

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS INGENIERÍA QUÍMICA

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Químico

” EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS DE PODA DE LA PLANTA DE CACAO DE LAS VARIEDADES CCN-51 y NACIONAL”

AUTORES:

Andrea Fernanda Bacuilima Pulla
0105625867

Tania Elizabeth Zhumi Guiracocha
0105065684

DIRECTORA:

Mg. Johanna Patricia Sánchez Quezada
0703874677

Cuenca – Ecuador
2017



RESUMEN

Históricamente los combustibles fósiles han movido al mundo, generando una creciente contaminación, sin embargo, en la actualidad se busca nuevos métodos y tecnologías para reducir las emisiones que provienen de los combustibles fósiles.

Por tal motivo la presente investigación se desarrolla en el contexto del Proyecto “Biocombustibles” en donde el objetivo principal es evaluar energéticamente los residuos de poda de la planta de cacao, variedades CCN-51 y Nacional, mediante la comparación de parámetros característicos de la biomasa.

Se realizó un muestreo y se determinó las propiedades físicas y químicas como: tamaño, forma, distribución granulométrica, análisis inmediato, poder calorífico y se cuantificó la disponibilidad de biomasa.

Los análisis químicos en los tallos y hojas por separado de las variedades de cacao antes mencionadas presentaron porcentajes comprendidos entre: humedad 51-53% en las hojas, entre el 65-67% en los tallos; cenizas 8-9% en las hojas y en los tallos 6-8%; volátiles 82-84% en las hojas y del 83-84% en los tallos; carbono fijo 7-8% en las hojas y en los tallos 7-9%. Finalmente, al determinar el poder calorífico se obtuvo valores entre 16600-16800 kJ/kg en las hojas y en los tallos valores entre 15600-16000 kJ/kg, es decir, no presenta mayor variación entre sus valores, por lo que se podría catalogar como una sola biomasa para la evaluación energética. La cantidad de energía proveniente de esta biomasa representan 1749946,75 tep/año.

Palabras claves: biomasa, residuos de poda cacao, análisis inmediato, poder calorífico, evaluación energética.



ABSTRACT

Fossil fuels, historically, have moved the world, which has resulted in increasing pollution. However, new methods and technologies are currently being applied to reduce emissions from fossil fuels. Therefore, the foregoing study is conducted in the framework of the “Biocombustibles” project, whose main objective is to assess the pruning residues of the cacao plant, CCN-51 and Nacional varieties, by comparing characteristic parameters of the biomass.

A sample was analyzed and physical and chemical properties, including size, shape, grain size distribution, immediate analysis, and calorific value, were determined. Biomass availability was also quantified.

The chemical analysis on stems and leaves separately from the varieties of cacao mentioned above showed percentages ranging from 51-53% of humidity in leaves, 65-67% in stems; 8-9% of ash in leaves and 6-8% in stems; 82-84% of volatile matter in leaves and 83-84% in stems; 7-8% of fixed carbon in leaves and 7-9% in stems. Finally, when determining the calorific value, values between 16600-16800 kJ/Kg in the leaves and values between 15600-16000kJ/Kg in the stems were calculated. It does not show an important variation among its values and therefore, it might be deemed as a single biomass for the energetic assessment. The amount of energy coming from this biomass represents 1749946,75 toe per year.

KEYWORDS: biomass, cacao pruning residues, immediate analysis, calorific value, energy assessment.



LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT:	Asociación Brasileira/Brasileña de Normas Técnicas
AIE:	Agencia Internacional de Energía
ANECACAO:	Asociación Nacional de Exportadores de Cacao
ASTM:	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
BRAP:	Biomasa Residual Agrícola de los residuos de Poda
BRAP-H:	Biomasa Residual Agrícola de los residuos de Poda Hojas
BRAP-T:	Biomasa Residual Agrícola de los residuos de Poda Tallos
BS:	Normas Británicas
CIRCE:	Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos
CONELEC:	Consejo Nacional de Electricidad
GAD:	Gobierno Autónomo Descentralizado
Has:	Hectáreas
ICCO:	Organización Internacional del Cacao
IDICSO-USAL:	Instituto de Investigación en Ciencias Sociales Universidad del Salvador
INEC:	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INER:	Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovable
INIAP:	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
Kcal:	Kilocaloría
Kg:	Kilogramo
MEER:	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
MICSE:	Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos
Mwh	Megavatios hora
OLADE:	Organización Latinoamericana de Energía
OPEP:	Organización de Países Exportadores de Petróleo
PCI:	Poder Calorífico Inferior
PCS:	Poder Calorífico Superior
PROECUADOR:	Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones
REN21:	Red de Política Energética Renovable para el Siglo 21
SEREE:	Secretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética
SIEE:	Sistema de Información Económica - Energética



SINAGAP: Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

T: Tonelada

Tep: Toneladas Equivalentes de Petróleo



ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
LISTA DE ABREVIATURAS	4
ÍNDICE.....	6
RESUMEN ILUSTRACIONES.....	10
RESUMEN TABLAS.....	12
CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	14
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	16
DEDICATORIA.....	18
DEDICATORIA.....	19
AGRADECIMIENTOS	20
CAPÍTULO I	21
1 Introducción	21
1.1 Estado actual del uso de la energía primaria.....	22
1.2 Contexto energético internacional	23
1.3 Contexto energético de América Latina y El Caribe	25
1.4 Contexto energético nacional.....	25
1.5 Las energías renovables a nivel mundial	26
1.6 Las energías renovables de América Latina y El Caribe	26
1.7 Las energías renovables en Ecuador	27
1.8 Biomasa.....	28
1.9 Eficiencia Energética.....	29
1.10 Políticas de Biocombustible en Ecuador	30
2 CAPÍTULO II	31
2.1 PRODUCCIÓN DEL CACAO	31
2.1.1 Introducción	31
2.2 VARIEDADES DE CACAO	32
2.2.1 Cacao Nacional.....	32
2.2.2 Cacao CCN-51.....	33
2.3 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO DE CACAO.....	34
2.3.1 Requerimientos climáticos:	34



2.4	PODAS DEL CACAO	34
2.4.1	Tipos de podas	35
2.4.2	Plagas y enfermedades del cacao.	35
2.5	PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL CACAO	37
2.6	PRODUCCIÓN NACIONAL.....	37
2.6.1	Distribución del cultivo de cacao en Ecuador	39
2.6.2	Identificación de las potenciales zonas del cultivo de cacao	39
3	CAPÍTULO III	42
3.1	MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PODA DEL CACAO 42	
3.1.1	Introducción	42
3.2	MUESTREO DE LA BIOMASA	42
3.2.1	Localización de los recursos	42
3.3	PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS DE LA BIOMASA.....	44
3.3.1	Propiedades físicas.....	44
3.3.2	Propiedades Químicas.....	44
3.3.3	Análisis inmediato	45
3.4	PROPIEDAD ENERGÉTICA O CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA.....	45
3.4.1	Poder Calorífico	45
3.5	CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA RESIDUAL AGRÍCOLA APROVECHABLE DE LOS RESIDUOS DE PODA DEL CACAO (BRAP) EN ECUADOR.....	46
3.5.1	Biomasa residual agrícola de cacao (BRAP).....	46
4	CAPÍTULO IV.....	47
4.1	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PODA DEL CACAO DE LAS VARIEDADES NACIONAL Y CNN-51.....	47
4.1.1	Muestreo de la Biomasa:.....	47
4.1.2	Tamaño y Forma.....	47
4.2	Pretratamiento de la biomasa recolectada	48
4.3	ANÁLISIS INMEDIATO	49
4.3.1	Determinación de la Humedad (%H).....	49
4.3.2	Determinación de las Cenizas (%CZ).....	50
4.3.3	Determinación Volátiles (%V):.....	52
4.3.4	Determinación de Carbono Fijo (CF%).....	53
4.4	DETERMINACION DEL PODER CALORÍFICO	53



4.5	ENCUESTA PARA DETERMINAR EL USO DE LA BRAP	54
4.5.1	Características de la población y muestra	54
4.5.2	Delimitación de la población.....	54
4.5.3	Tipo de Muestra	55
4.5.4	Tamaño de la Muestra	55
5	CAPITULO V.....	56
5.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	56
5.1.1	Determinación de Humedad.....	56
5.1.2	Determinación de las Cenizas.....	56
5.1.3	Determinación de Volátiles.....	57
5.1.4	Determinación de Carbono Fijo.....	57
5.2	DETERMINACION PODER CALORÍFICO	58
5.3	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS VARIEDADES DE CACAO NACIONAL Y CCN-51	58
5.4	CUANTIFICACION DE LA BIOMASA RESIDUAL AGRICOLA DE RESIDUOS DE PODAS APROVECHABLES.....	65
5.4.1	Biomasa total en el ámbito de estudio.....	66
5.5	Evaluación del potencial energético	67
5.6	CÁLCULO PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LA MUESTRA.	68
5.7	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS PRODUCTORES.....	68
6	CAPÍTULO VI.....	88
6.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
	RECOMENDACIONES	89
	BIBLIOGRAFÍA	90
	Bibliografía	90
	ANEXOS.....	93
	Anexo 1: Tipos de biomasa	93
	Anexo 2: Superficie plantada, cosechada y producción de cacao por provincias	94
	Anexo 3. Producción nacional de cacao por regiones.	95
	Anexo 4: Tabla de datos de los porcentajes de la humedad de las variedades Nacional y CCN-51 (residuos de podas)	96
	Anexo 5: Graficas de los porcentajes de la determinación de la humedad en tallos de las variedades Nacional y CCN-51	97
	Anexo 6: Graficas de los porcentajes de la determinación de la humedad en hojas de las variedades Nacional y CCN-51	98



Anexo 7: Poderes Caloríficos de algunos tipos de biomasa utilizadas como biocombustibles sólidos en función del contenido de Humedad.	99
Anexo 8: Determinación del porcentaje de Materia Seca y contenido de Humedad ..	100
Anexo 9. Comparación de características de combustible.....	102
Anexo 10. Número de plantas por hectárea para las variedades de cacao Nacional y CCN-51	103
Anexo 11: Etapas principales en una encuesta por muestreo	104



