comparación de valores promedio del contenido de compuestos volátiles de residuos agrícolas por cultivos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 31 se puede observar la comparación del contenido de cenizas de los residuos agrícolas por cultivo, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas del cultivo de maíz con un promedio del 82.38 %, mientras que los residuos agrícolas de los cultivos de tomate de árbol y de papa se encuentran en rangos inferiores con un promedio de 79.45% y 71.62% respectivamente.

Según (García, Pizarro, Lavín y Bueno, 2012) menciona 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, es importante controlar la temperatura y el tiempo de ensayo para lograr reproducir los resultados y evitar que se vean afectados por cualquier parámetro.

Estudios realizados por varios investigadores en Argentina, Cuba, India, España y Estados Unidos (Yang, 2011) sobre el análisis proximal de biomasa agrícola de varios cultivos entre ellos el de maíz, papa y tomate donde obtuvieron 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).

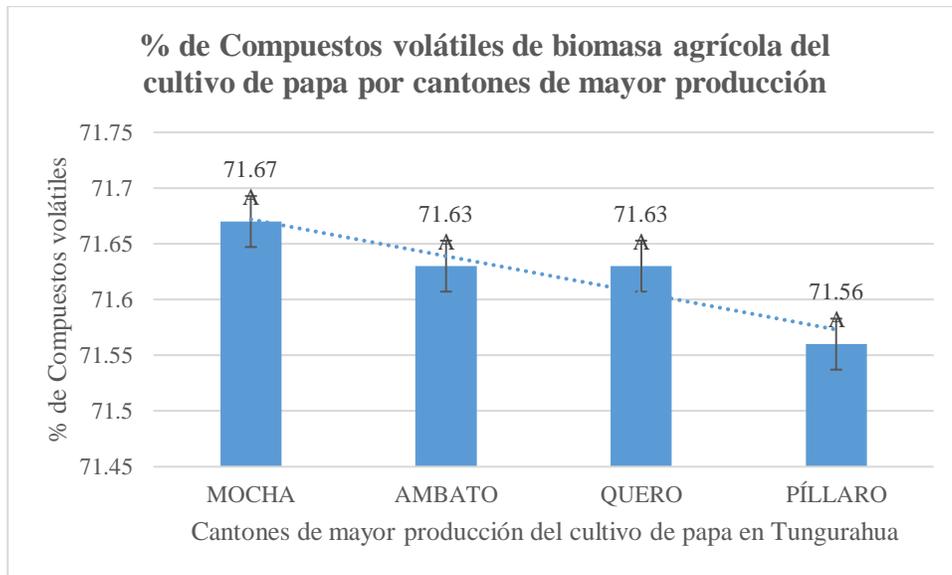


Figura 32. Comparación del contenido de compuestos volátiles de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 32 se puede observar la comparación del contenido de compuestos volátiles del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que obtuvieron mayor cantidad de compuestos volátiles los residuos agrícolas del cantón Mocha con un promedio de 71.67 %, seguido de los residuos agrícolas del cantón Ambato con un promedio de 71.63%, luego los residuos agrícolas del cantón Quero con un promedio del 71.63% y finalmente los residuos agrícolas del cantón Píllaro con un promedio del 71.56%.

Según (Echeverría, 2021) el contenido de compuestos volátiles en residuos agrícolas de origen herbáceo está comprendido entre el 60% y el 90%, tomando en cuenta que

mientras más alto sea el contenido de volátiles mejor es la combustión de la biomasa; con estos antecedentes se puede mencionar que los residuos agrícolas de los cuatro cantones presentan valores que se encuentran del rango normal del contenido de compuestos volátiles.

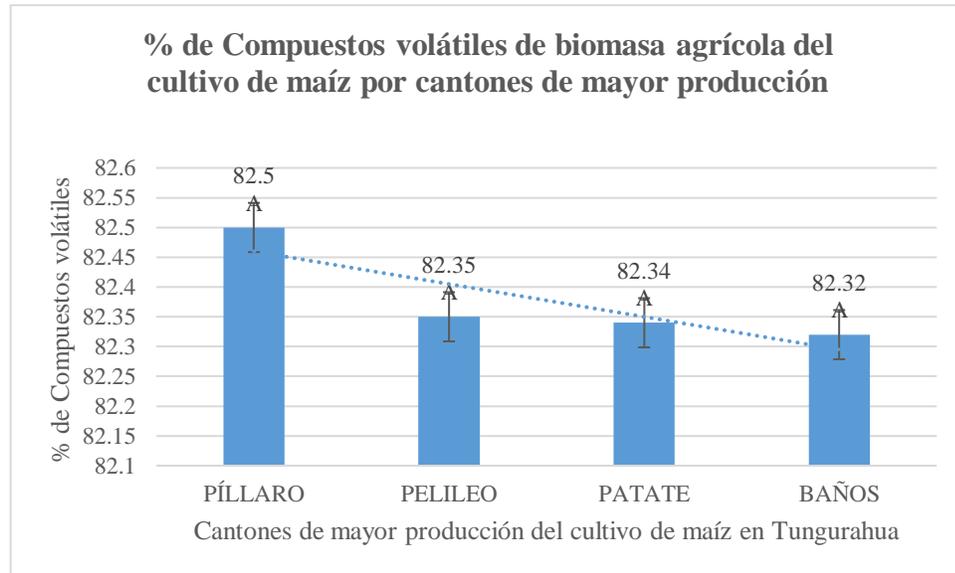


Figura 33. Comparación del contenido de compuestos volátiles de los residuos del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 33 se puede observar la comparación del contenido de compuestos volátiles de residuos agrícolas del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se presentó diferencias significativas, pero se observa que obtuvieron mayor cantidad de compuestos volátiles los residuos agrícolas del cantón Píllaro con un promedio del 82.5%, seguido de los residuos agrícolas del cantón Pelileo con un promedio del 82.35%, luego los residuos agrícolas del cantón Patate con un promedio del 82.34% y finalmente los residuos agrícolas del cantón Baños con un promedio 82.32%.

El rango óptimo de compuestos volátiles en residuos agrícolas de origen herbáceo está comprendido entre el 60% y 90%, mientras más alto sea es mejor para que se produzca el proceso de combustión (De Lucas, Del Peso, Rodríguez y Prieto, 2018); en base a estos

antecedentes los resultados obtenidos en esta investigación en los residuos agrícolas de los cuatro cantones se encuentran del rango normal.

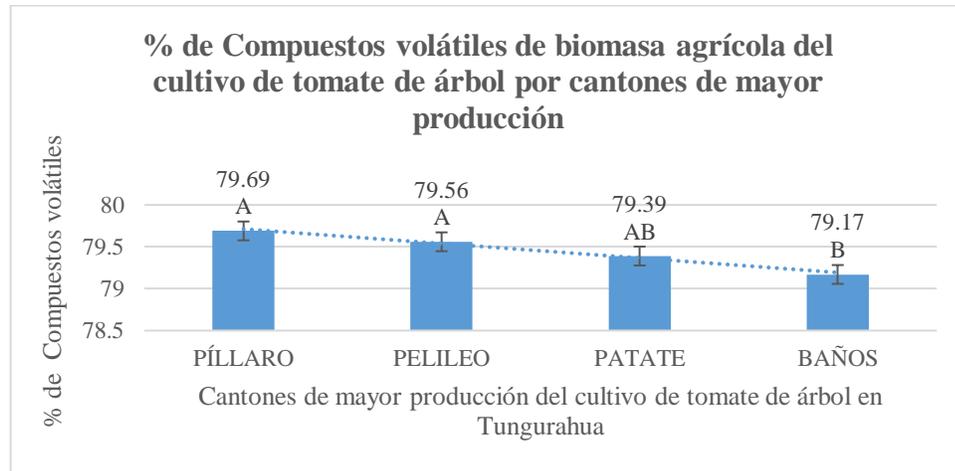


Figura 34. Comparación de compuestos volátiles de los residuos del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 34 se puede apreciar una comparación del contenido de compuestos volátiles de residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones se presentó diferencias significativas, encontrándose en el primer rango los residuos agrícolas de los cantones de Píllaro y Pelileo con promedios del 79.69% y 79.56% respectivamente, mientras que los residuos agrícolas de los cantones Patate y Baños se encuentran en rangos inferiores con promedios del 79.39% y 79.17% respectivamente.

Los valores altos de compuestos volátiles en residuos agrícolas de origen semileñoso favorece al proceso de combustión e incluso a temperaturas relativamente bajas (Cayo, 2018); en base a estos antecedentes se puede mencionar que los valores obtenidos de compuestos volátiles en los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol en los cuatro cantones son óptimos para la combustión.

#### 4.2.4 Contenido de carbono fijo

En el Anexo XIII se puede apreciar los resultados del contenido de carbono fijo de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol de las localidades de los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, cabe recalcar que la determinación del contenido de carbono es un análisis extra que se realizó en esta investigación.

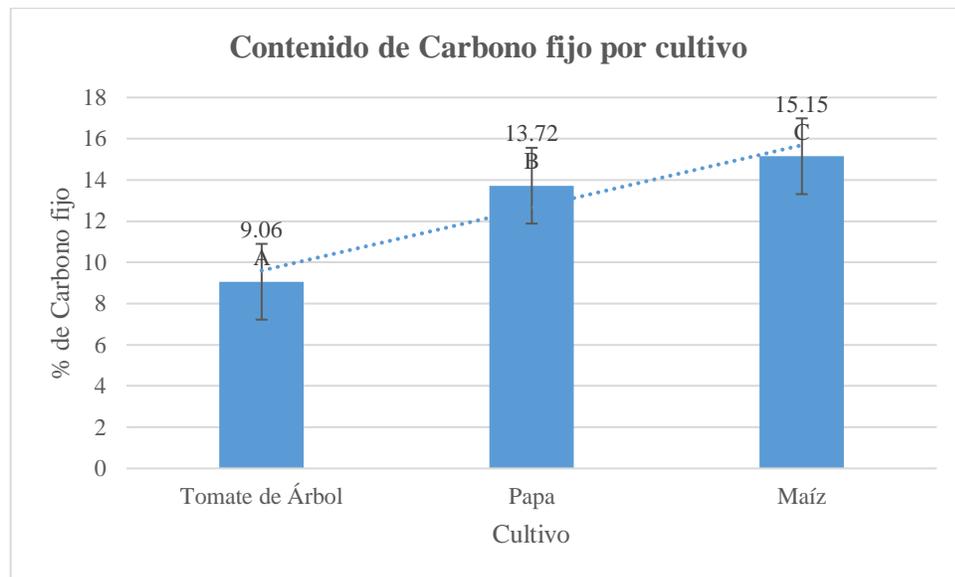


Figura 35. Comparación del contenido de carbono fijo de residuos agrícolas por cultivos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 35 se puede observar que existen diferencias estadísticas en el contenido de carbono fijo de los residuos agrícolas por cultivo, encontrándose en el primer rango de significación los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol con un promedio 9.06%, mientras que los residuos agrícolas de los cultivos de papa y de maíz se encuentran en rangos inferiores con promedios del 13.72% y 15.15% respectivamente.

Según (Blasco, Clara, 2018) menciona que mientras menor sea el valor del contenido de carbono fijo es mejor, porque el objetivo es obtener menor cantidad de residuo sólido (materia no volatilizada) después de que se ha determinado el contenido de material volátil y así evitar su tratamiento.

Investigaciones realizadas en España (García, Pizarro, Lavín, & Bueno, 2012), Nigeria (Otalayo, Ifeolu, & Pacenka, 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 carbono fijo que fueron obtenidos en esta investigación, estos valores se encontraron dentro de los rangos normales (9-20%) (García, Pizarro, Lavín y Bueno, 2012).