RESUMEN ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Consumo mundial de energía primaria / Millones de toneladas de petróleo equivalente	23
Ilustración 2: Consumo mundial de energía primaria / Millones de toneladas de petróleo equivalente	24
Ilustración 3: Porcentaje del consumo de energía primaria mundial por tipo de combustible para el año 2015	25
Ilustración 4: Porcentaje de consumo de energía de América Latina y El Caribe datos del año 2013	25
Ilustración 5: Consumo de energía primaria en el Ecuador, 2014.....	26
Ilustración 6: Porcentaje de producción bruta acelerada por tipo de energía, Ecuador 2011	27
Ilustración 7: Porcentaje del consumo de energía por fuente renovable, Ecuador 2014	28
Ilustración 8: Plantaciones de cacao sector Zhucay, parroquia San Antonio	31
Ilustración 9: Planta de cacao variedad Nacional sin realización de poda, en etapa de producción.	32
Ilustración 10: Planta de cacao variedad CCN-51, realizado las podas	33
Ilustración 11: Residuos de poda en descomposición a la intemperie	34
Ilustración 12: Plantas de cacao contaminadas con la enfermedad Crinipellis perniciosa o escoba de bruja.....	36
Ilustración 13: Fruto de cacao contaminada con Moniliasis presente en la mazorca y la pulpa del cacao	36
Ilustración 14: Producción mundial de cacao en grano respecto al año 2015-2016.....	37
Ilustración 15: Porcentaje de cacao por regiones para el año 2015.....	39
Ilustración 16: Porcentaje de producción de cacao por provincia, Año 2014	40
Ilustración 17: Producción de cacao y residuos de las provincias de mayor producción a nivel nacional	41
Ilustración 18: Ubicación geográfica de la comunidad Zhucay.	43
Ilustración 19: Grafica comparativa de la evolución de la pérdida de humedad (tallos) de las dos variedades.	59
Ilustración 20: Evolución de la pérdida de humedad (hojas) de las dos variedades.....	59
Ilustración 21: Porcentaje de Volátiles de los tallos Nacional y CCN-51	60
Ilustración 22: Porcentaje de Cenizas de los tallos de las dos variedades de cacao. ..	61
Ilustración 23: Grafica comparativa del porcentaje de Carbono Fijo de los tallos de las dos variedades de cacao.....	61
Ilustración 24: Grafica comparativa del porcentaje de Volátiles en las dos variedades de cacao, en hojas.	62
Ilustración 25: Porcentaje de Cenizas de las dos variedades de cacao, en hojas.	63
Ilustración 26: Porcentaje de Carbono Fijo de las dos variedades de cacao, en hojas.	63
Ilustración 27: Grafica correspondiente al poder calorífico superior con respecto a las dos variedades de cacao.....	64
Ilustración 28: Grafica correspondiente la cantidad de energía potencial con respecto a las variedades Nacional y CCN-51	67



Ilustración 29: Porcentaje de hectáreas plantadas de cacao	69
Ilustración 30: Variedad de cacao que se produce.	70
Ilustración 31: Cultivo solo o asociado.....	71
Ilustración 32: Edad promedio del cultivo de cacao	72
Ilustración 33: Superficie de cacao utilizada	73
Ilustración 34: Principales razones por las pérdidas de las cosechas.....	74
Ilustración 35: Porcentaje de cultivos que tiene riego	75
Ilustración 36: Sistema de riego que se utiliza	76
Ilustración 37: Fuentes de donde provienen el agua para el riego.....	77
Ilustración 38: Frecuencia con la que se realiza las podas	78
Ilustración 39: Poda más utilizada por los cacaoteros	79
Ilustración 40: Edad en la que se realiza la primera poda	80
Ilustración 41: Temporada en la que se realiza las podas	81
Ilustración 42: Cantidad de residuos de poda en una hectárea de cacao	82
Ilustración 43: Utilización de los residuos de podas del cacao	83
Ilustración 44: Opciones en las que utilizan los residuos de poda del cacao	84
Ilustración 45: Residuos de poda como energía	86
Ilustración 46: Comercialización de los residuos de poda del cacao	87



RESUMEN TABLAS

Tabla 1: Proyectos realizados en Ecuador a partir del uso de la biomasa residual.....	29
Tabla 2: Superficie y Producción de cacao, según la Región	38
Tabla 3: Superficie plantada de cacao, según las variedades	38
Tabla 4: Análisis de la producción, residuos y su potencial energético.....	40
Tabla 5: Producción, cosecha y costo de producción para el cultivo de cacao.....	43
Tabla 6: Producción de residuos de podas por hectárea.....	44
Tabla 7: Distribución granulométrica de los residuos de poda del cacao (hojas y tallos) variedades Nacional y CCN-51	49
Tabla 8: Porcentaje de Humedad variedad cacao Nacional y CCN-51	56
Tabla 9: Porcentaje de cenizas de la variedad cacao Nacional y CCN-51.....	56
Tabla 10: Porcentaje de Volátiles en la variedad de cacao Nacional y CCN-51	57
Tabla 11: Porcentaje de Carbono Fijo en la variedad de cacao Nacional	57
Tabla 12: Tabla del Poder Calorífico Superior del Cacao Nacional y CCN-51	58
Tabla 13: Cuadro comparativo con respecto a los tallos de las dos variedades de cacao Nacional y CCN-51	58
Tabla 14: Cuadro comparativo con respecto a las hojas de las dos variedades Nacional y CCN-51.....	59
Tabla 15: Cuadro comparativo del análisis inmediato de las dos variedades de cacao, en tallos.....	60
Tabla 16: Cuadro comparativo del análisis inmediato de las dos variedades de cacao, en hojas	62
Tabla 17: Poder Calorífico Superior de las dos variedades de cacao.....	64
Tabla 18: Pesos de residuos de poda por árbol de las dos variedades de cacao. Ratios medio de la superficie (t/Ha).....	66
Tabla 19: Biomasa por cultivo y total.....	66
Tabla 20: Energía potencial de la biomasa residual agrícola por cultivo en toneladas equivalentes de petróleo al año.....	67
Tabla 21: Porcentaje de hectáreas plantada de cacao	69
Tabla 22: Variedad de cacao que se produce	70
Tabla 23: Cultivo solo o asociado.....	71
Tabla 24: Edad promedio del cultivo de cacao	71
Tabla 25: Superficie de cacao a utilizarse	72
Tabla 26: Principales razones por las pérdidas de las cosechas y tipos de enfermedades que afectan el cultivo	73
Tabla 27: Porcentaje de cultivos que tienen riego	75
Tabla 28: Sistema de riego que se utiliza	76
Tabla 29: Fuentes de donde provienen el agua para el riego.....	77
Tabla 30: Frecuencia con la que se realiza las podas	78
Tabla 31: Podas más utilizada por los cacaoteros.....	79
Tabla 32: Edad en la que se le realiza la primera poda	80
Tabla 33: Temporada en la que se realiza las podas	81
Tabla 34: Cantidad de residuos de poda en una hectárea de cacao	82
Tabla 35: Utilización de los residuos de poda del cacao	83
Tabla 36: Opciones en las que utilizan los residuos de poda del cacao	84



Tabla 37: Residuos de poda como energía85
Tabla 38: Comercialización de los residuos de poda del cacao.....86

CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Andrea Fernanda Bacuilima Pulla en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **"EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS DE PODA DE LA PLANTA DE CACAO DE LAS VARIEDADES CCN-51 Y NACIONAL"**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de octubre del 2017



Andrea Fernanda Bacuilima Pulla

C.I: 0105625867

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Tania Elizabeth Zhumi Guiracochoa en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS DE PODA DE LA PLANTA DE CACAO DE LAS VARIETADES CCN-51 Y NACIONAL”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de octubre del 2017



Tania Elizabeth Zhumi Guiracochoa

C.I: 0105065684



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Cláusula de Propiedad Intelectual

Andrea Fernanda Bacuilima Pulla, autora del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS DE PODA DE LA PLANTA DE CACAO DE LAS VARIEDADES CCN-51 Y NACIONAL”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 24 de octubre del 2017

Andrea Fernanda Bacuilima Pulla

C.I: 0105625867

Cláusula de Propiedad Intelectual

Tania Elizabeth Zhumi Guiracocho, autora del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS DE PODA DE LA PLANTA DE CACAO DE LAS VARIEDADES CCN-51 Y NACIONAL”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 24 de octubre del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "ELIZABETH ZHUMI".

Tania Elizabeth Zhumi Guiracocho

C.I: 0105065684



DEDICATORIA

El éxito en la vida no se mide por lo que logras, sino por los obstáculos que superas y sin la ayuda de Dios no lo hubiera logrado gracias por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de mi vida.

A mi mami María Mercedes por ser ese padre y madre a la vez y por ser un ejemplo a seguir gracias por creer en mí, a mis hermanos Jonathan, Daniel, Cristian por todo su apoyo.

A mis tres amores mi esposo Pedro, a mis hijos Martin y Andrés gracias por todo su amor, apoyo incondicional y por ser mi fuerza para seguir adelante, son mi vida.

A toda mi familia y amigos por su gran cariño.

ANDREA FERNANDA BACUILIMA PULLA



DEDICATORIA

“Dios nunca nos prometió una vida sin problemas, pero si nos aseguró su presencia, ayuda, consuelo y victoria”

A mis padres Humberto y Martha ejemplo de vida, por fomentar en mí el espíritu de lucha y superación, por sus consejos, sabiduría, amor y apoyo incondicional, gracias por hacer de su hija una mujer profesional.

A Christian esposo, amigo y padre ejemplar por su apoyo incondicional, a mi hijo Joseph la razón principal de mi felicidad y lucha por alcanzar nuevas metas, gracias por su amor.

A mis hermanos, Xavier a pesar de la distancia por su apoyo incondicional y Edgar por ser amigo, confidente y mi gran apoyo.

A toda mi familia y amigos por sus consejos y cariño.

TANIA ELIZABETH ZHUMI GUIRACOCHA



AGRADECIMIENTOS

A Dios que es guía y luz por permitirnos vivir para culminar una etapa propuesta, por darnos la fortaleza para seguir adelante a pesar de las dificultades.

A la Ing. Johanna Sánchez tutora de nuestra tesis quien nos brindó la oportunidad de culminar con una etapa propuesta, por compartir sus conocimientos, por brindarnos su amistad y ser una persona de ejemplo, ayuda incondicional y sobre todo por ser una amiga.

Al Ing. Jorge Sigüencia por brindarnos su apoyo, sus consejos y su amistad.

A la Dra. María Montaleza y el Dr. Giovanni Larriva, a los Ingenieros Alexandra Criollo, Verónica Saetama por su disponibilidad y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Familia y amigos gracias por sus consejos, apoyo y cariño.

**ANDREA FERNANDA BACUILIMA PULLA
TANIA ELIZABETH ZHUMI GUIRACOCHA**



CAPÍTULO I

1 Introducción

En el Ecuador, así como a nivel mundial existen problemas de índole global respecto al uso de derivados del petróleo causantes de la gran parte de la contaminación ambiental debido a que son la principal fuente de energía, lo que ha causado la búsqueda de otras fuentes de energía como por ejemplo la biomasa residual.

La biomasa residual se encuentra distribuida en el Ecuador en grandes extensiones agrícolas, la biomasa que se explota actualmente es el bagazo de la caña de azúcar para la generación de electricidad, de autoconsumo, (SOCIEDAD AGRICOLA E INDUSTRIAL SAN CARLOS, 2016) también tenemos la producción de biocombustibles como es el caso del bioetanol el cual está siendo utilizado como un sustituto para la gasolina (5% de bioetanol y 95% gasolina), reactivando así las plantaciones de caña de azúcar aproximadamente un 30% de las hectáreas destinadas para la producción de este. (ECOPAIS, 2016)

En nuestro país, la producción de cacao es una de las mayores actividades agrícolas en la que se estima una producción y exportación de aproximadamente de 300mil toneladas de cacao, con una superficie plantada de 537410Has y cosechada 432094Has, siendo el 60% del sector europeo el principal mercado de Ecuador. (ANECACAO, 2016)

Esta investigación se basa en la utilización de los desechos de poda del cacao los mismos que no son aprovechados energéticamente, por tal razón para conocer el potencial de este material es necesario su caracterización física, química y la evaluación actual para conocer si corresponde a un recurso que puede ser aprovechado energéticamente.

Ecuador es el primer país en la producción de cacao y ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, (según la IV Cumbre Mundial del Cacao). De tal manera que su análisis es importante para nuestro caso de estudio. Por otro lado, se conoce que los residuos generados en las cosechas constituyen fuentes de propagación de plagas por lo que afecta al sector en el rendimiento de sus cosechas.



Si se explotara este recurso como fuente de energía posiblemente los ingresos económicos por producción incrementarían para el sector cacaotero, por tal motivo se ha propuesto los siguientes objetivos:

- Caracterizar los residuos de poda (tallos y hojas) del cacao de las variedades CCN-51 y Nacional.
- Determinar de forma comparativa las propiedades energéticas de los residuos de poda de cada una de las variedades.
- Cuantificar los residuos de poda existentes en el Ecuador de las dos variedades utilizando la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) y la información de la Asociación de Cacaoteros de Zhucay (Troncal).

Al brindar la tecnología adecuada para aprovechar estos residuos de biomasa se beneficiará a los cacaoteros del sector de Zhucay de manera tal que además de eliminar los desechos de sus plantaciones, estos podrían considerarse como una fuente de beneficios al sector ambiental, energético y socioeconómico.

1.1 Estado actual del uso de la energía primaria

El consumo energético en los últimos años aumenta progresivamente, las variables que interfieren en este comportamiento son factores socioeconómicos. El consumo de energía primaria a nivel mundial creció en 1% en 2015, siendo el petróleo el de mayor consumo en los mercados globales, pero también hay un crecimiento de aproximadamente 3% de energías renovables, todo un récord a nivel mundial, siendo una de las primeras opciones para un cambio en la matriz energética. (AIE, 2016)

CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA PERIODO 1990-2015

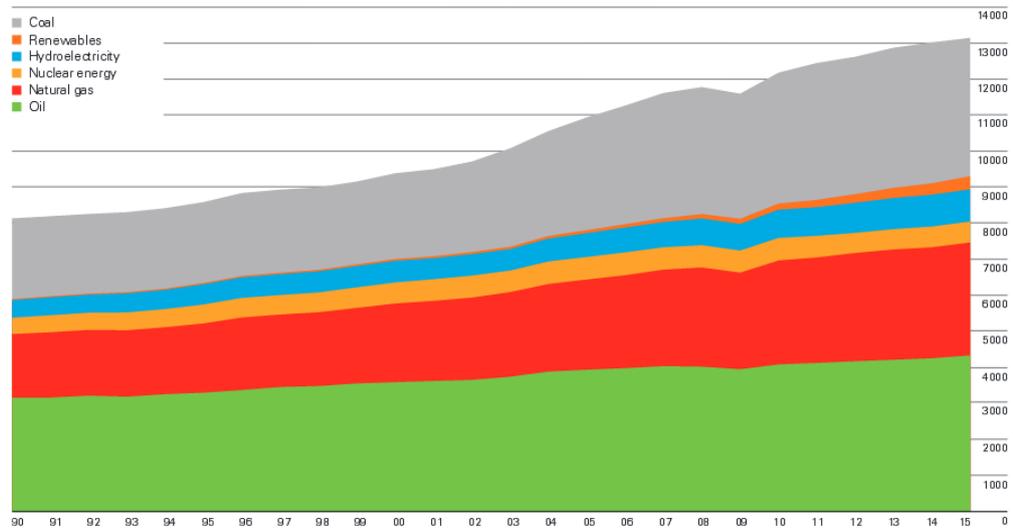


Ilustración 1: Consumo mundial de energía primaria / Millones de toneladas de petróleo equivalente

Fuente y elaboración: AIE, 2016

Los combustibles fósiles continuarán utilizándose en los próximos años dado que aun que exista más conciencia ambiental para el uso de fuentes renovables, estas no pueden cubrir la demanda actualmente requerida. (AIE, 2016)

1.2 Contexto energético internacional

Según el informe de “BP Statistical Review” el 2015 ha sido un año de abundancia en la producción y utilización de energía renovable, sin embargo la oferta del petróleo ha incrementado, lo cual, afecta la abundancia de recursos no convencionales provenientes de EEUU, de la misma manera la oferta de la OPEP es mantener estables los precios en el mercado, según la (AIE, 2016). Una evidencia importante es la desaceleración del calentamiento global debido a la introducción de energías renovables en el mercado quien ha ganado un espacio muy importante a nivel mundial. Ver Ilustración (3)

CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA PERIODO 1979-2004

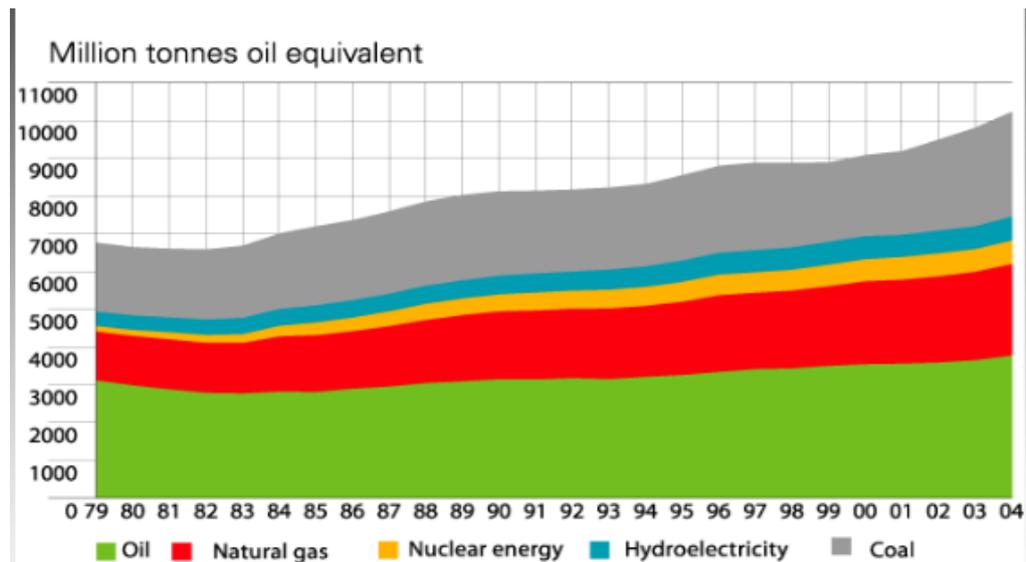


Ilustración 2: Consumo mundial de energía primaria / Millones de toneladas de petróleo equivalente

Fuente y elaboración: BP, 2005 (IDICSO-USAL, 2006)

El 32,9% se debe a la producción del petróleo a nivel mundial, un aumento de producción de gas natural 23,8% siendo EEUU, Irán y Noruega los principales productores, la energía nuclear aumento en 1,3% en su producción y en la hidroeléctrica un aumento del 1% siendo China el mayor productor a nivel mundial, mientras que las energías renovables tienen un crecimiento del 6,8% en electricidad siendo China y Alemania los que registraron mayor crecimiento en la generación de electricidad. (AIE, 2016)

CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA PRIMARIA POR TIPO DE COMBUSTIBLE

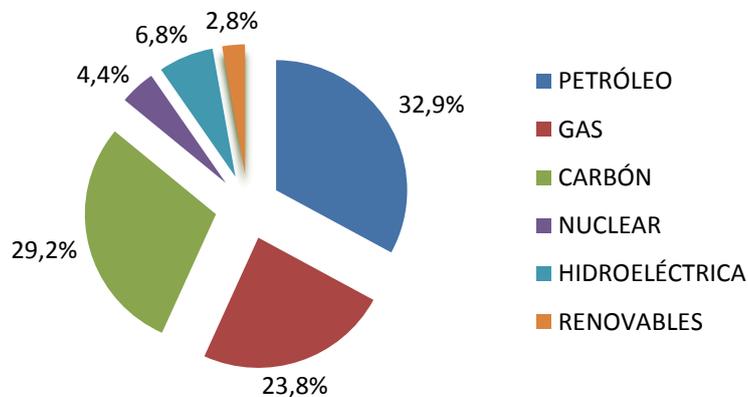


Ilustración 3: Porcentaje del consumo de energía primaria mundial por tipo de combustible para el año 2015

Fuente y elaboración: las autoras a partir de los datos de AIE, 2016

1.3 Contexto energético de América Latina y El Caribe

La región de América Latina y El Caribe según datos de (OLADE, 2016) aproximadamente cerca de 10 millones de personas utilizan biomasa para la cocción, con miras hacia el 2030 se promueve un cambio en su matriz energética dando mayor relevancia a la energía renovable

CONSUMO DE ENERGÍA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

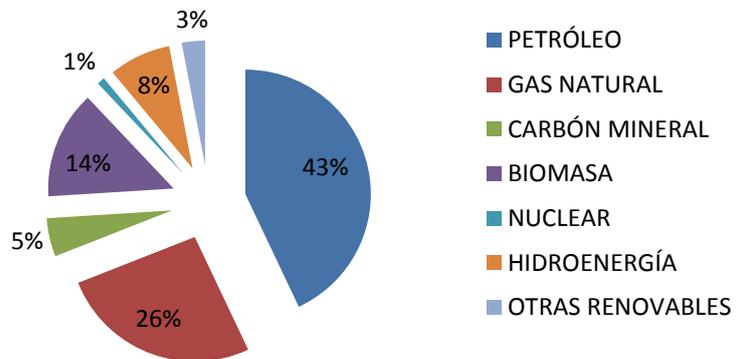


Ilustración 4: Porcentaje de consumo de energía de América Latina y El Caribe datos del año 2013

Fuente y Elaboración: las autoras a partir de los datos del SIEE-OLADE, 2015

1.4 Contexto energético nacional

En el Ecuador el 89% de consumo energético primario corresponde a combustibles fósiles, según el Balance Energético Nacional (MICSE, 2015). Por tales motivos la contaminación de gases de efecto invernadero ha aumentado siendo el transporte el mayor generador, la energía renovable participa con una producción del 6% dentro de la matriz energética.