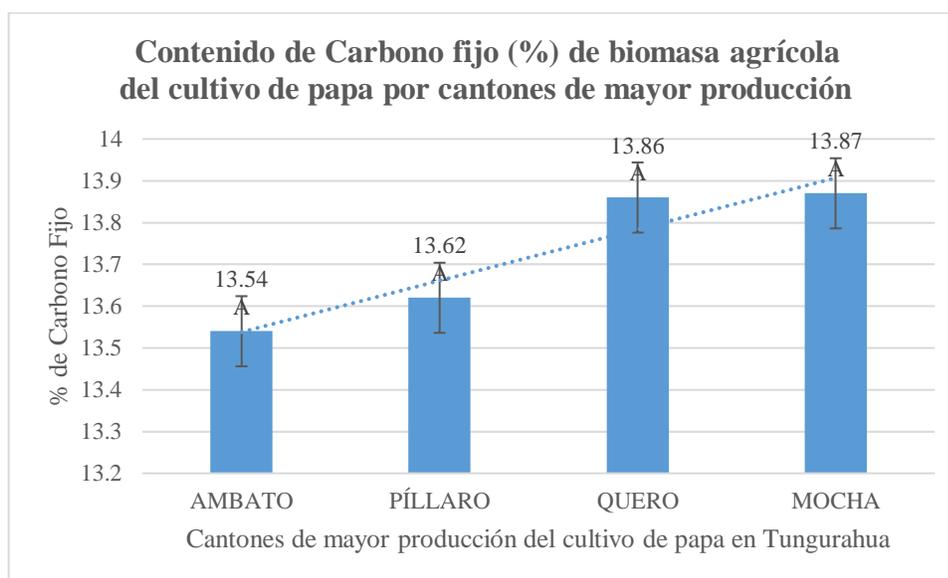


Figura 36. Comparación del contenido de carbono fijo de residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 36 se puede apreciar la comparación del contenido de carbono fijo de los residuos agrícolas del cultivo de papa entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones no se observa diferencias estadísticas entre sus valores, pero se puede determinar que los residuos agrícolas del cantón Ambato presentan una menor cantidad de carbono fijo con un promedio del 13.54%, seguido de los residuos agrícolas del cantón Píllaro con un promedio 13.62%, luego los residuos agrícolas del cantón Quero con un promedio del 13.86% y finalmente los residuos del cantón Mocha con un promedio del 13.87%.

De acuerdo a (Blasco, Clara, 2018) el valor óptimo de carbono fijo para residuos agrícolas de origen herbáceo es por debajo del 15% con el objetivo de obtener menor cantidad de materia no volatilizada; en base a estos antecedentes se puede mencionar que los resultados obtenidos en la determinación de carbono fijo en los residuos agrícolas de los cuatro cantones se encuentran del rango normal y que favorecen al poder calorífico.

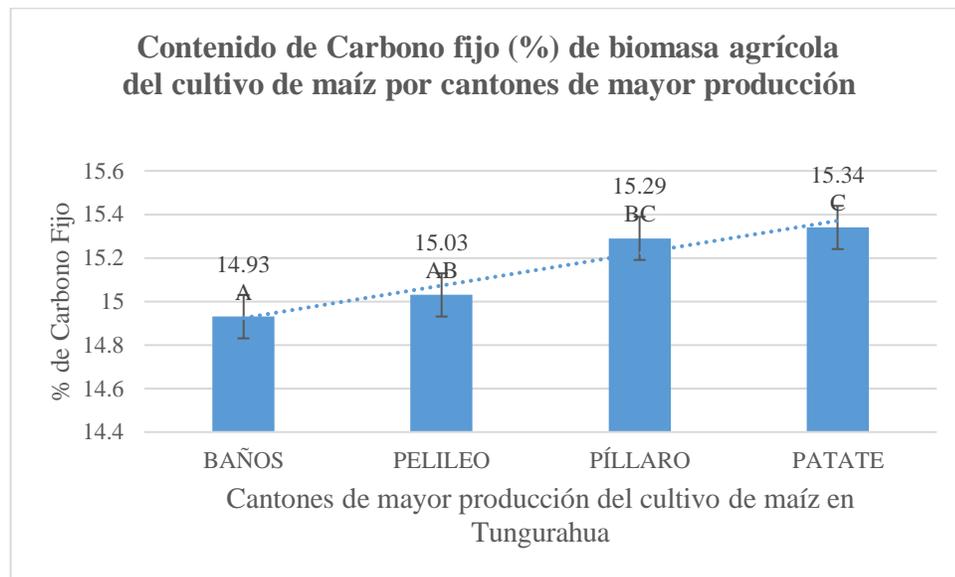


Figura 37. Comparación del contenido de Carbono fijo del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 37 se puede apreciar la comparación del contenido de Carbono fijo de residuos agrícolas del cultivo de maíz entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones se observa diferencias estadísticas entre sus valores, encontrándose en el primer rango de significancia el cantón Baños con un promedio 14.93%, mientras que los residuos agrícolas de los cantones de Pelileo, Píllaro y Patate se encuentran en rangos inferiores con promedios de 15.03%, 15.29% y 15.34% respectivamente.

Según (Blasco, Clara, 2018) es beneficioso utilizar residuos agrícolas que contengan un contenido de carbono fijo por debajo de un 15%, con el objetivo de obtener menor

cantidad de materia no volatilizada; tomando en cuenta estos antecedentes se puede mencionar que los resultados obtenidos de carbono fijo de los residuos agrícolas del cultivo de maíz del cantón Baños son aceptables, porque se encuentra dentro del rango normal.

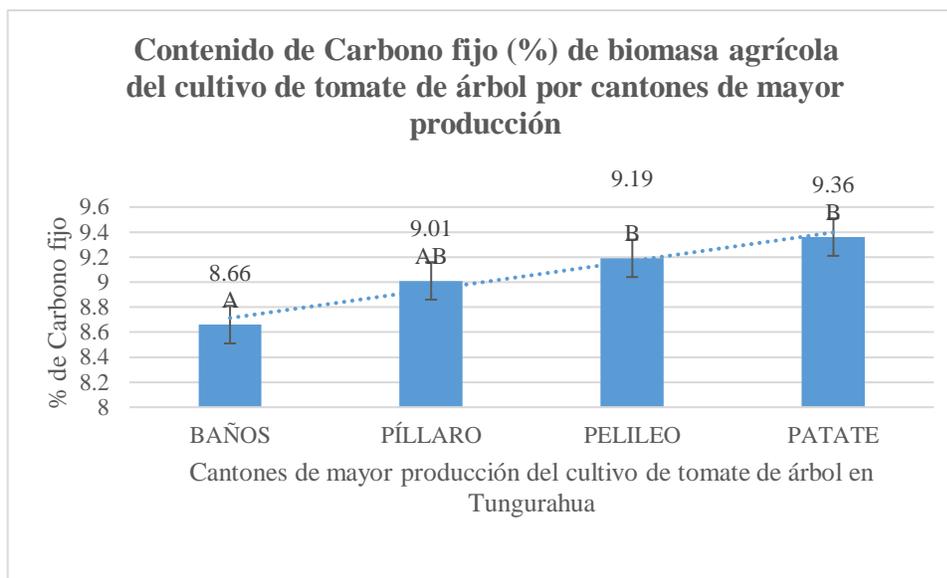


Figura 38. Comparación del contenido de Carbono fijo del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción en la provincia de Tungurahua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 39 se puede apreciar la comparación del contenido de carbono fijo de residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol entre los cantones de mayor producción de la provincia de Tungurahua, en los cuatro cantones se observa que existen diferencias estadísticas entre sus valores, encontrándose en el primer rango de significancia los residuos agrícolas del cantón Baños con un promedio del 8.66%, mientras que los residuos agrícolas de los cantones de Píllaro, Pelileo y Patate se encuentran en rangos inferiores con promedios del 9.01%, 9.19% y 9.36% respectivamente.

Según (Moya, 2017) los residuos agrícolas de origen semileñoso poseen valores de carbono fijo dentro rango del 10% al 13%; en base a estos antecedentes los resultados

obtenidos del carbono fijo en los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol son aceptables ya que se encuentran dentro del rango normal.

#### 4.3 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.

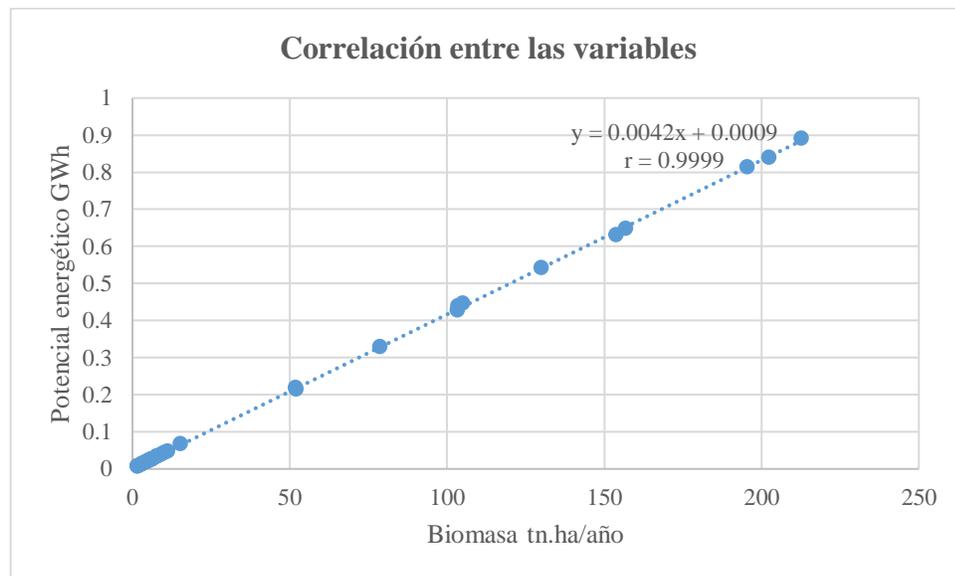


Figura 39. Correlación de Pearson entre las variables objeto de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 39 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.

#### 4.4 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 11.

Tabla 11. 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: Elaboración propia.

Se puede observar en la tabla 3 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, maíz y tomate de árbol especialmente la cantidad de biomasa para la obtención del potencial energético (Quintero y Quiroga, 2017).

Por lo tanto, se confirma la hipótesis alternativa donde la biomasa residual de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol poseen potencial energético.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- 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*), maíz (*Zea mays*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) 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 tomate poseen mayor 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 tres cultivos presentan valores aceptables dentro de los rangos normales (humedad = <15%; cenizas = < 15%, contenido de volátiles = 75-85%; carbono fijo = 9-20%), siendo los más aceptables en cuanto al contenido de humedad los residuos agrícolas del cultivo de papa (9.85%), respecto al contenido de cenizas y de compuestos volátiles más aceptables son los valores de los residuos agrícolas del cultivo de maíz (2.47%, 82.38% respectivamente), contenido de carbono fijo más aceptables son los valores de los residuos agrícolas del cultivo de tomate de árbol.

- Los residuos agrícolas estudiados según sus características energéticas son considerados como fuentes renovables, por poseer un buen potencial energético en especial los residuos agrícolas del cultivo de tomate, 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.

## **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda realizar otros proyectos de investigaciones que evalúen otros residuos agrícolas con la finalidad de encontrar residuos agrícolas con mayor potencial energético y que puedan sustituir o reducir al uso de combustibles fósiles.

- Realizar un análisis económico para la implementación de un proceso de transformación de biomasa agrícola con fines energéticos.

- Realizar el análisis elemental de la biomasa agrícola para demostrar las ventajas ambientales de su uso como recurso energético.

## **5.3 Bibliografía:**

Al-Kassir, R. (2013). *Caracterización y preparación de residuos de biomasa con ensayos experimentales de secado térmico y combustión no contaminante.*

Portalegre. Obtenido de <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/17064/1/RaulDiserta%C3%A7aoJunio2013.pdf>

Araujo, M., Cartagena, Y., Castillo, C., Cuesta, H., Monteros, J., Paula, N., y Andrade, J. (2021). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores.* Mejía.