CONSUMO DE ENERGÍA ECUADOR 2014

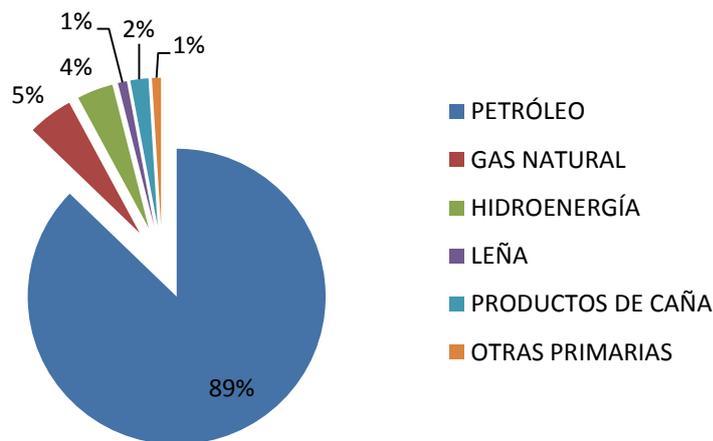


Ilustración 5: Consumo de energía primaria en el Ecuador, 2014

Fuente y Elaboración: las autoras a partir de los datos tomados del Balance energético nacional, 2015 (MICSE, 2015)

1.5 Las energías renovables a nivel mundial

Las energías renovables en la actualidad están siendo consideradas una fuente principal de energía en todo el mundo, se dispone de procesos tecnológicos eficientes para incrementar la demanda de la misma, a la vez apoyando a nuevas políticas establecidas para frenar los efectos del cambio climático disminuyendo la contaminación debida al uso de combustibles fósiles.

Según el informe del REN21 en el 2015 hubo un aumento en la tasa de empleos del 5% en el sector de energía renovable ofreciendo plazas de trabajo a más de 8.1 millones de trabajadores, también en las hidroeléctricas, energía solar fotovoltaica y biocombustibles se registraron el mayor número de empleadores para el 2015. Siendo China, Brasil, India y Estados Unidos los principales empleadores. (REN21, 2016)

1.6 Las energías renovables de América Latina y El Caribe

América Latina y el Caribe son líderes en la producción mundial de energía renovable experimentando un rápido crecimiento, sobre todo en la producción de electricidad a partir energías renovables, por ejemplo: Costa Rica con una producción del 99%, Uruguay con el 92,8% siendo el 15,5% eólica, un dato muy importante Brasil ocupa el tercer lugar a nivel mundial en producción de

electricidad y el segundo mayor productor de biocombustibles en etanol y biodiesel. (REN21, 2016)

1.7 Las energías renovables en Ecuador

PRODUCCIÓN BRUTA ACELERADA, POR TIPO DE ENERGÍA

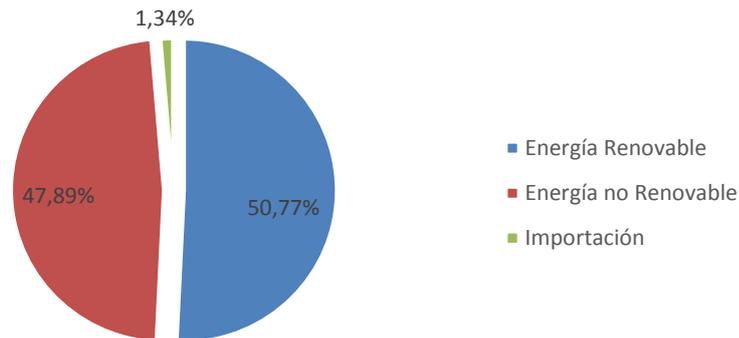


Ilustración 6: Porcentaje de producción bruta acelerada por tipo de energía, Ecuador 2011

Fuente y Elaboración: las autoras a partir de los datos tomados del CONELEC, 2012

En nuestro país la energía renovable tiene como fuente principal las hidroeléctricas (Ver Ilustración 6), que constituye la producción bruta en un 51% también se puede observar que todavía existe una dependencia importante en el consumo de combustibles fósiles y la importación de energía que espera satisfacer la demanda existente.

En Ecuador actualmente hay un cambio en la matriz energética, siendo la más importante las hidroeléctricas que representan a la energía renovable las mismas que tiene un mayor porcentaje de consumo, en menor proporción tenemos la biomasa, la eólica y la solar. Ver Ilustración (7)

CONSUMO DE ENERGÍA POR FUENTE RENOVABLE EN ECUADOR

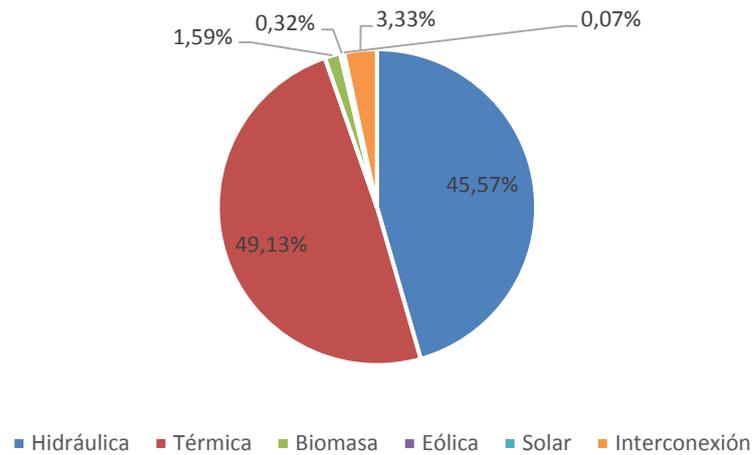


Ilustración 7: Porcentaje del consumo de energía por fuente renovable, Ecuador 2014

Fuente y Elaboración: las autoras a partir de los datos tomados. (MICSE, 2015)

La energía hidráulica es la mayor fuente de consumo en nuestro país ya que se observa un mayor número de proyectos para mejorar este recurso, la biomasa con un 1,59%, eólica con un 0,32%, térmica con un 49,13%, interconexión con un 3,33% y solar con un 0,07%. En Ecuador la biomasa que es explotada es el bagazo de caña de azúcar siendo una alternativa energética que se da en nuestro país el cual es utilizado como combustible en los ingenios azucareros.

1.8 Biomasa

Se considera a la biomasa como toda materia orgánica capaz de generar energía siendo esta, principalmente una fuente energética que es aprovechada desde sus orígenes, la biomasa se presenta en sus distintas formas siendo los más destacados los residuos industriales, forestales, agrícolas y urbanos que pueden ser explotados con fines energéticos. (ATLAS BIOENERGETICO, 2014).

La biomasa residual es de gran importancia en nuestro país debido a su naturaleza agrícola, las cuales se están utilizando con fines energéticos desarrollando proyectos que permitan el aprovechamiento de esta biomasa y a la vez en una producción de energía eficiente para su uso. (INER, 2014)

En la siguiente tabla se podrá apreciar proyectos que están en marcha mediante el uso de la biomasa residual.

Tabla 1: Proyectos realizados en Ecuador a partir del uso de la biomasa residual

BIOMASA RESIDUAL	PROYECTO
Residuos sólidos y carbón vegetal	Reactor piloto de cogasificación: producción de biocombustible
Biomasa Residual del Piñón	Extracción de aceite para biocombustible
Desechos del Piñón	Producción de pellets
Biomasa Residual del Banano	Producción de Hidrógeno
Plantas termoeléctricas	Producción de biocombustible a partir de microalgas
Desechos de banano, café y palmito	Producción de etanol
Caña de azúcar	Producción de bioetanol

Fuente y Elaboración: las autoras a partir de los datos tomados INER,2014

1.9 Eficiencia Energética

Eficiencia Energética se refiere a la disminución o reducción del consumo o uso de energía con la finalidad de llegar a tener el mismo producto o servicio que genere una gran producción, así como su competitividad. Se han realizado varias investigaciones con el objetivo de generar energía sobre todo en los residuos agrícolas siendo la biomasa una de las alternativas que nos permitan obtener productos con fines energéticos.

Según (Fernandez J. , 2003) la biomasa constituye una alternativa energética obteniendo una gran diversidad de productos (biocombustibles):

- **Los biocombustibles sólidos:** Siendo los más importantes porque hace referencia al sector agrícola o forestal como paja, leña sin procesar, astillas, triturados finos (menores de 2mm), carbón vegetal, briquetas y pellets.
- **Los biocombustibles Líquidos:** tales como alcoholes, biohidrocarburos, aceites vegetales y Aceites de pirolisis.
- **Los biocombustibles gaseosos:** Gas de gasógeno, biogás e hidrógeno.

En nuestro caso de estudio nos basamos en los biocombustibles sólidos por tratarse de los residuos de podas de cacao (tallos – hojas) de las dos variedades Nacional y CCN-51 con el objetivo de generar una eficiencia energética en el sector agrícola.



1.10 Políticas de Biocombustible en Ecuador

“El Artículo 1 del Decreto Ejecutivo N0. 1303 del 28 de septiembre de 2012 declaro de interés nacional el desarrollo de biocombustibles en el país como medio para el impulso del fomento agrícola. El mismo artículo 1 dispone que la producción, el uso y el consumo de los biocombustibles responderán a una estrategia inclusiva de desarrollo rural, precautelando la soberanía alimentaria y sostenibilidad ambiental” (Paredes Madrid, 2015)

El ministerio de Electricidad y Energía Renovables (MEER) en el Ecuador es un organismo rector del sector eléctrico sobretodo de las energías renovables con el fin de satisfacer las necesidades de la Energía Eléctrica mediante propuestas de desarrollo y políticas sectoriales.

En el MEER surge la Secretaria de Energía Renovable y Eficiencia Energética (SEREE) pues esta tiene como objetivo implementar, generar y proponer nuevas políticas para llevar a cabo proyectos de Energía Renovable generando también cambios en la matriz energética.

Como sabemos los Biocombustibles son aquellos que provienen de residuos agrícolas, forestales y sobre todo de desechos que pueden ser aprovechados para generar fuentes de energía sin contaminación (MEER, 2016).

2 CAPÍTULO II

2.1 PRODUCCIÓN DEL CACAO

2.1.1 Introducción

El cacao conocido como *Theobroma Cacao* L. por su nombre botánico, perteneciente a la familia esterculiácea originario de América, es una fruta tropical sus cultivos se encuentran principalmente en la región de la Costa y la Amazonia, es un árbol de tamaño mediano con flores pequeñas que brotan de los troncos y ramas, sus frutos son unas mazorcas que contienen granos cubiertos con una pulpa blanca rica en azúcar, un aspecto muy importante que hay que resaltar es que algunas veces el sector cacaotero se ve afectado en su producción debido principalmente a condiciones climáticas, plagas y enfermedades las cuales pueden ser tratadas.



Ilustración 8: Plantaciones de cacao sector Zhucay, parroquia San Antonio

Fuente: Las autoras

2.2 VARIEDADES DE CACAO

Ecuador produce dos grandes variedades de cacao tales como:

- Cacao Nacional o conocido como el de “Arriba” de fino aroma (PRO ECUADOR, 2016)
- Cacao Clon Castro Naranjal 51 conocido como CCN-51 (PRO ECUADOR, 2016)

2.2.1 Cacao Nacional

Es una de las variedades de cacao conocido también como fino de Aroma, son plantas muy altas más o menos entre 5-6m de altura, de troncos gruesos, sus frutos son mazorcas pequeñas verdes que al madurar adquieren una coloración amarilla de un aroma y sabor único.



Ilustración 9: Planta de cacao variedad Nacional sin realización de poda, en etapa de producción.

Fuente: Las autoras

El cacao Nacional comprende también los siguientes complejos genéticos, según (Navarro Prado & Mendoza Alonso, 2006)

- **Criollo:** de esta variedad se produce el mejor cacao de calidad, con este tipo de cacao se preparan los chocolates más finos

- **Forastero:** es el más cosechado a nivel mundial ya que una de sus características principales es la gran resistencia a enfermedades y su gran productividad.
- **Trinitario:** surge del cruce entre el criollo y el forastero considerado como un cacao de calidad de cascara gruesa y hojas grandes muy aromático, con una producción a nivel mundial entre el 10% y 15%.

El cacao nacional es altamente apetecido por los mercados internacionales por tal motivo nuestro país es uno de los mayores exportadores de cacao a nivel mundial, estimándose una producción del 80% de cacao fino y el 20% del CCN-51. (Andagoya Galeas, 2016)

2.2.2 Cacao CCN-51

Su nombre Clon Castro Naranjal llamado así por Homero Castro Zurita quien lo descubrió en 1965, se caracteriza por tener una mayor capacidad productiva y por su resistencia a las enfermedades. (Salazar Moyota, 2016)

El cacao CCN-51 son arboles pequeñas de una altura de hasta 3m, por lo tanto, son más manejables al momento de los tratamientos, sus frutos son de coloración rojiza desde el nacimiento hasta la etapa de maduración a comparación con el cacao Nacional producen más mazorcas.



Ilustración 10: Planta de cacao variedad CCN-51, realizado las podas

Fuente: Las autoras

2.3 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO DE CACAO

2.3.1 Requerimientos climáticos:

Humedad: la humedad relativa no debe ser mayor al 60%

Temperatura: 24°C y 26°C

pH: 6,0 a 6,5 (neutro) es un factor muy importante para el desarrollo de las plantas.

Altitud: 800 metros a nivel del mar, se adapta mejor en zonas tropicales

Suelo: los más idóneos son los suelos ricos en materia orgánica, franco arcilloso y aluvial, estos son profundos y buenos para cultivar.

Precipitación: 1500 a 2000mm por año (INIAP, 2013)

2.4 PODAS DEL CACAO

Las podas se realizan una vez al año o inclusive de 2 a 3 podas como máximo, siendo estas de vital importancia para el crecimiento, desarrollo y producción de la planta, así como para evitar la proliferación de enfermedades a las mismas. La mejor época para realizar las podas son en la época seca y cuando no hay flores ni frutos conocida como época de transición, según (Budí Orduña, 2016)



Ilustración 11: Residuos de poda en descomposición a la intemperie

Fuente: Las autoras



2.4.1 Tipos de podas

Según (INIAP, 2013) los tipos de podas más utilizadas son las siguientes:

- **Poda de Formación:** Se la realiza a partir de los 18 – 24 meses después de su trasplante, dando un mejor crecimiento a la planta. En caso de las plantas clonadas o híbridos ameritan de una poda constante para dar un equilibrio a la planta.
- **Poda de Mantenimiento:** Se lo realiza cuando las plantas están sin flores ni frutos, es decir, en la época seca, la poda se realiza sobre todo en hojas amarillas, desgarradas, enfermas, ramas innecesarias e improductivas.
- **Poda Fitosanitaria:** Permite eliminar las enfermedades del follaje y de frutos afectados, evitando la infestación en el resto del cultivo se realiza especialmente en plantaciones adultas.
- **Poda de Rehabilitación:** La poda se lo realiza en un 70% del área foliar debido a las siguientes consecuencias: deformaciones presentes en la planta, exceso de altura, ramas improductivas y sobre todo cuando se han contaminado con enfermedades las cuales de no ser tratadas químicamente pueden acabar con los cultivos.

Al realizar varias podas el objetivo es aprovechar estos residuos ya que son una fuente de energía muy importante y a la vez evitar una proliferación de plagas y enfermedades al resto de plantaciones.

2.4.2 Plagas y enfermedades del cacao.

Los distintos factores climáticos son las principales causas de las enfermedades que sufren las plantaciones de cacao, las proliferaciones de hongos suelen acabar con más de la mitad de la producción significando pérdidas económicas grandes para sus productores, una manera de mitigar este problema es mediante un control con agentes agrícolas y otra mediante el uso de los desechos proliferados con estas enfermedades, es decir, utilizando los desechos agrícolas como biomasa.

Las principales enfermedades del cacao son: *Crinipellis pernicioso* y *Moniliophthora roreri*.

- *Crinipellis pernicioso* conocida como Escoba de bruja: se presenta como brotes o deformaciones en los troncos y ramas. (Ver Ilustración No.12)



Ilustración 12: Plantas de cacao contaminadas con la enfermedad *Crinipellis pernicioso* o escoba de bruja

Fuente: Las autoras

- *Moniliophthora roreri* conocida como Moniliasis o monilia: esta enfermedad afecta solamente al fruto lo hace negro, por más pequeña que sea la mancha en la mazorca el fruto está completamente contaminado. (Bolaños , Vasco , & Mercado, 2016)

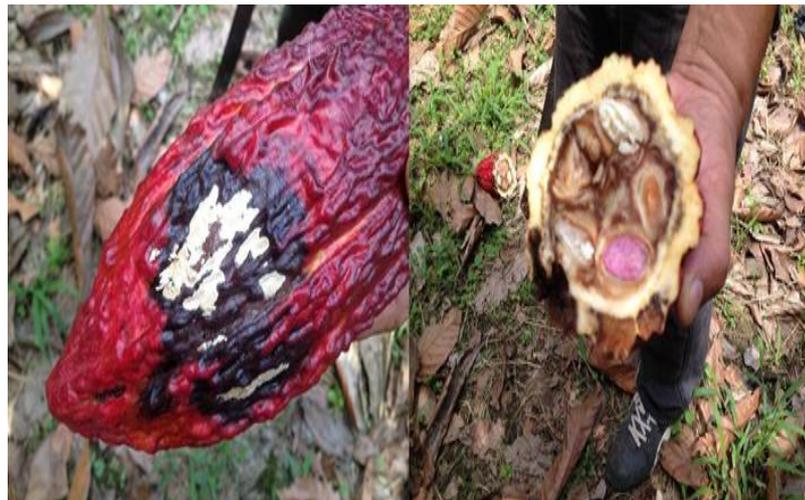


Ilustración 13: Fruto de cacao contaminada con Moniliasis presente en la mazorca y la pulpa del cacao

Fuente: Las autoras

2.5 PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL CACAO

La demanda del cacao ha sido requerida por el mercado de los productores de confitería, y molineras quienes pasaron de utilizar 1 millón de toneladas a 4,3 millones de toneladas hasta el año 2014, lo que significa un incremento del 2,7% anual en la demanda de la producción del cacao la cual se encuentra liderada por África quienes producen el 72,5% a nivel mundial seguido de América con un 18,0% y finalmente Asia y Oceanía con un 9,4%. (ICCO, 2016)

Producción mundial de Cacao en grano

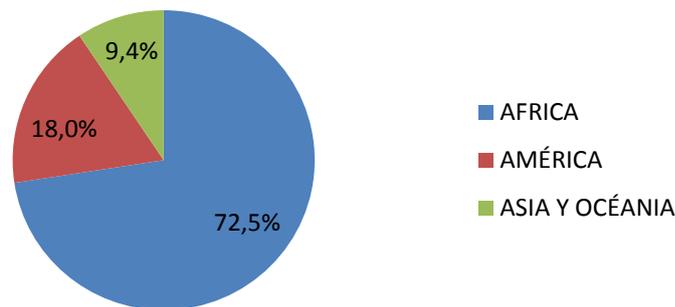


Ilustración 14: Producción mundial de cacao en grano respecto al año 2015-2016

Fuente y elaboración: Las autoras basadas en la Organización Internacional del Cacao Estadísticas del cacao, 2016.

Los principales países exportadores de miles de toneladas de cacao son Costa de Marfil, Gana, Indonesia y Ecuador. (ICCO, 2016)

2.6 PRODUCCIÓN NACIONAL

El cultivo de cacao en el Ecuador es de gran importancia, debido a que es un producto de calidad y buen aroma reconocido a nivel mundial. En la tercera Cumbre Mundial del Cacao llevada a cabo el 31 de Agosto del 2015, Ecuador pasa a ser uno de los cinco grandes productores de cacao a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar ya que produce 250 mil toneladas al año en cacao fino y de aroma. (Tapia, 2015)

Las provincias de mayor producción son Guayas, Los Ríos, Manabí y Sucumbíos.

A continuación, presentamos tablas estadísticas presentadas por el INEC acerca de la producción nacional de cacao.

Tabla 2: Superficie y Producción de cacao, según la Región

Superficie y Producción de Cacao, según Región

REGIÓN	SUPERFICIE (Has.)		PRODUCCIÓN(Tm.)
	Plantada	Cosechada	
COSTA	395161	327553	140016
SIERRA	81201	60960	28008
ORIENTE	46676	31310	8268
ZONAS NO DELIMITADAS	14372	12271	3899
TOTAL NACIONAL	537410	432094	180191

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de datos de la Encuesta de Producción y Superficie Agropecuaria ESPAC,2015

Tabla 3: Superficie plantada de cacao, según las variedades

Superficie plantada de cacao, según la variedad		
VARIEDAD DE CACAO	COMÚN (Nacional)	MEJORADA (CCN 51)
SUPERFICIE PLANTADA (Has.)	271345	215342

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de datos tomados de las Encuestas de Producción y Superficie Agropecuaria, tablas y gráficos.