Obtenido de <file:///C:/Users/casa/Downloads/MANUAL%20DE%20PAPA%202020%203era%20edici%C3%B3n.pdf>

- Arévalo, W. (2015). La Biomasa: Una Alternativa Energética proveniente de la vida misma. *Libros Editorial UNIMAR*, 81.89. Obtenido de file:///C:/Users/Pc/Downloads/709-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1899-1-10-20150914.pdf
- Arteaga, J. Q. (2020). *Caracterización de cascarilla de arroz como biomasa residual para combustible térmico*. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3742/1/JUAN%20FRANCISCO%20ARTEAGA%20QUINTANA.pdf>
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2019). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética*. Quito. Obtenido de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>
- Baray, M., Porras, D., Hoffmann, H., y Manjarrez, C. (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. Obtenido de [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Energias\\_Renovables/vol3num9/Revista\\_de\\_Energ%C3%ADAs\\_Renovables\\_V3\\_N9.pdf#page=9](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Energias_Renovables/vol3num9/Revista_de_Energ%C3%ADAs_Renovables_V3_N9.pdf#page=9)
- Basantes, T., Aragón, J., Albuja, L., y Vásquez, L. (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). Obtenido de <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5103/5286>
- Blasco, Clara. (2018). *Evaluación de los recursos agrícolas para su valorización energética en calderas Spouted bed reactors*.
- Boada, R., y Espinosa, J. (2016). Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador. *Siembra*, 3(1), 67-82. Obtenido de <https://scihub.se/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6140324>
- Borja, M. (2011). La biomasa residual de las plantaciones agrícolas como energía renovable. *Agrónomos: Organo Profesional de los Ingenieros Agrónomos*, 41, 18-27. Obtenido de <https://bioenergia.blogs.upv.es/files/2018/01/Biomasa-residual-agricola.pdf>

- Bustamante, G., Carrillo, A., Prieto, J., Corral, J., y Hernández, J. (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. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v7n38/2007-1132-remcf-7-38-00005.pdf>
- Calderón, M., Andrade, F., Lizarzaburo, L., y Masache, M. (2017). *Valoración económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador*. Naciones Unidas. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41830/S1700556\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41830/S1700556_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carreño, Juan;. (2013). “*Modelos de predicción de poder calorífico basados en parámetros estructurales de biomásas procedentes de los invernaderos de Almería 2013*”. Universidad de Almería.
- Castro, C., y Ocampo, J. (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*. Guaranda.
- Caviedes, M. (2019). Producción de semilla de maíz duro en el Ecuador:retos y oportunidades. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(17), 116-123. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1100/1415>
- Cayo, E. (2018). *Obtención de un biocombustible sólido por torrefacción húmeda a partir de la la cáscara de la mazorca de cacao para la generación de energía*. Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19594/1/CD-8992.pdf>
- Cepeda, G. (2019). Producción de semilla de maíz duro en el Ecuador:retos y oportunidades. Producción de semilla de maíz en Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(7), 116-123. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1100/1415>
- De Lucas, A., Del Peso, C., Rodríguez, E., y Prieto, P. (2018). *Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad*. Madrid. Obtenido de <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>

- Echeverría, W. (2021). *Determinación del contenido de lignina presente en biomásas residuales procedentes*. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23939/1/UCE-FIQ-ECHEVERRIA%20WENDY.pdf>
- El Productor. (2017). *Cultivo de tomate de árbol*. Boletín. Obtenido de <https://elproductor.com/2017/07/cultivo-de-tomate-de-arbol/#comments>
- Fajardo, L. (2016). *Producción de tomate de árbol cyphomandra betacea en la zona de Chilla provincia de El Oro*. Machala. Obtenido de <http://186.3.32.121/bitstream/48000/9877/1/CD0012-Maestr%c3%adaFajardo.pdf>
- Feicán, C., Encalada, C., y Becerril, A. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *AGROProductividad*, 9(8), 78-87. Obtenido de <https://core.ac.uk/reader/249320590>
- Fonseca, L. (2015). *Manual Tomate de árbol*. Bogotá: Cámara de Comercio Bogotá. Obtenido de <file:///C:/Users/Dell/Downloads/Tomate+de.pdf>
- García , M. (2008). *Manual de Manejo. Cosecha y Postcosecha de tomate de árbol*. Colombia: Corpoica. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Maria-Garcia-36/publication/316159006\\_Manual\\_de\\_Manejo\\_Cosecha\\_y\\_Poscosecha\\_de\\_Tomate\\_de\\_arbol/links/58f3d523458515ff23b47688/Manual-de-Manejo-Cosecha-y-Poscosecha-de-Tomate-de-arbol.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria-Garcia-36/publication/316159006_Manual_de_Manejo_Cosecha_y_Poscosecha_de_Tomate_de_arbol/links/58f3d523458515ff23b47688/Manual-de-Manejo-Cosecha-y-Poscosecha-de-Tomate-de-arbol.pdf)
- García, R., Pizarro, C., Lavín, A., y Bueno, J. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource technology*, 103(1), 249-258. Obtenido de <https://scihub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852411014313>
- Gómez, R., Camargo, D., Soto, C., y Bula, A. (2019). Evaluación Sinérgica de la Gasificación de Biomasa Residual. *Información Tecnológica*, 30(6), 11-20. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n6/0718-0764-infotec-30-06-00011.pdf>

- Gutiérrez , H., De la Vara Salazar, R.,y Cano Carrasco, A. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. McGrawHill.
- Henderson, T. (2017). State–peasant movement relations and the politics of food sovereignty in Mexico and Ecuador. *The Journal of Peasant Studies*, 44(1), 33-55. Obtenido de <https://sci-hub.se/https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03066150.2016.1236024>
- Huaytalla, B. (2019). *Identificar el potencial energético de la biomasa residual agrícola para su aprovechamiento como uso doméstico*. Perú. Obtenido de <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1261/TB-Huaytalla%20B.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INEC. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2017/Informe\\_Ejecutivo\\_ESPAC\\_2017.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf)
- IPPC. (2014). *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.
- Justo, J., Marotta, A., Prado, O., Alves, R., y Perella, J. (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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.066>
- Lara, V. (2016). *La biomasa convierte los residuos en recursos energéticos*. Madrid. Obtenido de <http://www.ambientum.com/revista/2016/octubre/biomasa-convierte-residuos-recursos-energeticos.asp>.
- MAE. (2019). *Aprovechamiento Energético de Residuos Agropecuarios. Enfocado a la Mitigación del cambio climático, Ecuador, Quito*.
- MAG. (2018). *Boletín situacional: tomate de árbol. FLIPHTML5, USA*. Obtenido de <http://fliphtml5.com/ijia/efww/basic>
- MAGAP. (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025. I Parte*. Quito. Obtenido de

<http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%ADticas%20Agrop%20ecuaras%20al%20%202025%20I%20parte.pdf>

MAGAP, UZI Tungurahua. (2019). *Productores de Maíz, Tomate de árbol de la provincia de Tungurahua.*

Manals, E., Penedo, M.,y Salas, D. (2015). Caracterización de bagazo de caña como biomasa vegetal. *Tecnología química*, 35(2), 244-255. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852015000200010&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852015000200010&script=sci_arttext&tlng=en)

Montalvá, J. (2018). *Evaluación d los recursos agrícolas para su valoración energética en calderas Spouted Bed Reactors.* España. Obtenido de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/98729/RedacciA%c2%b3n%20TF\\_G\\_1518529817367307767672606767641.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/98729/RedacciA%c2%b3n%20TF_G_1518529817367307767672606767641.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Moya, R. (2017). *Uso de la biomasa forestal y resultados de propiedades.* Universidad Nacional de Ciencias Forestales, Ingeniería en Energías renovables, Honduras. Obtenido de [https://fondohondurasespana.bcie.org/fileadmin/fhe/espanol/archivos/publicaciones/Educacion\\_Superior/6\\_Intro\\_Uso\\_Biomasa\\_Forestal\\_Resultados\\_Dendroenerg.pdf](https://fondohondurasespana.bcie.org/fileadmin/fhe/espanol/archivos/publicaciones/Educacion_Superior/6_Intro_Uso_Biomasa_Forestal_Resultados_Dendroenerg.pdf)

Otalayo, S., Ifeolu, J.,y Pacenka, R. (2020). An Assessment of Potential Resources for Biomass. *Resources*, 9(8), 92. doi:10.3390/resources9080092

Otárola, Y., y Rivera, M. (2019). Caracterización de la vaina de frijol como biomasa para la producción de biocombustibles. Obtenido de <https://www.revistaenergia.com/wp-content/uploads/2020/11/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-vaina-de-frijol-como-biomasa-para-la-producci%C3%B3n-de-biocombustibles.pdf>

Peñaherrera, D. (2011). *Manejo Integrado del cultivo de maíz de altura: Módulos de capacitación para capacitadores. Módulo 4.* Imbabura. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3302/1/iniapscpm190.pdf>

Praspaliauskas, M., Pedišius, N., Čepauskienė, D.,y Valantinavičius, M. (2020). Study of chemical composition of agricultural residues from various agro-mass types.

- Biomass Conversion and Biorefinery*, 10(4), 937-948. Obtenido de <https://sci-hub.se/https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-019-00457-7>
- PROEcuador. (2016). *Boletín mensual de comercio exterior*. Obtenido de [https://issuu.com/pro-ecuador/docs/boletindic\\_eneh](https://issuu.com/pro-ecuador/docs/boletindic_eneh)
- Puente, E. M. (2017). *Generación Eléctrica con biomasa. Elevación de la retribución en este tipo de tecnología*. Leganés. Obtenido de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/27777/TFG\\_Elena-Maria\\_Puente\\_Aranda\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/27777/TFG_Elena-Maria_Puente_Aranda_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pumisacho, M., y Stephen, S. (2002). *El cultivo de papa en Ecuador*. Quito. Obtenido de <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Quintero, C., y Quiroga, L. (2017). *Estimación del potencial energético a partir de la biomasa agrícola en el Departamento de Cundinamarca*. Bogotá. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5703/QuirogaVelascoLuisFelipe2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rizo, D. (2019). *Producción de papa con Buenas Prácticas Agrícolas*. Bélgica: Norvin Palma. Obtenido de [https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia\\_papa\\_1.pdf](https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_papa_1.pdf)
- Serrano, J., Mejía, W., Sánchez, A., y Salamea, S. (2017). Determinación del Potencial de Generación Eléctrica a Partir de Biomasa en el Ecuador. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 17, 41-61. Obtenido de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1592/1252>
- Serrato, C., y Cepeda, V. (2016). *Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el Departamento de Cundinamarca*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Cundinamarca, Bogotá. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3687/Documento%20final%20Metodolog%c3%ada%20Potencial%20Energ%c3%a9tico%20Biomasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- SICA. (2017). *Maíz en Ecuador*. Obtenido de Nuestras semillas: Maíz: <http://www.sancamillo.com.ec/maiz.html>
- Soria, V. (2020). *La Bioenergía: Presente y las perspectivas del uso energético de la biomasa*. Valencia: Universidad de Valencia. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2uYHEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA47&dq=Transformaciones+qu%C3%ADmicas+\(transesterificaci%C3%B3n\)+\(biomasa\)&ots=iRFE3Ui81F&sig=lc5larGMYBHcVCFxNiqUBjj5JbI#v=onepage&q=Transformaciones%20qu%C3%ADmicas%20\(transesterificaci%](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2uYHEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA47&dq=Transformaciones+qu%C3%ADmicas+(transesterificaci%C3%B3n)+(biomasa)&ots=iRFE3Ui81F&sig=lc5larGMYBHcVCFxNiqUBjj5JbI#v=onepage&q=Transformaciones%20qu%C3%ADmicas%20(transesterificaci%)
- Suárez, Y., Barrueta, M., Mesa, Y., y Sánchez, A. (2020). Valoración del potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate para su empleo como biocombustible. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(2). Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5862/586263256006/html/index.html>
- Varón, R. (2020). *Contextualización de la generación de la energía eléctrica*. Master's thesis, Universidad EAN. Obtenido de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9998/VaronRafael2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vásquez, F., y Fernández, H. (2020). *Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales* (Primera ed.). In Colloquium. Obtenido de <http://colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/view/43/39>
- Velásquez, J., Racines, M., Cruz, L., y Araujo, A. (2017). *El cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en el Ecuador: Tecnología de producción y manejo de semillas*. Carchi. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4433/1/iniapsc368.pdf>
- Velázquez, M., Fernández, E., López, I., y Salazar, D. (2011). Quantification of the residual biomass obtained from pruning of vineyards in Mediterranean. *Biomass and Bioenergy*, 7(35), 3453-3464. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953411002443>
- Viteri, P., Encalada, A., Martínez, J., Revelo, M., y Hinojosa, M. (2010). Solanáceas silvestres utilizadas como portainjertos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) con alto rendimiento, resistencia a enfermedades y mayor longevidad. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, ECU.*, 24.

- Obtenido de  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5137/1/iniapscbd371.pdf>
- Waldmueller, J., y Avalos, L. (2015). La soberanía alimentaria más allá de la técnica: Una aproximación global hacia un monitoreo intercultural. *Revista del Centro Andino de estudios Internacionales.*, 34. Obtenido de <file:///C:/Users/casa/Downloads/482-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1855-2-10-20190107.pdf>
- Yáñez, C., Mendoza, J., Caicedo, M., y Heredia, J. (2013). *El cultivo de maíz de altura.* Imbabura. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3302/1/iniapscpm190.pdf>
- Yang, C. (2011). Prediction of higher heating values of biomass from proximate. *Fuel*, 90(3), 1128-1132. doi:10.1016/j.fuel.2010.11.031
- Zambrano, J., Sangoquiza, C., Limongi, R., Alarcón, F., Zambrano, E., y Pinargote, L. (2019). *Situación del cultivo de maíz en Ecuador: investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap.* Colombia. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5457/1/iniapeppdf62.pdf>
- Zhiqiang, W., Wangcai, Y., Lin, C., Haiyu, M., Jun, Z., y Shuzhong, W. (2017). Morphology and microstructure of co-pyrolysis char from. *Applied Thermal Engineering*, 116, 24-32. Obtenido de <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431116338807>

## 5.4 Anexos

### 5.4.1 Anexo I. Listado los cantones de mayor producción de maíz, tomate de árbol de la Provincia de Tungurahua.

MINISTERIO DE  
AGRICULTURA Y GANADERÍA



DIRECCIÓN DISTRITAL MAG TUNGURAHUA				
LISTADO DE PRODUCTORES DE TOMATE DE ÁRBOL Y MAIZ SUAVE CHOCLO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
No	CANTON	PARROQUIA	CULTIVO	NOMBRE
1	BAÑOS	LA MATRIZ	MAIZ SUAVE CHOCLO	MIGUEL PEREZ
2	BAÑOS	LA MATRIZ	MAIZ SUAVE CHOCLO	WASHINGTON ARCOS
3	BAÑOS	LA MATRIZ	MAIZ SUAVE CHOCLO	ADRIANA ROBALINO
4	BAÑOS	LLIGUA	MAIZ SUAVE CHOCLO	NELLY RIVERA
5	PATATE	SUCRE	MAIZ SUAVE CHOCLO	LUIS SIGCHO
6	PATATE	SUCRE	MAIZ SUAVE CHOCLO	NERI PONCITANO TOSCANO
7	PATATE	SUCRE	MAIZ SUAVE CHOCLO	SEGUNDO EFRAÍN ROJANA
8	PATATE	PATATE	MAIZ SUAVE CHOCLO	WILMER HOMERO GOMEZ
9	PELILEO	SALASAKA	MAIZ SUAVE CHOCLO	RAUL MASAQUIZA
10	PELILEO	SALASAKA	MAIZ SUAVE CHOCLO	SEGUNDO RAUL MASAQUIZA
11	PELILEO	COTALO	MAIZ SUAVE CHOCLO	JUAN CHANGO
12	PELILEO	COTALO	MAIZ SUAVE CHOCLO	CARLOS MIRANDA
13	PELILEO	COTALO	MAIZ SUAVE CHOCLO	PATRICIA SALGUERO
14	PELILEO	COTALO	MAIZ SUAVE CHOCLO	ANGEL TOASA
15	PILLARO	EMILIO MARIA TERAN	MAIZ SUAVE CHOCLO	JORGE LUIS CHICAIZA
16	PILLARO	BAQUERIZO MORENO	MAIZ SUAVE CHOCLO	OLMEDO NARANJO
17	PELILEO	HUAMBALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	MANUEL EUCLIDES VILLACIS PAREDES
18	PELILEO	HUAMBALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	ZOILA ENCARNACION CRUZ FREIRE
19	PELILEO	HUAMBALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	SEGUNDO PEDRO CHAUCA PAREDES
20	PELILEO	HUAMBALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	MANUEL JOEL REVELO FREIRE VINUESA
21	PELILEO	HUAMBALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	ROBINSON FILIBERTO PAREDES CRUZ
22	PELILEO	COTALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	LORENZO YANTALEMA APULLON
23	PELILEO	COTALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	GLORIA ESPERANZA QUISPE IZA
24	PELILEO	COTALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	LUIS MANUEL CUNALATA MASAQUIZA
25	PELILEO	COTALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	ANA ROMELIA QUISPE CHILQUINGA
26	PELILEO	COTALÓ	MAIZ SUAVE CHOCLO	MARIANA DE JESUS GUATO CHICAIZA
27	PATATE	PATATE	MAIZ SUAVE CHOCLO	LUIS MARCELO CASTRO MUÑOZ
28	PATATE	PATATE	MAIZ SUAVE CHOCLO	HOLGER ROGELIO AGUIAR MUNOZ
29	PATATE	PATATE	MAIZ SUAVE CHOCLO	LILIAM MARUJA NIQUINGA CURIPALLO
30	PATATE	PATATE	MAIZ SUAVE CHOCLO	EDGAR RAUL MUÑOZ LOPEZ
31	PATATE	PATATE	MAIZ SUAVE CHOCLO	SEGUNDO ANTONIO CHICO CASTRO
32	PATATE	PATATE	MAIZ SUAVE CHOCLO	MARIA PUBENSA MARTINEZ
33	PATATE	PATATE	MAIZ SUAVE CHOCLO	GUILLERMO VILLAVICENCIO LOPEZ CHICAIZA
34	BAÑOS	BAÑOS	MAIZ SUAVE CHOCLO	JOSE LORENZO PADILLA SANCHEZ
35	BAÑOS	BAÑOS	MAIZ SUAVE CHOCLO	BLANCA ELODIA REYES LOPEZ
36	BAÑOS	BAÑOS	MAIZ SUAVE CHOCLO	JORGE LEONARDO NUÑEZ MARIÑO
37	BAÑOS	BAÑOS	MAIZ SUAVE CHOCLO	LEONARDO JOSE AMANCHA BARAHONA
38	BAÑOS	BAÑOS	MAIZ SUAVE CHOCLO	JENNY PAULINA ARCOS PEREZ

Fuente: MAG, 2019.

## Listado de Agricultores con mayor producción de tomate de árbol en la Provincia de Tungurahua.

1	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	LUCIO CHAUCA
2	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	LUIS PAREDES
3	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	RAUL MEDINA
4	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	LUIS PAREDES
5	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	GLORIA CHIPANTIZA
6	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	TEREZA GOMEZ
7	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	JEANETH SALAN
8	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	VINICIO TORRES
9	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	GLORIA CUNALATA
10	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	CRISTIAN CANDO
11	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	VICTOR GANAN
12	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	JACQUELINE MASAQUIZA
13	PELILEO	CHIQUICHA	TOMATE DE ARBOL	MARIA ELIDIA MORETA
14	PELILEO	CHIQUICHA	TOMATE DE ARBOL	ANGEL MORETA
15	PELILEO	CHIQUICHA	TOMATE DE ARBOL	SEGUNDO CHICAIZA
16	PELILEO	CHIQUICHA	TOMATE DE ARBOL	DARWIN MORETA
17	PELILEO	CHIQUICHA	TOMATE DE ARBOL	FREDDY CHUNCHO
18	BAÑOS	LA MATRIZ	TOMATE DE ARBOL	ANIBAL SANCHEZ
19	BAÑOS	BAÑOS	TOMATE DE ARBOL	SEGUNDO PEREZ
20	BAÑOS	LA MATRIZ	TOMATE DE ARBOL	SEGUNDO PEREZ
21	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	ANGEL AGUIRRE
22	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	ROSA DIAZ
23	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	SILVIA GOMEZ
24	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	INES BARRERA
25	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	YLANDA CAICEDO
26	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	CESAR CANDO
27	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	EDER MUÑOZ
28	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	FRANCISCO GONZALES
29	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	GENARO FLORES
30	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	SILVIA GOMEZ
31	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	GENARO GONZALES
32	PATATE	EL TRIUNFO	TOMATE DE ARBOL	WILSON IGLESIAS
33	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	LESANO FILEMON
34	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	FRANCISCO LLUGLLA
35	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	MARCELO BARRERA
36	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	ANITA MOLINA
37	PATATE	LOS ANDES	TOMATE DE ARBOL	ELI ORTIZ ROBALINO JORDAN
38	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	JAVIER PEREZ
39	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	TERESA PEREZ
40	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	JAIME SAILEMA
41	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	SERGIO MOPOSITA
42	PATATE	SUCRE	TOMATE DE ARBOL	SEGUNDO JULIO SIGCHO LANDA
43	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	MAYRA VARGAS
44	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	CESAR VILLAFUERTE
45	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	ANDRES MARIÑO
46	PELILEO	SALASACA	TOMATE DE ARBOL	ANGELINO MASAQUIZA
47	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	CARLOS SALGUERO
48	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	CARLOS VITERI
49	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	ULVI CHICAIZA
50	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	PATRICIA CHIPANTIZA
51	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	CLEMENCIA CAMPOS
52	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	CONSUELO SAMBACHE
53	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	CORINA QUILLE
54	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	FANNY AGUIRRE
55	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	FAUSTO ACOSTA

56	PELILEO	BENÍTEZ	TOMATE DE ARBOL	FRANCISCO GARCES
57	PELILEO	EL ROSARIO	TOMATE DE ARBOL	FRANKLIN MORETA
58	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	GERARDO PILLA
59	PELILEO	EL ROSARIO	TOMATE DE ARBOL	GUACHAMBOZA SEGUNDO FRANCISCO
60	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	JANETH GUATO
61	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	JESUS PONLUISA
62	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	JOHANA MARINIO
63	PELILEO	SALASACA	TOMATE DE ARBOL	JOSE MASAQUIZA
64	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	LETICIA CUNALATA
65	PELILEO	EL ROSARIO	TOMATE DE ARBOL	LUZ AMERICA YANZA
66	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	MAGALY PAREDES
67	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	MANUEL MARIÑO
68	PELILEO	PELILEO	TOMATE DE ARBOL	MANUEL SALAN
69	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	MARIA BARRERA
70	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	MARIANA NUÑEZ
71	PELILEO	CHIQUICHA	TOMATE DE ARBOL	MARTINEZ EDISON
72	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	NOEMI JINEZ
73	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	NORMA QUINTO
74	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	PATRICIA SALGUERO
75	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	GERARDO PILLA
76	PELILEO	CHIQUICHA	TOMATE DE ARBOL	JUAN ELIAS PIMBO
77	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	RODRIGO MARIÑO
78	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	ROSA GUATO
79	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	ROSA JIMENEZ
80	PELILEO	CHIQUICHA	TOMATE DE ARBOL	MARLENE SANCHEZ
81	PELILEO	EL ROSARIO	TOMATE DE ARBOL	MARIA LEONOR SAQUI
82	PELILEO	BENÍTEZ	TOMATE DE ARBOL	SEGUNDO GARCES
83	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	SILVIA EGAS
84	PELILEO	COTALO	TOMATE DE ARBOL	VICTOR ARCOS
85	PELILEO	SALASACA	TOMATE DE ARBOL	VIRGINIO MASAQUIZA
86	PELILEO	GARCIA MORENO	TOMATE DE ARBOL	ZOILA CUNALATA
87	PILLARO	EMILIO MARIA TERAN	TOMATE DE ARBOL	JOSE CHICAIZA
88	PILLARO	EMILIO MARIA TERAN	TOMATE DE ARBOL	ORLANDO CHICAIZA
89	PILLARO	PILLARO	TOMATE DE ARBOL	JORGE RUIZ
90	PILLARO	PILLARO	TOMATE DE ARBOL	MERCEDES TENORIO
91	PILLARO	EMILIO MARIA TERAN	TOMATE DE ARBOL	TORRES OSCAR
92	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	BERNARDO ZAMORA
93	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	FAUSTO TUSTON
94	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	LEONOR CHAVEZ
95	PATATE	PATATE	TOMATE DE ARBOL	TOMAS CHIQUITO

Fuente: MAG, 2019.

**5.4.2 Anexo II. 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				QUINATOA 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 SENAIDA			1	
42			ZUÑIGA GAVILANES GALO HERNÁN	1801608280			1
43		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 ARSENI	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.

### 5.4.3 Anexo III. 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 14779:2007 EX.

## ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el Subcomité 1 *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 16312/2013

© AENOR 2013  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Génova, 6  
28004 MADRID-España

info@aenor.es  
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201  
Fax: 913 104 032

El Páginas

#### 5.4.4 Anexo IV. Fichas de Observación para la recolección de datos.

##### 5.4.4.1 Etiquetas de la muestra

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO 			
PROYECTO DE DESARROLLO			
DEMARCACIÓN TUNGURAHUA			
CÓDIGO DE MUESTRA		Cantidad de Producción:	t
COORDENADAS			
TIPO DE RESIDUO			
LUGAR			
FECHA DE MUESTREO		HORA	
CONDICIONES DE CONSERVACIÓN			

Fuente: Elaboración propia.

### 5.4.4.2 Encuesta para la recolección de información para la evaluación del potencial energético.

#### ENCUESTA PARA EVALUACIÓN DE BIOMASA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

Instrucciones:

- Lea detenidamente la pregunta y responda solo lo solicitado.
- No se acepta tachones, borrones, ni enmendaduras.
- Responda las preguntas aquí formuladas.
- Se agradece contestar las preguntas con toda honestidad y sinceridad posible.