INEC,2015

2.6.1 Distribución del cultivo de cacao en Ecuador

La región Costa es el sitio idóneo para la producción del cacao por tal motivo es el lugar de mayor producción con el 73,53% seguido por la región Sierra con un 15,11% y el Oriente con un 8,69% como se puede observar en la ilustración No.15

PRODUCCIÓN DE CACAO POR REGIONES, AÑO 2015

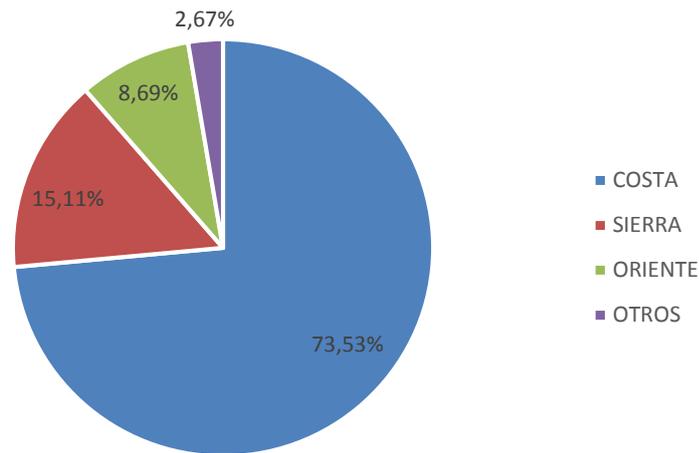


Ilustración 15: Porcentaje de cacao por regiones para el año 2015

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de datos tomados de las Encuestas de Producción y Superficie Agropecuaria, tablas y gráficos. INEC, 2015

2.6.2 Identificación de las potenciales zonas del cultivo de cacao

En el siguiente gráfico se puede observar las provincias de mayor producción de cacao, así podemos destacar que Ecuador es un país productor neto de cacao. (SINAGAP, 2016)

PRODUCCIÓN DE CACAO POR PROVINCIA

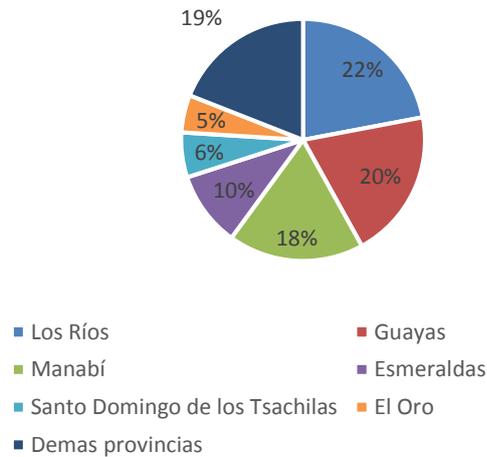


Ilustración 16: Porcentaje de producción de cacao por provincia, Año 2014

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de datos tomados PROECUADOR, 2015

En el año 2015 se dio un incremento del cacao a nivel nacional del 9,7%, esto se debe especialmente al aumento de plantaciones del cacao de la variedad CCN-51 y a la reactivación del cacao fino de aroma o Nacional teniendo un total de 297853 t de producción de una superficie cosechada de 537410ha (SINAGAP, 2016)

La tabla N°4 hace un análisis referencial a las provincias de mayor producción, así como la cantidad de residuos generados.

Tabla 4: Análisis de la producción, residuos y su potencial energético

PROVINCIAS	PRODUCCIÓN ABSOLUTA (T/año)	RESIDUOS (T/año)	ENERGÍA BRUTA (TJ/año)
Guayas	57992,64	718018,43	4856,53
Los Ríos	36874,68	456552,76	3088,03
Manabí	17958,71	222350,38	1503,93
Esmeraldas	14815,33	183431,54	1240,69
El Oro	6399,33	79231,40	535,91
Santo Domingo de los Tsáchilas	4003,58	49569,19	355,28



Fuente: Las autoras a partir del Atlas Bioenergético, 2014

PRODUCCIÓN Y RESIDUOS DE CACAO POR PROVINCIAS

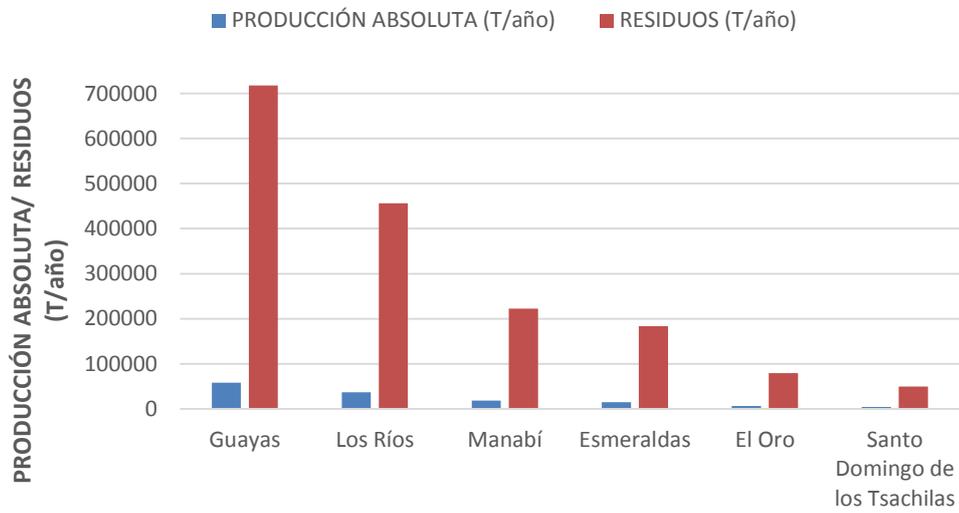


Ilustración 17: Producción de cacao y residuos de las provincias de mayor producción a nivel nacional

Fuente: Las autoras a partir de los datos tomados del Atlas Bioenergético



3 CAPÍTULO III

3.1 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PODA DEL CACAO

3.1.1 Introducción

En nuestro país las dos variedades de cacao más importantes son el Nacional o “fino de aroma” y “Clon Castro Naranjal 51” (CCN-51) siendo el de mayor productividad el CCN-51, el cual se ha ido posicionando en un lugar muy importante tanto en la producción como en la comercialización en nuestro país en comparación con el Nacional. (PROEcuador, 2017)

3.2 MUESTREO DE LA BIOMASA

Se denomina muestreo al conjunto de reglas, procedimientos y criterios que permiten seleccionar un conjunto de elementos de una población, a la vez analiza lo que sucede dentro de la misma población. (Casal & Mateu, 2003)

Según (Freese, 1967; Dauber, 1995) la intensidad de muestreo que determina la superficie de la muestra debe ser por lo menos del 3%, se llevó a cabo un muestreo aleatorio en un 5% de la superficie plantada los residuos de podas obtenidos fueron cortados más o menos de 2-3 cm se deseca en la estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 24h según la norma ASTM E871, posteriormente fue triturada, molida, tamizada, embolsada y etiquetada para el análisis.

3.2.1 Localización de los recursos

Se tomó como punto de referencia el sector cacaotero de Zhucay, parroquia San Antonio, localizada al suroeste de Ecuador en la provincia y cantón Cañar en cuya superficie se cultiva banano, café, caña de azúcar, mandarina, maíz y cacao.

La parroquia San Antonio posee dos variedades de cacao Nacional y CCN-51, siendo el de mayor superficie plantada el cacao CCN-51, para sus agricultores considerado como el de mayor producción y resistente a las enfermedades.



Ilustración 18: Ubicación geográfica de la comunidad Zhucay.

Fuente: Google Earth, 2017

A continuación, presentamos una tabla de producción, cosecha y el costo de producción del cacao de la parroquia San Antonio, así como la producción de residuos de podas por hectárea.

Tabla 5: Producción, cosecha y costo de producción para el cultivo de cacao.

	PRODUCCIÓN POR Ha. (Kg)	COSECHAS AL AÑO	COSTO DE PRODUCCIÓN
CACAO	500	2	\$ 400

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos geográficos del (GAD PARROQUIAL SAN ANTONIO, 2017)

Tabla 6: Producción de residuos de podas por hectárea.

CACAO	Número de plantas/ Ha	kg de poda/árbol	Total de kg de poda/ha
Nacional	750	11,35	8512,5
CCN-51	1033	11,35	11724,55

Total producción 20237,05kg/Ha
20,23T/Ha

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos tomados de las encuestas.

3.3 PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS DE LA BIOMASA

En el libro “Energía de la Biomasa” Nogues F. (2010) nos indica la metodología y técnicas a seguir para identificar cada una de sus propiedades y que esta pueda ser aprovechada como fuente de energía.

3.3.1 Propiedades físicas

La biomasa presenta características físicas las mismas que tienen que ser sometidas a un tratamiento previo que sea necesario, estas varían dependiendo en el estado que se encuentra la biomasa, es decir, en biomasa recién generada o que posteriormente sea tratada, también hace referencia a la granulometría refiriéndose al estado en que se encuentra la biomasa ya sea en ramas, troncos, astillas o polvo, etc. (Montoya Mendoza & Serrano Aguirre, 2016)

3.3.2 Propiedades Químicas

Según Nogues F. (2010) los parámetros que identifican a las propiedades químicas se determinan mediante el análisis inmediato y el análisis elemental. Estas determinan el tipo de comportamiento que tiene la biomasa (Sánchez Quezada, 2013) por lo tanto nos permite elegir una adecuada tecnología en función de las características del combustible como N, S, Cenizas, Volátiles, Fibra, etc.

Según López E. (2010) “este análisis sirve para identificar la fracción de la biomasa la que se encuentra almacenada su energía química (compuestos volátiles y carbono fijo) y la fracción inerte (humedad y cenizas)”.



3.3.3 Análisis inmediato

Se procede a caracterizar los siguientes parámetros, pero expresado en porcentajes:

- ❖ Humedad (%H)
- ❖ Volátiles (%V)
- ❖ Carbono fijo ($C_F\%$)
- ❖ Cenizas ($C_Z\%$)

3.4 PROPIEDAD ENERGÉTICA O CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA.

Es una propiedad muy importante ya que nos da a conocer la cantidad energética que presenta un biocombustible, por lo que se recurre al dato de la capacidad energética o conocida como el poder calorífico siendo el principal parámetro para determinar la propiedad energética.