Objetivo:

- ✓ Recopilar información sobre la biomasa para el desarrollo del proyecto de investigación: evaluación de biomasa de residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol como recurso energético renovable en la provincia de Tungurahua.

**Preguntas:**

1. Cantón: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_
2. Dirección del cultivo: \_\_\_\_\_
3. Fecha: \_\_\_\_\_
4. Coordenadas: \_\_\_\_\_
5. Nombre del propietario: \_\_\_\_\_
6. Número de celular: \_\_\_\_\_
7. Tipo de cultivo: \_\_\_\_\_
8. Superficie de producción de cultivo (hectáreas): \_\_\_\_\_
9. Tipo de residuo: \_\_\_\_\_
10. Número de podas al año: \_\_\_\_\_
11. Kg de residuos por árbol: \_\_\_\_\_
12. Producción total del cultivo (toneladas): \_\_\_\_\_
13. Número total de plantas por hectárea: \_\_\_\_\_
14. Número de cosechas al año: \_\_\_\_\_
15. Tipo de cultivo:    Monocultivo                          Rotativo

## 5.4.5 Anexo V. ANÁLISIS DE BIOMASA.

### 5.4.5.1 Pretratamiento de las muestras

Biomasa de maíz	Biomasa de papa	Biomasa de tomate de árbol
 A photograph showing a person harvesting corn in a field. The corn plants are cut down, and the stalks are piled up. The background shows a rural landscape with hills and a cloudy sky.	 A photograph showing a person harvesting potatoes in a field. The soil is dark and the potato plants are cut down. The background shows a rural landscape with hills and a cloudy sky.	 A photograph showing a pile of cut tomato tree branches and leaves. The branches are light brown and the leaves are green.
 A close-up photograph showing a person wearing yellow gloves washing corn biomass in a blue bowl under running water in a sink.	 A close-up photograph showing a person wearing yellow gloves washing potato biomass in a blue bowl under running water in a sink.	 A close-up photograph showing a person wearing yellow gloves washing tomato tree biomass in a blue bowl under running water in a sink.



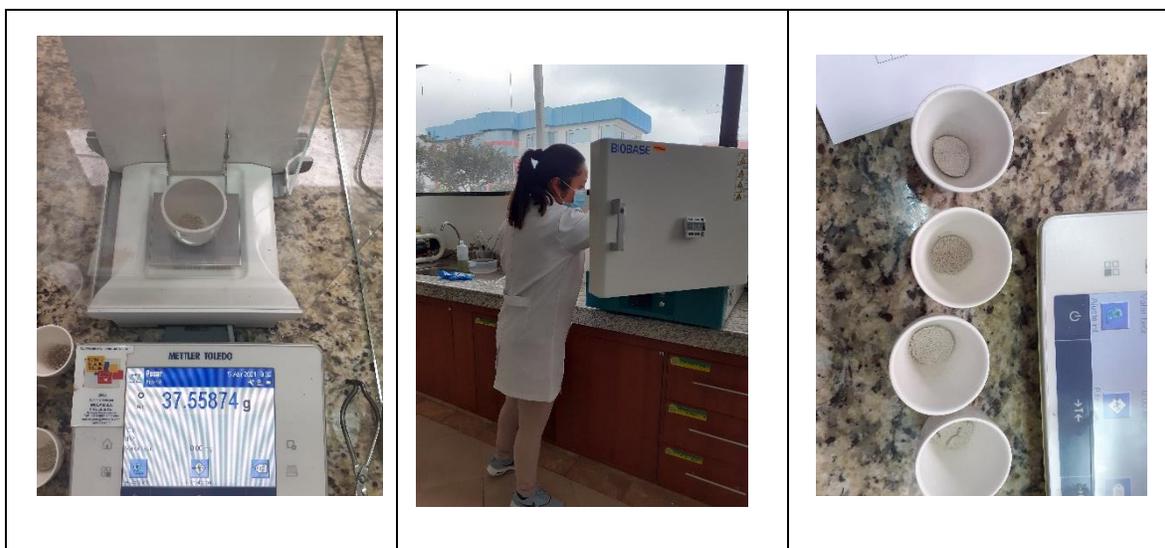
**5.4.5.2 Determinación del contenido de humedad**



### 5.4.5.3 Determinación del contenido de cenizas



### 5.4.5.3 Determinación del contenido de volátiles



#### 5.4.5.4 Determinación del poder calorífico



## 5.4.6 Anexo VI. Norma Española UNE-EN ISO 18122:2015.

# norma española

UNE-EN ISO 18122

Abril 2016

<b>TÍTULO</b>	<b>Biocombustibles sólidos</b> <b>Determinación del contenido de ceniza</b> <b>(ISO 18122:2015)</b>  <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>
<b>CORRESPONDENCIA</b>	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.
<b>OBSERVACIONES</b>	Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 14775:2010.
<b>ANTECEDENTES</b>	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

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 10833-2016

© AENOR 2016  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Gleadow, 6  
28004 MADRID-España

info@aenor.es  
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201  
Fax: 913 104 032

12 Páginas

## 5.4.7 Anexo VII. Norma española UNE-EN ISO 18123

# norma española

UNE-EN ISO 18123

Abril 2016

<b>TÍTULO</b>	<b>Biocombustibles sólidos</b>  <b>Determinación del contenido en materia volátil</b>  (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 ceniza en materia volátil (ISO 18123:2015).</i>
<b>CORRESPONDENCIA</b>	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.
<b>OBSERVACIONES</b>	Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 15148:2010.
<b>ANTECEDENTES</b>	Esta norma ha sido elaborada por el Subcomité 1 Biocombustibles sólidos cuya Secretaría desempeña CIEMAT, dentro del AENCTN 164 Biocombustibles sólidos.

## EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN ISO 18123

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 1834/2016

© AENOR 2016  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Ginebra, 6  
28004 MADRID-España

info@aenor.es  
www.aenor.es

Tel: 902 102 201  
Fax: 902 100 052

15 Páginas

#### 5.4.8 Anexo VIII Cantidad de Biomasa de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol 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.

<b>CULTIVO DE PAPA</b>					# de plantas por ha: 40000
<b>CANTÓN</b>	<b>SECTOR</b>	<b>(kg residuo postcosecha/planta)</b>	<b>área-terreno (ha)</b>	<b># plantas</b>	<b>Kg poda/ha</b>
AMBATO	Pilahuin- Mulanleo	0.38	0.50	20000	7600
	Totoras	0.39	0.40	16000	6240
	Juan Benigno Vela	0.3	0.20	8000	2400
	San Andrés	0.37	0.20	8000	2960
PÍLLARO	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
QUERO	Puñachisac	0.38	0.60	24000	9120
	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.

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

<b>CULTIVO DE MAÍZ</b>					# de plantas por ha: 75000
<b>CANTÓN</b>	<b>SECTOR</b>	<b>(kg residuo postcosecha/planta)</b>	<b>área-terreno (ha)</b>	<b># plantas</b>	<b>Kg poda/ha</b>

PÍLLARO	Santa Rita	0.2143	0.35	26250	5625.375
	San José de Poaló	0.2018	0.4	30000	6054
	Baquerizo Moreno	0.2075	0.2	15000	3112.5
PATATE	Los Andes	0.2106	0.1	7500	1579.5
	Sucre	0.2074	0.3	22500	4666.5
	Las Playas de Obraje	0.2098	0.1	7500	1573.5
PELILEO	García Moreno	0.2128	0.25	18750	3990
	Pelileo Grande	0.2156	0.38	28500	6144.6
	Pamatug	0.2105	0.71	53250	11209.125
BAÑOS	La Pampa	0.2142	0.28	21000	4498.2
	Juive Chico	0.2138	0.35	26250	5612.25
	Chamana	0.2087	0.30	22500	4695.75
				Promedio=	4896.775
				Kg.ha/año	9793.54
				=	
				tn/año =	9.79

Fuente: Elaboración propia.

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

<b>CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL</b>					# de plantas por ha: 2500
<b>CANTÓN</b>	<b>SECTOR</b>	(kg residuo postcosecha/planta)	área-terreno (ha)	# plantas	<b>Kg poda/ha</b>
PÍLLARO	Santa Rita	205.1	0.3	750	153825
	San José de Poaló	207.1	0.2	500	103550
	Baquerizo Moreno	202.4	0.4	1000	202400
PATATE	Los Andes	206.6	0.2	500	103300
	Sucre	210.2	0.2	500	105100
	Las Playas de Obraje	207.8	0.1	250	51950
PELILEO	García Moreno	212.7	0.4	1000	212700

	Pelileo Grande	208.1	0.1	250	52025
	Pamatug	205.7	0.38	950	195415
	La Pampa	209.11	0.3	750	156832.5
BAÑOS	Juive Chico	208.12	0.25	625	130075
	Chamana	210.1	0.15	375	78787.5
				Promedio=	128830
				Kg.ha/año	
				=	128830
				tn/año =	128.83

Fuente: Elaboración propia.

**5.4.9 Anexo IX Resultados de la determinación de Poder calorífico de los residuos agrícolas de los cultivos de papa, maíz y tomate de árbol 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-PP1-M1	51463780.50	15909066.01	15909.07
		2	UTA-RA-PP1-M2	50975099.78	15420385.29	15420.39
		3	UTA-RA-PP1-M3	51252322.26	15697607.77	15697.61
	San José de Poaló	1	UTA-RA-PP2-M1	50660013.06	15105298.57	15105.30
		2	UTA-RA-PP2-M2	51221993.02	15667278.53	15667.28
		3	UTA-RA-PP2-M3	51376221.44	15821506.95	15821.51
	San Miguelito	1	UTA-RA-PP3-M1	51066916.91	15512202.42	15512.20
		2	UTA-RA-PP3-M2	50696011.50	15141297.01	15141.30
		3	UTA-RA-PP3-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
				<b>Promedio</b>	15571671.39	15571.67

Fuente: Elaboración propia.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**CULTIVO DE MAÍZ**

CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	J/kg	Poder calorífico J/kg-poder calorífico del butanol	Poder calorífico MJ/tn
PÍLLARO	Santa Rita	1	UTA-RA-MPi1-M1	50714239.78	15159525.29	15159.52529
		2	UTA-RA-MPi1-M2	50689332.36	15134617.87	15134.61787
		3	UTA-RA-MPi1-M3	50938269.12	15383554.63	15383.55463
	San José de Poaló	1	UTA-RA-MPi2-M1	50956059.43	15401344.94	15401.34494
		2	UTA-RA-MPi2-M2	50946740.28	15392025.79	15392.02579
		3	UTA-RA-MPi2-M3	50603845.66	15049131.17	15049.13117
	Baquerizo Moreno	1	UTA-RA-MPi3-M1	50986425.45	15431710.96	15431.71096
		2	UTA-RA-MPi3-M2	50719476.14	15164761.65	15164.76165
		3	UTA-RA-MPi3-M3	50641337.11	15086622.62	15086.62262
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-MPa1-M1	50899996.12	15345281.63	15345.28163
		2	UTA-RA-MPa1-M2	50929088.76	15374374.27	15374.37427
		3	UTA-RA-MPa1-M3	50933333.75	15378619.26	15378.61926
	Sucre	1	UTA-RA-MPa2-M1	50946149.67	15391435.18	15391.43518
		2	UTA-RA-MPa2-M2	50591423.66	15036709.17	15036.70917
		3	UTA-RA-MPa2-M3	50889770.81	15335056.32	15335.05632
	Las Playas de Obraje	1	UTA-RA-MPa3-M1	50661464.09	15106749.60	15106.7496
		2	UTA-RA-MPa3-M2	50953835.86	15399121.37	15399.12137
		3	UTA-RA-MPa3-M3	50593855.51	15039141.02	15039.14102
PELILEO	García Moreno	1	UTA-RA-MPe1-M1	50924062.57	15369348.08	15369.34808
		2	UTA-RA-MPe1-M2	50979913.02	15425198.53	15425.19853
		3	UTA-RA-MPe1-M3	50937902.56	15383188.07	15383.18807
	Pelileo Grande	1	UTA-RA-MPe2-M1	50911029.10	15356314.61	15356.31461
		2	UTA-RA-MPe2-M2	50971382.00	15416667.51	15416.66751
		3	UTA-RA-MPe2-M3	50600017.27	15045302.78	15045.30278
	Pamatug	1	UTA-RA-MPe3-M1	50969003.60	15414289.11	15414.28911
		2	UTA-RA-MPe3-M2	50875089.64	15320375.15	15320.37515
		3	UTA-RA-MPe3-M3	50883274.23	15328559.74	15328.55974
BAÑOS	La Pampa	1	UTA-RA-MB1-M1	50980881.77	15426167.28	15426.16728
		2	UTA-RA-MB1-M2	50944560.73	15389846.24	15389.84624
		3	UTA-RA-MB1-M3	50903628.22	15348913.73	15348.91373
	Juive Chico	1	UTA-RA-MB2-M1	50923094.25	15368379.76	15368.37976
		2	UTA-RA-MB2-M2	50921619.50	15366905.01	15366.90501
		3	UTA-RA-MB2-M3	50743574.84	15188860.35	15188.86035
	Chamana	1	UTA-RA-MB3-M1	50581026.16	15026311.67	15026.31167
		2	UTA-RA-MB3-M2	50951243.50	15396529.01	15396.52901
		3	UTA-RA-MB3-M3	50937667.68	15382953.19	15382.95319
<b>Promedio</b>					15293441.46	15293.44146

Fuente: Elaboración propia.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
CULTIVO DE MAÍZ						
CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	J/kg	Poder calorífico J/kg	Poder calorífico MJ/tn
PÍLLARO	Santa Rita	1	UTA-RA-MPi1-M1	50308721.72	14754007.23	14754.00723
		2	UTA-RA-MPi1-M2	50452112.30	14897397.81	14897.39781
		3	UTA-RA-MPi1-M3	50226085.01	14671370.52	14671.37052
	San José de Poaló	1	UTA-RA-MPi2-M1	50453144.00	14898429.51	14898.42951
		2	UTA-RA-MPi2-M2	50971933.28	15417218.79	15417.21879
		3	UTA-RA-MPi2-M3	50675809.22	15121094.73	15121.09473
	Baquerizo Moreno	1	UTA-RA-MPi3-M1	50226085.01	14671370.52	14671.37052
		2	UTA-RA-MPi3-M2	50971933.50	15417219.01	15417.21901
		3	UTA-RA-MPi3-M3	50569142.28	15014427.79	15014.42779
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-MPa1-M1	50969002.16	15414287.67	15414.28767
		2	UTA-RA-MPa1-M2	50708662.54	15153948.05	15153.94805
		3	UTA-RA-MPa1-M3	50823721.85	15269007.36	15269.00736
	Sucre	1	UTA-RA-MPa2-M1	50313496.36	14758781.87	14758.78187
		2	UTA-RA-MPa2-M2	50822164.18	15267449.69	15267.44969
		3	UTA-RA-MPa2-M3	50889981.36	15335266.87	15335.26687
	Las Playas de Obraje	1	UTA-RA-MPa3-M1	50018801.06	14464086.57	14464.08657
		2	UTA-RA-MPa3-M2	50999240.72	15444526.23	15444.52623
		3	UTA-RA-MPa3-M3	50369907.25	14815192.76	14815.19276
PELILEO	García Moreno	1	UTA-RA-MPe1-M1	50850696.15	15295981.66	15295.98166
		2	UTA-RA-MPe1-M2	50615513.57	15060799.08	15060.79908
		3	UTA-RA-MPe1-M3	50570109.13	15015394.64	15015.39464
	Pelileo Grande	1	UTA-RA-MPe2-M1	50654705.39	15099990.9	15099.9909
		2	UTA-RA-MPe2-M2	50238017.67	14683303.18	14683.30318
		3	UTA-RA-MPe2-M3	50209153.21	14654438.72	14654.43872
	Pamatug	1	UTA-RA-MPe3-M1	50405993.76	14851279.27	14851.27927
		2	UTA-RA-MPe3-M2	50426626.90	14871912.41	14871.91241
		3	UTA-RA-MPe3-M3	50884797.15	15330082.66	15330.08266
BAÑOS	La Pampa	1	UTA-RA-MB1-M1	50266687.14	14711972.65	14711.97265
		2	UTA-RA-MB1-M2	50445628.45	14890913.96	14890.91396
		3	UTA-RA-MB1-M3	50914899.25	15360184.76	15360.18476
	Juive Chico	1	UTA-RA-MB2-M1	50555807.73	15001093.24	15001.09324
		2	UTA-RA-MB2-M2	50742338.56	15187624.07	15187.62407
		3	UTA-RA-MB2-M3	50845816.53	15291102.04	15291.10204
	Chamana	1	UTA-RA-MB3-M1	50422759.41	14868044.92	14868.04492
		2	UTA-RA-MB3-M2	50432176.24	14877461.75	14877.46175
		3	UTA-RA-MB3-M3	50083361.36	14528646.87	14528.64687
				promedio	15010147.49	15010.14749

Fuente: Elaboración propia.

**5.4.10 Anexo X 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.**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>				
<b>CULTIVO DE PAPA</b>				
<b>CANTÓN</b>	<b>Localidad</b>	<b># de Repetición</b>	<b>Código de muestra</b>	<b>% de Humedad</b>
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.



**CULTIVO DE MAÍZ**

CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	% de Humedad
PÍLLARO	Santa Rita	1	UTA-RA-MPi1-M1	12.56
		2	UTA-RA-MPi1-M2	12.27
		3	UTA-RA-MPi1-M3	12.87
	San José de Poaló	1	UTA-RA-MPi2-M1	12.87
		2	UTA-RA-MPi2-M2	12.47
		3	UTA-RA-MPi2-M3	12.28
	Baquerizo Moreno	1	UTA-RA-MPi3-M1	12.33
		2	UTA-RA-MPi3-M2	12.21
		3	UTA-RA-MPi3-M3	12.09
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-MPa1-M1	12.40
		2	UTA-RA-MPa1-M2	12.33
		3	UTA-RA-MPa1-M3	12.40
	Sucre	1	UTA-RA-MPa2-M1	11.70
		2	UTA-RA-MPa2-M2	11.00
		3	UTA-RA-MPa2-M3	11.26
	Las Playas de Obraje	1	UTA-RA-MPa3-M1	12.27
		2	UTA-RA-MPa3-M2	12.29
		3	UTA-RA-MPa3-M3	12.48
PELILEO	García Moreno	1	UTA-RA-MPe1-M1	11.73
		2	UTA-RA-MPe1-M2	11.83
		3	UTA-RA-MPe1-M3	11.71
	Pelileo Grande	1	UTA-RA-MPe2-M1	12.44
		2	UTA-RA-MPe2-M2	12.14
		3	UTA-RA-MPe2-M3	12.33
	Pamatug	1	UTA-RA-MPe3-M1	12.95
		2	UTA-RA-MPe3-M2	12.14
		3	UTA-RA-MPe3-M3	12.86
BAÑOS	La Pampa	1	UTA-RA-MB1-M1	12.04
		2	UTA-RA-MB1-M2	12.46
		3	UTA-RA-MB1-M3	12.30
	Juive Chico	1	UTA-RA-MB2-M1	12.12
		2	UTA-RA-MB2-M2	12.18
		3	UTA-RA-MB2-M3	12.61
	Chamana	1	UTA-RA-MB3-M1	12.21
		2	UTA-RA-MB3-M2	12.62
		3	UTA-RA-MB3-M3	12.75
			Promedio	12.28

Fuente: Elaboración propia.



**CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL**

CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	% de Humedad
PÍLLARO	Emilio Terán	1	UTA-RA-TPi1-M1	10.71
		2	UTA-RA-TPi1-M2	10.23
		3	UTA-RA-TPi1-M3	10.84
	San Carlos	1	UTA-RA-TPi2-M1	10.20
		2	UTA-RA-TPi2-M2	10.26
		3	UTA-RA-TPi2-M3	10.48
	Yacupamba	1	UTA-RA-TPi3-M1	10.68
		2	UTA-RA-TPi3-M2	10.32
		3	UTA-RA-TPi3-M3	10.45
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-TPa1-M1	10.61
		2	UTA-RA-TPa1-M2	10.82
		3	UTA-RA-TPa1-M3	10.94
	Sucre	1	UTA-RA-TPa2-M1	10.76
		2	UTA-RA-TPa2-M2	10.87
		3	UTA-RA-TPa2-M3	10.76
	El Triunfo	1	UTA-RA-TPa3-M1	10.59
		2	UTA-RA-TPa3-M2	10.61
		3	UTA-RA-TPa3-M3	10.48
PELILEO	Salasaca	1	UTA-RA-TPe1-M1	10.76
		2	UTA-RA-TPe1-M2	10.48
		3	UTA-RA-TPe1-M3	10.45
	Pemeo Grande - Sector Moyaquito	1	UTA-RA-TPe2-M1	10.90
		2	UTA-RA-TPe2-M2	10.84
		3	UTA-RA-TPe2-M3	10.93
	García Moreno	1	UTA-RA-TPe3-M1	10.29
		2	UTA-RA-TPe3-M2	10.20
		3	UTA-RA-TPe3-M3	10.17
BAÑOS	Juive Chico	1	UTA-RA-TB1-M1	10.92
		2	UTA-RA-TB1-M2	10.82
		3	UTA-RA-TB1-M3	10.98
	Chamana	1	UTA-RA-TB2-M1	10.89
		2	UTA-RA-TB2-M2	10.78
		3	UTA-RA-TB2-M3	10.99
	La Matriz	1	UTA-RA-TB3-M1	10.87
		2	UTA-RA-TB3-M2	10.97
		3	UTA-RA-TB3-M3	10.83
			Promedio	10.66

Fuente: Elaboración propia.

**5.4.11 Anexo XI 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 mufia	% 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.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
CULTIVO DE MAÍZ								
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
PÍLLARO	Santa Rita	1	UTA-RA-MPi1-M1	25.7575	1.0044	26.7619	25.8749	2.07
		2	UTA-RA-MPi1-M2	30.4220	1.0112	31.4332	30.4037	2.05
		3	UTA-RA-MPi1-M3	28.4925	1.0384	29.5309	28.4724	2.27
	San José de Poaló	1	UTA-RA-MPi2-M1	26.5713	1.0365	27.6078	26.7645	2.33
		2	UTA-RA-MPi2-M2	33.8345	1.0418	34.8763	33.9910	2.09
		3	UTA-RA-MPi2-M3	40.2665	1.0532	41.3197	40.0009	2.01
	Baquerizo Moreno	1	UTA-RA-MPi3-M1	26.0485	1.0029	27.0514	26.2933	2.25
		2	UTA-RA-MPi3-M2	35.9058	1.0070	36.9128	35.7875	2.63
		3	UTA-RA-MPi3-M3	30.3977	1.0066	31.4043	30.6003	2.15
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-MPa1-M1	38.7881	1.0252	39.8133	38.5739	2.13
		2	UTA-RA-MPa1-M2	27.7130	1.0240	28.7370	27.9683	2.36
		3	UTA-RA-MPa1-M3	37.4737	1.0791	38.5528	37.2605	2.37
	Sucre	1	UTA-RA-MPa2-M1	27.4547	1.0082	28.4629	27.4448	2.29
		2	UTA-RA-MPa2-M2	26.0003	1.0222	27.0225	26.0956	2.67
		3	UTA-RA-MPa2-M3	28.5651	1.0105	29.5756	28.7285	2.38
	Las Playas de Obraje	1	UTA-RA-MPa3-M1	34.3708	1.0503	35.4211	34.2164	2.27
		2	UTA-RA-MPa3-M2	26.5740	1.0095	27.5835	26.7120	2.26
		3	UTA-RA-MPa3-M3	31.6824	1.0033	32.6857	31.8527	2.10
PELILEO	García Moreno	1	UTA-RA-MPe1-M1	38.7913	1.0063	39.7976	38.6911	2.54
		2	UTA-RA-MPe1-M2	33.8373	1.0128	34.8501	33.7690	2.82
		3	UTA-RA-MPe1-M3	30.4012	1.0105	31.4117	30.3537	2.90
	Pelileo Grande	1	UTA-RA-MPe2-M1	27.7337	1.0322	28.7659	27.7587	2.75
		2	UTA-RA-MPe2-M2	27.6379	1.0060	28.6439	27.8540	2.58
		3	UTA-RA-MPe2-M3	34.9813	1.0347	36.0160	34.7408	2.52
	Pamatug	1	UTA-RA-MPe3-M1	24.4406	1.0058	25.4464	24.4920	2.74
		2	UTA-RA-MPe3-M2	25.3043	1.0092	26.3135	25.3492	2.56
		3	UTA-RA-MPe3-M3	26.0529	1.0084	27.0613	26.0719	2.58
BAÑOS	La Pampa	1	UTA-RA-MB1-M1	25.7582	1.0296	26.7878	25.8180	2.75
		2	UTA-RA-MB1-M2	26.9270	1.0045	27.9315	26.9292	2.84
		3	UTA-RA-MB1-M3	26.0012	1.0033	27.0045	26.2560	2.72
	Juive Chico	1	UTA-RA-MB2-M1	34.3774	1.0056	35.3830	34.4849	2.62
		2	UTA-RA-MB2-M2	37.4763	1.0055	38.4818	37.2580	2.75
		3	UTA-RA-MB2-M3	28.4942	1.0352	29.5294	28.8401	2.70
	Chamana	1	UTA-RA-MB3-M1	40.2698	1.0129	41.2827	40.022	2.84
		2	UTA-RA-MB3-M2	30.5376	1.0017	31.5393	30.5619	2.70
		3	UTA-RA-MB3-M3	30.4247	1.0137	31.4384	29.5470	2.88
						Promedio	2.47	