3.4.1 Poder Calorífico

Es un parámetro fundamental para el estudio de la biomasa, dado que es la cantidad de calor que desprende el material durante el proceso de combustión, hay dos tipos de poder calorífico, el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI), pueden expresarse según las siguientes unidades MJ/Kg, KJ/Kg, Kcal/Kg. (Llera & López, 2010)

“El agua formada en los gases de combustión (proveniente de la humedad o de la oxidación del hidrogeno) se encuentra en forma líquida se obtiene el Poder calorífico superior (PCS). Si permanece en forma de vapor se obtiene el Poder calorífico inferior (PCI)”. (Nogués, García, & Rezeau, 2010)

Poder Calorífico Inferior: cuando el agua formada en la combustión se encuentra en forma de vapor, se la determinada a partir del PCS de la muestra analizada.



3.5 CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA RESIDUAL AGRÍCOLA APROVECHABLE DE LOS RESIDUOS DE PODA DEL CACAO (BRAP) EN ECUADOR

El aprovechamiento de la biomasa residual y cuantificarle como fuente de energía está cada vez más ganando mercado a nivel mundial el dar un valor agregado a esta biomasa y pensar en mejorar las condiciones del calentamiento global se torna está en una fuente de energía muy interesante.

Para este estudio es importante cuantificar la cantidad de biomasa aprovechable que existe en cada región de nuestro país (Ver Anexo 2) ya que es necesario conocer donde se encuentra la mayor cantidad de BRAP, identificando así los potenciales puntos de acopio (Ver anexo 3) que nos permitan acceder fácilmente a esta biomasa.

La biomasa residual se la puede utilizar mediante dos aplicaciones muy interesantes: térmica y eléctrica cada una de estas con diferentes usos.

La biomasa en relación con los gases de efecto invernadero este no colabora con su aumento, debido a que las emisiones de CO₂ son neutras en la atmosfera, ya que por medio de la combustión de la biomasa el CO₂ es reabsorbido durante el proceso de fotosíntesis lo que no ocurre con los combustibles fósiles por lo que el carbono que se libera hacia la atmosfera esta fijo (Gaona Reinoso, 2014)

Para conocer la cantidad de biomasa residual agrícola de los residuos de poda BRAP se utiliza la metodología Lignostrum que consiste en una estimación de la biomasa potencial y la biomasa disponible en masa (t/año) y en energía (tep/año) (CIRCE, 2006)

3.5.1 Biomasa residual agrícola de cacao (BRAP)

Para nuestro caso de estudio se considera a la Biomasa Residual Agrícola de Residuos de poda del Cacao (BRAP) de las dos variedades los mismos que se codifican de la siguiente manera biomasa residual agrícola de los residuos de poda tallos de las dos variedades (BRAP-T) y la biomasa residual agrícola de los residuos de poda hojas de las dos variedades (BRAP-H).



4 CAPÍTULO IV

4.1 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PODA DEL CACAO DE LAS VARIEDADES NACIONAL Y CNN-51

4.1.1 Muestreo de la Biomasa:

El lugar donde se tomó las muestras (residuos de podas tallos y hojas) para el respectivo estudio fue Zhucay zona cacaotera localizada en el sur oeste del país, perteneciente a la provincia y cantón del Cañar, lugar donde se produce las dos variedades de Cacao Nacional y CCN-51 que son necesarias para el desarrollo de nuestro estudio.

Materiales y Equipos:

Fundas plásticas resistentes grandes de color negro

Equipo de poda: tijeras

Etiquetas y marcadores

Procedimiento:

Delimitamos la zona a coger las muestras, en este caso de estudio tomamos 7ha realizando el muestreo en un 5% de su superficie.

Se procede a la poda de la planta recogiendo en ese instante los residuos, se lo apila y se escoge una cantidad representativa de tallos y hojas aleatoriamente.

Se debe escoger los residuos de poda que estén frescos y sanos.

Finalmente se coloca en las fundas y se rotula identificando de que variedad se trata.

Muy importante que las podas se realizan en los meses de diciembre a mayo ya que es la época recomendable para la poda.

4.1.2 Tamaño y Forma

Los tamaños de los residuos de poda correspondientes a las hojas de cacao miden entre 7 - 35 cm de largo por 5 - 20 cm de ancho, en cambio para el tallo 30 - 230 cm de largo y ancho de 5 - 98 cm. La forma de las hojas es lanceolada y de los tallos según las ramificaciones son dicasio.

4.2 Pretratamiento de la biomasa recolectada

El pre-tratamiento de la biomasa tiene como objetivo facilitar el manejo de la misma mediante una reducción de tamaño de partícula, con el que se trabajara posteriormente para determinar los porcentajes de Cenizas, Volátiles, Carbono Fijo y el Poder Calorífico; permitiendo a la vez conservar por mayor tiempo las muestras, una vez sea eliminada su humedad evitando el crecimiento de bacterias que pueden interferir en los análisis posteriores.

Materiales	Equipos	Reactivo/ Biomasa
- Bandejas de Aluminio - Tijeras - Fundas herméticas - Tanda de Tamices	- Estufa - Molino artesanal - Tambor vibratorio - Balanza Analítica	Residuos de poda de cacao (hojas y tallos)

Procedimiento:

- Cortar la biomasa en segmentos de 2-3cm aproximadamente
- Colocar en las bandejas de aluminio la biomasa cortada en forma ordenada.
- Se llevaron las bandejas a la estufa a 105°C por 24h
- La biomasa seca se colocó en fundas plásticas herméticas debidamente etiquetadas.

Reducción de tamaño:

- Con la muestra seca procedemos a moler hasta tener una muestra representativa.
- Armar la tanda de tamices en el siguiente orden #20, #40, #60 #100 y el fondo
- Encender el tambor vibratorio 7min hasta tener los respectivos retenidos
- Guardar los retenidos en respectivas fundas plásticas herméticas rotuladas para identificarlas.

Distribución granulométrica

Tabla 7: Distribución granulométrica de los residuos de poda del cacao (hojas y tallos) variedades Nacional y CCN-51

BRAP-H				BRAP-T			
TAMIZ ASTM (mm)	No TAMIZ	% NACIONAL	% CCN-51	TAMIZ ASTM (mm)	No TAMIZ	% NACIONAL	% CCN-51
0,850	20	26	20	0,850	20	20	8
0,425	40	27	28	0,425	40	20	13
0,250	60	19	21	0,250	60	19	11
0,150	100	9	10	0,150	100	11	6
<0,150	FONDO	15	17	<0,150	FONDO	27	12

Fuente y elaboración: Las autoras sobre la base de resultados obtenidos en el laboratorio

4.3 ANÁLISIS INMEDIATO

El análisis inmediato comprende los siguientes parámetros: humedad, cenizas, volátiles y carbono fijo todo esto realizado en **base seca** obteniendo resultados estables y confiables.

4.3.1 Determinación de la Humedad (%H)

Se define como la cantidad de agua total contenida en una masa de una muestra de biomasa.

La determinación de la Humedad y materia seca se realizó en el Laboratorio de la Energía de la Reacción de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca según la **NORMA BS EN ISO 18134-2:2015**

Materiales y Equipos

- Estufa 105°C
- Balanza analítica
- Desecador
- Capsulas
- Espátula
- Tijeras

**Método:**

El método a seguir se encuentra en la norma antes mencionada:

1. Lavar las capsulas, secarlas en la estufa a 105°C durante 30min, retirar y colocar en el desecador durante 20min, una vez enfriado pesar siendo esta la tara inicial.
2. Colocar en la capsula 5g de la muestra de cacao (hojas y tallos por separado) durante 2h en la estufa a 105°C
3. Desecar la muestra durante 30min y pesar.
4. Secar la muestra durante 30min mas, luego desecar durante 20-30min y pesar.
5. Repetir el mismo procedimiento hasta obtener un peso constante de 0,1mg.
6. Cada ensayo se realizado por triplicado

Para la determinación del porcentaje de la humedad se usó la siguiente formula:

Ecuación 1: Formula para determinar el porcentaje de Humedad

$$\% H = \left(\frac{P_1 - P_2}{P} \right) * 100$$

Donde:

P=peso de la muestra (g)

P₁=peso capsula + muestra húmeda (g)

P₂=peso capsula + muestra seca (g)

4.3.2 Determinación de las Cenizas (%CZ)

Las cenizas son los residuos inorgánicos que quedan después de la quema. El contenido de cenizas se determina mediante una calcinación en la mufla de 3-4 horas según recomienda la **Norma ABNT NBR10331** previamente calcinada en una cocineta eléctrica hasta dejar de emanar vapores aproximadamente de 30-40min. (Nogués, García, & Rezeau, 2010)

Las cenizas se determinaron en el Laboratorio de Análisis Bromatológico, Facultad Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.



Materiales y Equipos

- Mufla
- Balanza analítica
- Desecador
- Cocineta eléctrica
- Campana de extracción
- Crisoles
- Espátula
- Residuos de los tamices #40 y #60

Método:

El método a seguir se basa en la norma ABNT NBR10331

1. Colocar los crisoles en la mufla durante 30min (T=550°C)
2. Colocar en el desecador durante 15-20min, pesar los crisoles siendo esta la tara inicial.
3. Pesar 2g de la muestra (por separado hojas y tallos), calcinar en la cocineta eléctrica durante 30-40min hasta que deje de emanar vapores.
4. Finalmente colocar en la mufla de 3-4h, colocar en el desecador durante 40min y pesar.
5. Repetir el mismo procedimiento tanto para las hojas y tallos de las dos variedades de cacao Nacional y CCN-51.

Para la determinación del porcentaje de las cenizas se usó la siguiente formula:

Ecuación 2: Formula para determinar el porcentaje de cenizas

$$\%CENIZA = \frac{P_C}{P_M} * 100$$

Donde:

P_C = peso de la ceniza

P_M = (Peso del crisol + muestra luego de la calcinación)- Peso del crisol



$$P_M = (\text{Peso crisol} + \text{muestra}) - \text{peso crisol}$$

4.3.3 Determinación Volátiles (%V):

La materia volátil se determina mediante la **Norma BS-EN ISO 18123: 2015** Nos indica el peso de la muestra obtenida después de ser sometida a calcinación en la mufla a 980°C durante 7min.

Los volátiles se determinaron en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

Materiales y Equipos

- Mufla 980°C
- Estufa
- Balanza analítica
- Desecador
- Crisoles con tapa
- Espátula
- Pinzas

Método:

El método a seguir se basa en la Norma BS-EN ISO 18123

1. Secar los crisoles y las tapas en la estufa a 105°C durante 2h.
2. Desecar 40min, pesar los crisoles y las tapas siendo el peso inicial.
3. Pesar 1g de la muestra, colocar en la mufla a 980°C.
4. Abrir la mufla y colocar los crisoles en la puerta durante 3min, luego de ese tiempo colocar dentro de la mufla durante 7min.
5. Finalmente retirar con precaución ya que están a altas temperaturas y se pueden romper los crisoles, colocar en el desecador durante 40min y pesar (peso final).