Fuente: Elaboración propia.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL**

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
PÍLLARO	Emilio Terán	1	UTA-RA-TPi1-M1	34.3800	1.0739	35.4539	34.4982	11.01
		2	UTA-RA-TPi1-M2	25.3052	1.0157	26.3209	25.4176	11.07
		3	UTA-RA-TPi1-M3	27.7368	1.0536	28.7904	27.8531	11.04
	San Carlos	1	UTA-RA-TPi2-M1	26.5782	1.0153	27.5935	26.6899	11.00
		2	UTA-RA-TPi2-M2	24.4870	1.0363	25.5233	24.6015	11.05
		3	UTA-RA-TPi2-M3	28.5707	1.0158	29.5865	28.6843	11.18
	Yacupamba	1	UTA-RA-TPi3-M1	35.9160	1.0758	36.9918	36.0435	11.85
		2	UTA-RA-TPi3-M2	27.6420	1.0139	28.6559	27.7624	11.87
		3	UTA-RA-TPi3-M3	30.4269	1.0105	31.4374	30.5446	11.65
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-TPa1-M1	28.5667	1.0263	29.5930	28.6826	11.29
		2	UTA-RA-TPa1-M2	24.4838	1.0067	25.4905	24.5987	11.41
		3	UTA-RA-TPa1-M3	27.7160	1.0703	28.7863	27.8363	11.24
	Sucre	1	UTA-RA-TPa2-M1	39.6054	1.0313	40.6367	39.7189	11.01
		2	UTA-RA-TPa2-M2	27.4558	1.0255	28.4813	27.5713	11.26
		3	UTA-RA-TPa2-M3	35.9118	1.0623	36.9741	36.0326	11.37
	El Triunfo	1	UTA-RA-TPa3-M1	38.7948	1.0575	39.8523	38.9133	11.21
		2	UTA-RA-TPa3-M2	26.0034	1.0081	27.0115	26.1186	11.43
		3	UTA-RA-TPa3-M3	24.4403	1.0053	25.4456	24.5513	11.04
PELILEO	Salasaca	1	UTA-RA-TPe1-M1	27.7202	1.0626	28.7828	27.8401	11.28
		2	UTA-RA-TPe1-M2	26.9284	1.0480	27.9764	27.0458	11.20
		3	UTA-RA-TPe1-M3	37.4786	1.0142	38.4928	37.5908	11.06
	Pemeo Grande - Sector Mesas	1	UTA-RA-TPe2-M1	40.2715	1.0481	41.3196	40.3881	11.12
		2	UTA-RA-TPe2-M2	30.4045	1.0173	31.4218	30.5193	11.28
		3	UTA-RA-TPe2-M3	27.4578	1.0176	28.4754	27.5728	11.30
	García Moreno	1	UTA-RA-TPe3-M1	31.6873	1.0080	32.6953	31.7997	11.15
		2	UTA-RA-TPe3-M2	25.7595	1.0381	26.7976	25.8787	11.48
		3	UTA-RA-TPe3-M3	34.9887	1.0342	36.0229	35.1059	11.33
BAÑOS	Juive Chico	1	UTA-RA-TB1-M1	30.5391	1.0981	31.6372	30.6737	12.26
		2	UTA-RA-TB1-M2	26.0533	1.0052	27.0585	26.1758	12.19
		3	UTA-RA-TB1-M3	39.6110	1.0136	40.6246	39.7340	12.13
	Chamana	1	UTA-RA-TB2-M1	33.8411	1.0358	34.8769	33.9654	12.00
		2	UTA-RA-TB2-M2	28.4967	1.0324	29.5291	28.6233	12.26
		3	UTA-RA-TB2-M3	26.0067	1.0171	27.0238	26.1309	12.21
	La Matriz	1	UTA-RA-TB3-M1	28.5749	1.0129	29.5878	28.6967	12.02
		2	UTA-RA-TB3-M2	26.5812	1.0616	27.6428	26.7112	12.25
		3	UTA-RA-TB3-M3	26.9304	1.0123	27.9427	27.0536	12.17
						Promedio	11.49	

Fuente: Elaboración propia.

**5.4.12 Anexo XII Resultados de la determinación del contenido de volátiles 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	% humedad	% Volátiles
AMBATO	Pilahuín-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-PPi1-M1	27.7287	1.0310	28.7597	27.9206	9.92	71.47
		2	UTA-RA-PPi1-M2	34.9752	1.0113	35.9865	35.1659	9.72	71.42
		3	UTA-RA-PPi1-M3	24.4802	1.0054	25.4856	24.6695	9.83	71.34
	San José de Poaló	1	UTA-RA-PPi2-M1	25.3065	1.0162	26.3227	25.4921	9.77	71.97
		2	UTA-RA-PPi2-M2	31.6815	1.0224	32.7039	31.8715	9.94	71.48
		3	UTA-RA-PPi2-M3	39.6056	1.0106	40.6162	39.797	9.86	71.20
	San Miguelito	1	UTA-RA-PPi3-M1	26.9255	1.0143	27.9398	27.1109	9.89	71.83
		2	UTA-RA-PPi3-M2	24.4412	1.0175	25.4587	24.6308	9.78	71.59
		3	UTA-RA-PPi3-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.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
CULTIVO DE MAÍZ									
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
PÍLLARO	Santa Rita	1	UTA-RA-MPi1-M1	25.7575	1.0044	26.7619	25.8076	12.56	82.45
		2	UTA-RA-MPi1-M2	30.4220	1.0112	31.4332	30.4747	12.27	82.52
		3	UTA-RA-MPi1-M3	28.4925	1.0384	29.5309	28.5399	12.87	82.57
	San José de Poaló	1	UTA-RA-MPi2-M1	26.5713	1.0365	27.6078	26.6199	12.87	82.44
		2	UTA-RA-MPi2-M2	33.8345	1.0418	34.8763	33.8890	12.47	82.30
		3	UTA-RA-MPi2-M3	40.2665	1.0532	41.3197	40.3150	12.28	83.11
	Baquerizo Moreno	1	UTA-RA-MPi3-M1	26.0485	1.0029	27.0514	26.1013	12.33	82.41
		2	UTA-RA-MPi3-M2	35.9058	1.0070	36.9128	35.9594	12.21	82.47
		3	UTA-RA-MPi3-M3	30.3977	1.0066	31.4043	30.4548	12.09	82.24
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-MPa1-M1	38.7881	1.0252	39.8133	38.8396	12.40	82.58
		2	UTA-RA-MPa1-M2	27.7130	1.0240	28.7370	27.7687	12.33	82.23
		3	UTA-RA-MPa1-M3	37.4737	1.0791	38.5528	37.5285	12.40	82.52
	Sucre	1	UTA-RA-MPa2-M1	27.4547	1.0082	28.4629	27.5148	11.70	82.34
		2	UTA-RA-MPa2-M2	26.0003	1.0222	27.0225	26.0695	11.00	82.23
		3	UTA-RA-MPa2-M3	28.5651	1.0105	29.5756	28.6314	11.26	82.18
	Las Playas de Obraje	1	UTA-RA-MPa3-M1	34.3708	1.0503	35.4211	34.4270	12.27	82.38
		2	UTA-RA-MPa3-M2	26.574	1.0095	27.5835	26.6287	12.29	82.29
		3	UTA-RA-MPa3-M3	31.6824	1.0033	32.6857	31.7342	12.48	82.36
PELILEO	García Moreno	1	UTA-RA-MPe1-M1	38.7913	1.0063	39.7976	38.8486	11.73	82.58
		2	UTA-RA-MPe1-M2	33.8373	1.0128	34.8501	33.8987	11.83	82.11
		3	UTA-RA-MPe1-M3	30.4012	1.0105	31.4117	30.4572	11.71	82.75
	Pelileo Grande	1	UTA-RA-MPe2-M1	27.7337	1.0322	28.7659	27.7861	12.44	82.48
		2	UTA-RA-MPe2-M2	27.6379	1.0060	28.6439	27.6893	12.14	82.75
		3	UTA-RA-MPe2-M3	34.9813	1.0347	36.0160	35.0389	12.33	82.10
	Pamatug	1	UTA-RA-MPe3-M1	24.4406	1.0058	25.4464	24.4899	12.95	82.15
		2	UTA-RA-MPe3-M2	25.3043	1.0092	26.3135	25.3596	12.14	82.38
		3	UTA-RA-MPe3-M3	26.0529	1.0084	27.0613	26.1035	12.86	82.12
BAÑOS	La Pampa	1	UTA-RA-MB1-M1	25.7582	1.0296	26.7878	25.8126	12.04	82.68
		2	UTA-RA-MB1-M2	26.927	1.0045	27.9315	26.9801	12.46	82.25
		3	UTA-RA-MB1-M3	26.0012	1.0033	27.0045	26.0578	12.30	82.06
	Juive Chico	1	UTA-RA-MB2-M1	34.3774	1.0056	35.3830	34.4299	12.12	82.66
		2	UTA-RA-MB2-M2	37.4763	1.0055	38.4818	37.5334	12.18	82.14
		3	UTA-RA-MB2-M3	28.4942	1.0352	29.5294	28.5442	12.61	82.56
	Chamana	1	UTA-RA-MB3-M1	40.2698	1.0129	41.2827	40.3261	12.21	82.23
		2	UTA-RA-MB3-M2	30.5376	1.0017	31.5393	30.5909	12.62	82.06
		3	UTA-RA-MB3-M3	30.4247	1.0137	31.4384	30.4758	12.75	82.21
								Promedio	82.38

Fuente: Elaboración propia.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL

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
PÍLLARO	Emilio Terán	1	UTA-RA-TPi1-M1	34.3800	1.0739	35.4539	34.4828	10.71	79.72
		2	UTA-RA-TPi1-M2	25.3052	1.0157	26.3209	25.4078	10.23	79.67
		3	UTA-RA-TPi1-M3	27.7368	1.0536	28.7904	27.8385	10.84	79.51
	San Carlos	1	UTA-RA-TPi2-M1	26.5782	1.0153	27.5935	26.6857	10.20	79.21
		2	UTA-RA-TPi2-M2	24.487	1.0363	25.5233	24.5897	10.26	79.83
		3	UTA-RA-TPi2-M3	28.5707	1.0158	29.5865	28.6684	10.48	79.90
	Yacupamba	1	UTA-RA-TPi3-M1	35.916	1.0758	36.9918	36.0216	10.68	79.50
		2	UTA-RA-TPi3-M2	27.642	1.0139	28.6559	27.7409	10.32	79.93
		3	UTA-RA-TPi3-M3	30.4269	1.0105	31.4374	30.5241	10.45	79.93
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-TPa1-M1	28.5667	1.0263	29.5930	28.6677	10.61	79.55
		2	UTA-RA-TPa1-M2	24.4838	1.0067	25.4905	24.5832	10.82	79.31
		3	UTA-RA-TPa1-M3	27.716	1.0703	28.7863	27.8186	10.94	79.47
	Sucre	1	UTA-RA-TPa2-M1	39.6054	1.0313	40.6367	39.7077	10.76	79.32
		2	UTA-RA-TPa2-M2	27.4558	1.0255	28.4813	27.5543	10.87	79.52
		3	UTA-RA-TPa2-M3	35.9118	1.0623	36.9741	36.019	10.76	79.15
	El Triunfo	1	UTA-RA-TPa3-M1	38.7948	1.0575	39.8523	38.8998	10.59	79.48
		2	UTA-RA-TPa3-M2	26.0034	1.0081	27.0115	26.1023	10.61	79.58
		3	UTA-RA-TPa3-M3	24.4403	1.0053	25.4456	24.5452	10.48	79.09
PELILEO	Salasaca	1	UTA-RA-TPe1-M1	27.7202	1.0626	28.7828	27.8243	10.76	79.44
		2	UTA-RA-TPe1-M2	26.9284	1.048	27.9764	27.0341	10.48	79.43
		3	UTA-RA-TPe1-M3	37.4786	1.0142	38.4928	37.5797	10.45	79.58
	Pelileo Grande - Sector Mayorista	1	UTA-RA-TPe2-M1	40.2715	1.0481	41.3196	40.3672	10.90	79.97
		2	UTA-RA-TPe2-M2	30.4045	1.0173	31.4218	30.4980	10.84	79.97
		3	UTA-RA-TPe2-M3	27.4578	1.0176	28.4754	27.5519	10.93	79.82
	García Moreno	1	UTA-RA-TPe3-M1	31.6873	1.008	32.6953	31.7925	10.29	79.27
		2	UTA-RA-TPe3-M2	25.7595	1.0381	26.7976	25.8680	10.20	79.35
		3	UTA-RA-TPe3-M3	34.9887	1.0342	36.0229	35.0984	10.17	79.22
BAÑOS	Juive Chico	1	UTA-RA-TB1-M1	30.5391	1.0981	31.6372	30.6472	10.92	79.24
		2	UTA-RA-TB1-M2	26.0533	1.0052	27.0585	26.1493	10.82	79.63
		3	UTA-RA-TB1-M3	39.611	1.0136	40.6246	39.7085	10.98	79.40
	Chamana	1	UTA-RA-TB2-M1	33.8411	1.0358	34.8769	33.9495	10.89	78.64
		2	UTA-RA-TB2-M2	28.4967	1.0324	29.5291	28.6006	10.78	79.16
		3	UTA-RA-TB2-M3	26.0067	1.0171	27.0238	26.1138	10.99	78.48
	La Matriz	1	UTA-RA-TB3-M1	28.5749	1.0129	29.5878	28.6744	10.87	79.31
		2	UTA-RA-TB3-M2	26.5812	1.0616	27.6428	26.6855	10.97	79.21
		3	UTA-RA-TB3-M3	26.9304	1.0123	27.9427	27.0285	10.83	79.48
							Promedio	79.45	

Fuente: Elaboración propia.

**5.4.13 Anexo XIII Resultados de la determinación del contenido de carbono fijo 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	% Cenizas	% Volátiles	% Contenido en Carbono Fijo
AMBATO	Pilahuin-Mulanleo	1	UTA-RA-PA1-M1	10.01	14.87	71.89	13.23
		2	UTA-RA-PA1-M2	10.11	15.07	71.71	13.22
		3	UTA-RA-PA1-M3	10.23	14.99	71.89	13.12
	Totoras	1	UTA-RA-PA2-M1	9.93	14.74	71.65	13.61
		2	UTA-RA-PA2-M2	9.80	14.98	71.54	13.48
		3	UTA-RA-PA2-M3	9.89	14.77	71.18	14.05
	Juan Benigno Vela	1	UTA-RA-PA3-M1	9.92	14.79	71.72	13.49
		2	UTA-RA-PA3-M2	9.82	14.70	71.63	13.67
		3	UTA-RA-PA3-M3	9.86	14.63	71.45	13.92
PÍLLARO	San Andrés	1	UTA-RA-PP1-M1	9.92	14.88	71.47	13.65
		2	UTA-RA-PP1-M2	9.72	14.75	71.42	13.82
		3	UTA-RA-PP1-M3	9.83	14.66	71.34	14.00
	San José de Poaló	1	UTA-RA-PP2-M1	9.77	14.92	71.97	13.12
		2	UTA-RA-PP2-M2	9.94	14.86	71.48	13.67
		3	UTA-RA-PP2-M3	9.86	14.93	71.20	13.87
	San Miguelito	1	UTA-RA-PP3-M1	9.89	14.85	71.83	13.32
		2	UTA-RA-PP3-M2	9.78	14.90	71.59	13.51
		3	UTA-RA-PP3-M3	9.74	14.61	71.75	13.64
MOCHA	La Dolorosa	1	UTA-RA-PM1-M1	9.89	14.19	71.57	14.24
		2	UTA-RA-PM1-M2	9.92	14.42	71.85	13.72
		3	UTA-RA-PM1-M3	9.71	14.35	71.21	14.43
	Yanayacu	1	UTA-RA-PM2-M1	9.74	14.46	71.97	13.57
		2	UTA-RA-PM2-M2	9.71	14.47	71.78	13.76
		3	UTA-RA-PM2-M3	9.88	14.60	71.74	13.65
	Cruz de Mayo	1	UTA-RA-PM3-M1	9.82	14.64	71.66	13.70
		2	UTA-RA-PM3-M2	9.94	14.19	71.83	13.97
		3	UTA-RA-PM3-M3	9.87	14.82	71.42	13.76
QUERO	Puñachisac	1	UTA-RA-PQ1-M1	9.85	14.83	71.35	13.82
		2	UTA-RA-PQ1-M2	9.85	14.74	71.29	13.97
		3	UTA-RA-PQ1-M3	9.78	14.38	71.75	13.87
	La Matriz	1	UTA-RA-PQ2-M1	9.91	14.27	71.95	13.78
		2	UTA-RA-PQ2-M2	9.76	14.35	71.63	14.01
		3	UTA-RA-PQ2-M3	9.85	14.17	71.73	14.10
	Rumipamba	1	UTA-RA-PQ3-M1	9.78	14.44	71.32	14.24
		2	UTA-RA-PQ3-M2	9.71	14.56	71.96	13.49
		3	UTA-RA-PQ3-M3	9.70	14.84	71.67	13.49
						promedio	13.72

Fuente: Elaboración propia.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**CULTIVO DE MAÍZ**

CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	% de Humedad	% Cenizas	% Volátiles	% Contenido en Carbono Fijo
PÍLLARO	Santa Rita	1	UTA-RA-MPi1-M1	12.56	2.07	82.45	15.48
		2	UTA-RA-MPi1-M2	12.27	2.05	82.52	15.43
		3	UTA-RA-MPi1-M3	12.87	2.27	82.57	15.16
	San José de Poaló	1	UTA-RA-MPi2-M1	12.87	2.33	82.44	15.23
		2	UTA-RA-MPi2-M2	12.47	2.09	82.30	15.61
		3	UTA-RA-MPi2-M3	12.28	2.01	83.11	14.88
	Baquerizo Moreno	1	UTA-RA-MPi3-M1	12.33	2.25	82.41	15.34
		2	UTA-RA-MPi3-M2	12.21	2.63	82.47	14.90
		3	UTA-RA-MPi3-M3	12.09	2.15	82.24	15.61
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-MPa1-M1	12.40	2.13	82.58	15.29
		2	UTA-RA-MPa1-M2	12.33	2.36	82.23	15.41
		3	UTA-RA-MPa1-M3	12.40	2.37	82.52	15.11
	Sucre	1	UTA-RA-MPa2-M1	11.70	2.29	82.34	15.37
		2	UTA-RA-MPa2-M2	11.00	2.67	82.23	15.10
		3	UTA-RA-MPa2-M3	11.26	2.38	82.18	15.44
	Las Playas de Obraje	1	UTA-RA-MPa3-M1	12.27	2.27	82.38	15.35
		2	UTA-RA-MPa3-M2	12.29	2.26	82.29	15.45
		3	UTA-RA-MPa3-M3	12.48	2.10	82.36	15.54
PELILEO	García Moreno	1	UTA-RA-MPe1-M1	11.73	2.54	82.58	14.88
		2	UTA-RA-MPe1-M2	11.83	2.82	82.11	15.08
		3	UTA-RA-MPe1-M3	11.71	2.90	82.75	14.35
	Pelileo Grande	1	UTA-RA-MPe2-M1	12.44	2.75	82.48	14.77
		2	UTA-RA-MPe2-M2	12.14	2.58	82.75	14.67
		3	UTA-RA-MPe2-M3	12.33	2.52	82.10	15.37
	Pamatug	1	UTA-RA-MPe3-M1	12.95	2.74	82.15	15.11
		2	UTA-RA-MPe3-M2	12.14	2.56	82.38	15.06
		3	UTA-RA-MPe3-M3	12.86	2.58	82.12	15.29
BAÑOS	La Pampa	1	UTA-RA-MB1-M1	12.04	2.75	82.68	14.57
		2	UTA-RA-MB1-M2	12.46	2.84	82.25	14.91
		3	UTA-RA-MB1-M3	12.30	2.72	82.06	15.23
	Juive Chico	1	UTA-RA-MB2-M1	12.12	2.62	82.66	14.72
		2	UTA-RA-MB2-M2	12.18	2.75	82.14	15.11
		3	UTA-RA-MB2-M3	12.61	2.70	82.56	14.74
	Chamana	1	UTA-RA-MB3-M1	12.21	2.84	82.23	14.93
		2	UTA-RA-MB3-M2	12.62	2.70	82.06	15.24
		3	UTA-RA-MB3-M3	12.75	2.88	82.21	14.91
						promedio	15.13

Fuente: Elaboración propia.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
CULTIVO DE MAÍZ						
CANTÓN	Localidad	# de Repetición	Código de muestra	J/kg	Poder calorífico J/kg	Poder calorífico MJ/tn
PÍLLARO	Santa Rita	1	UTA-RA-MPi1-M1	50308721.72	14754007.23	14754.00723
		2	UTA-RA-MPi1-M2	50452112.30	14897397.81	14897.39781
		3	UTA-RA-MPi1-M3	50226085.01	14671370.52	14671.37052
	San José de Poaló	1	UTA-RA-MPi2-M1	50453144.00	14898429.51	14898.42951
		2	UTA-RA-MPi2-M2	50971933.28	15417218.79	15417.21879
		3	UTA-RA-MPi2-M3	50675809.22	15121094.73	15121.09473
	Baquerizo Moreno	1	UTA-RA-MPi3-M1	50226085.01	14671370.52	14671.37052
		2	UTA-RA-MPi3-M2	50971933.50	15417219.01	15417.21901
		3	UTA-RA-MPi3-M3	50569142.28	15014427.79	15014.42779
PATATE	Los Andes	1	UTA-RA-MPa1-M1	50969002.16	15414287.67	15414.28767
		2	UTA-RA-MPa1-M2	50708662.54	15153948.05	15153.94805
		3	UTA-RA-MPa1-M3	50823721.85	15269007.36	15269.00736
	Sucre	1	UTA-RA-MPa2-M1	50313496.36	14758781.87	14758.78187
		2	UTA-RA-MPa2-M2	50822164.18	15267449.69	15267.44969
		3	UTA-RA-MPa2-M3	50889981.36	15335266.87	15335.26687
	Las Playas de Obraje	1	UTA-RA-MPa3-M1	50018801.06	14464086.57	14464.08657
		2	UTA-RA-MPa3-M2	50999240.72	15444526.23	15444.52623
		3	UTA-RA-MPa3-M3	50369907.25	14815192.76	14815.19276
PELILEO	García Moreno	1	UTA-RA-MPe1-M1	50850696.15	15295981.66	15295.98166
		2	UTA-RA-MPe1-M2	50615513.57	15060799.08	15060.79908
		3	UTA-RA-MPe1-M3	50570109.13	15015394.64	15015.39464
	Pelileo Grande	1	UTA-RA-MPe2-M1	50654705.39	15099990.9	15099.9909
		2	UTA-RA-MPe2-M2	50238017.67	14683303.18	14683.30318
		3	UTA-RA-MPe2-M3	50209153.21	14654438.72	14654.43872
	Pamatug	1	UTA-RA-MPe3-M1	50405993.76	14851279.27	14851.27927
		2	UTA-RA-MPe3-M2	50426626.90	14871912.41	14871.91241
		3	UTA-RA-MPe3-M3	50884797.15	15330082.66	15330.08266
BAÑOS	La Pampa	1	UTA-RA-MB1-M1	50266687.14	14711972.65	14711.97265
		2	UTA-RA-MB1-M2	50445628.45	14890913.96	14890.91396
		3	UTA-RA-MB1-M3	50914899.25	15360184.76	15360.18476
	Juive Chico	1	UTA-RA-MB2-M1	50555807.73	15001093.24	15001.09324
		2	UTA-RA-MB2-M2	50742338.56	15187624.07	15187.62407
		3	UTA-RA-MB2-M3	50845816.53	15291102.04	15291.10204
	Chamana	1	UTA-RA-MB3-M1	50422759.41	14868044.92	14868.04492
		2	UTA-RA-MB3-M2	50432176.24	14877461.75	14877.46175
		3	UTA-RA-MB3-M3	50083361.36	14528646.87	14528.64687
				promedio	15010147.49	15010.14749

Fuente: Elaboración propia.