Para la determinación del porcentaje de volátiles se usó la siguiente formula:

$$\%VOLATILES = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} * 100$$



Donde:

P_1 = peso crisol+ peso tapa

P_2 = peso crisol + peso tapa + peso muestra

P_3 = peso crisol + peso tapa + peso muestra sacada de la mufla a 980°C

4.3.4 Determinación de Carbono Fijo (CF%)

Se obtiene por diferencia del total y los contenidos de humedad, cenizas y volátiles totales de la muestra ya sean expresados en base seca como en base húmeda, tal como se observa en las siguientes ecuaciones No.3 y 4

Base seca

$$\%CF = 100 - \%V - \%Cz$$

Ecuación 3: Ecuación para la determinación de Carbono Fijo expresado en base seca

Base Húmeda

$$\%CF = 100 - \%H - \%V - \%Cz$$

Ecuación 4: Ecuación para la determinación de Carbono Fijo expresada en base húmeda

4.4 DETERMINACION DEL PODER CALORÍFICO

El poder calorífico se determinó en el Laboratorio de Termodinámica Físico – Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

Utilizamos la **Norma BS EN 14918: 2009** que dice:

1. Preparar la muestra a ser analizada, pesar aproximadamente entre 0,30 y 0,41g de muestra en el crisol del calorímetro. La muestra no debe ser mayor a 1g porque el resultado puede ser erróneo.
2. Colocar la muestra dentro de la cámara de combustión asegurando que el cable de ignición este contacto con la mecha atada.
3. Sellar la cámara de combustión con O_2 (durante 20s hasta una presión de 30bar).



4. Colocar la cámara con la muestra dentro del equipo (camisa adiabática) y cerrar el equipo.
5. Llenar el reservorio del equipo con agua destilada aproximadamente 2 l tratada con 2ml de sulfato de cobre.
6. Iniciar el trabajo registrando el peso exacto de la muestra usando los comandos del equipo.
7. Se registró las lecturas de la acción del proceso y la variación de la temperatura del agua cada minuto durante aproximadamente 15min, hasta que el equipo emita el resultado final de la muestra expresada en J/g.

Poder Calorífico Inferior

Se obtiene a partir de la siguiente formula: (REDISA, 2008) citado por (Budí Orduña, 2016)

$$PCI = (PCS - 206 * H) * \frac{100 - h_T}{100 - h} - 23 * h_T$$

h_T = contenido en humedad en porcentaje del combustible

h = porcentaje de humedad de la muestra en análisis

En nuestro caso de estudio se refiere a muestra en “base seca” por lo tanto h_T y h es igual a cero, obteniendo la fórmula:

$$PCI = PCS - 206 * H$$

De donde:

PCS= poder calorífico superior (J/g)

H= porcentaje de hidrogeno total de la muestra analizada para nuestro caso de estudio es del 5,5% (ver anexo 9)

4.5 ENCUESTA PARA DETERMINAR EL USO DE LA BRAP

4.5.1 Características de la población y muestra

La población a considerar son los miembros que pertenecen a la Asociación de cacaoteros de la parroquia San Antonio comunidad Zhucay.

4.5.2 Delimitación de la población

La población a considerar corresponde a los productores de cacao de la comunidad Zhucay



4.5.3 Tipo de Muestra

La muestra elegida para nuestro caso de estudio es la probabilística ya que serán seleccionadas las personas que tengan relación y conocimientos con el presente tema de investigación es decir directamente con los cacaoteros de la comunidad.

4.5.4 Tamaño de la Muestra

La muestra a escoger para el presente estudio es:

n =tamaño de la muestra

N =tamaño de la población

E =error, se considera 10% $E= 0,1$

Z = nivel de confianza, para el 90% $Z=1,645$

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)E^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Fuente: (Suárez, 2011)

5 CAPITULO V

5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez realizado los análisis de los residuos de podas (tallos y hojas) se presentan a continuación los siguientes datos obtenidos:

5.1.1 Determinación de Humedad

Tabla 8: Porcentaje de Humedad variedad cacao Nacional y CCN-51

	% HUMEDAD		% HUMEDAD
	CACAO NACIONAL		CACAO CCN-51
BRAP-T	66,60%	BRAP-T	65,68%
BRAP-H	52,95%	BRAP-H	51,39%

Fuente: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

5.1.2 Determinación de las Cenizas

Tabla 9: Porcentaje de cenizas de la variedad cacao Nacional y CCN-51

	% CENIZAS		% CENIZAS
	CACAO NACIONAL		CACAO CCN-51
BRAP-T	8,77%	BRAP-T	6,81%
BRAP-H	9,59%	BRAP-H	8,43%

Fuente: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio



5.1.3 Determinación de Volátiles

Tabla 10: Porcentaje de Volátiles en la variedad de cacao Nacional y CCN-51

	% VOLÁTILES CACAO NACIONAL		% VOLÁTILES CACAO CCN-51
BRAP-T	83,56%	BRAP-T	84,15%
BRAP-H	82,66%	BRAP-H	84,29%

Fuente: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

5.1.4 Determinación de Carbono Fijo

Tabla 11: Porcentaje de Carbono Fijo en la variedad de cacao Nacional

	%CARBONO FIJO CACAO NACIONAL		%CARBONO FIJO CACAO CCN-51
BRAP-T	7,67%	BRAP-T	9,04%
BRAP-H	7,75%	BRAP-H	7,28%

Fuente: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio



5.2 DETERMINACION PODER CALORÍFICO

Tabla 12: Tabla del Poder Calorífico Superior del Cacao Nacional y CCN-51

CACAO NACIONAL PODER CALORIFICO SUPERIOR (KJ/Kg)		CACAO CCN-51 PODER CALORIFICO SUPERIOR (KJ/Kg)	
BRAP-T	15671,67	BRAP-T	15912,33
BRAP-H	16789,67	BRAP-H	16883,00

Fuente: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS VARIETADES DE CACAO NACIONAL Y CCN-51

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de los análisis realizados según las dos variedades Nacional y CCN-51, con sus graficas respectivas.

Tabla 13: Cuadro comparativo con respecto a los tallos de las dos variedades de cacao Nacional y CCN-51

	HUMEDAD (%)	
	NACIONAL	CCN-51
BRAP-T	66,60%	65,68%

Fuente: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

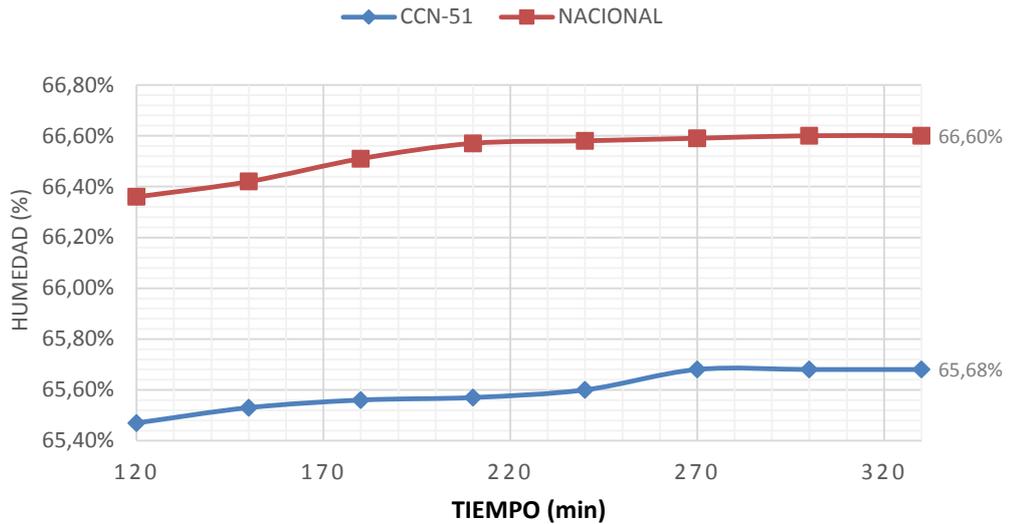


Ilustración 19: Grafica comparativa de la evolución de la pérdida de humedad (tallos) de las dos variedades.

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

Tabla 14: Humedad de las hojas de las variedades Nacional y CCN-51

	HUMEDAD (%)	
	NACIONAL	CCN-51
BRAP-H	52,95%	51,39%

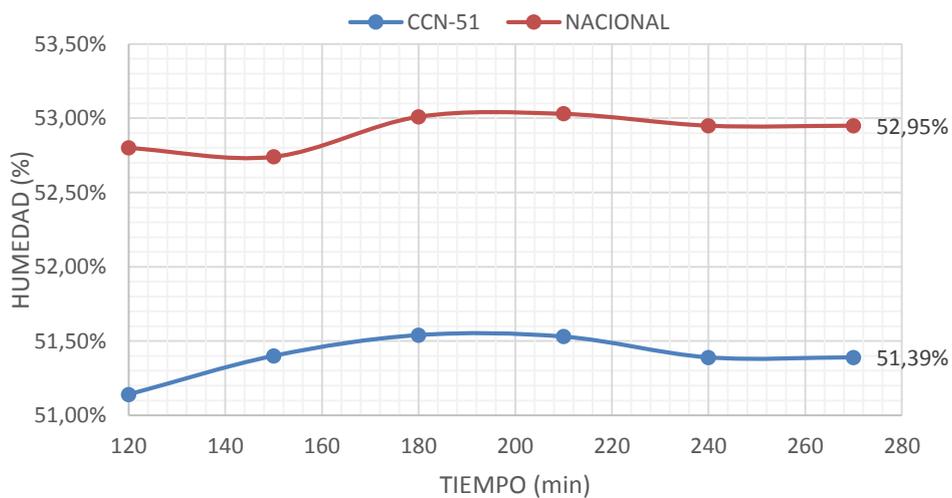


Ilustración 20: Evolución de la pérdida de humedad (hojas) de las dos variedades.

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

Parámetros que contiene el análisis inmediato en base seca del cacao Nacional y CCN-51, BRAP-T

Tabla 15: Análisis inmediato de las dos variedades de cacao, en tallos

		ANALISIS INMEDIATO EN BASE SECA (%)		
		VOLÁTILES	CENIZAS	CARBONO FIJO
BRAP-T	NACIONAL	83,56%	8,77%	7,67%
	CCN-51	84,15%	6,81%	9,04%

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

Porcentaje de volátiles de los tallos para las variedades Nacional y CCN-51

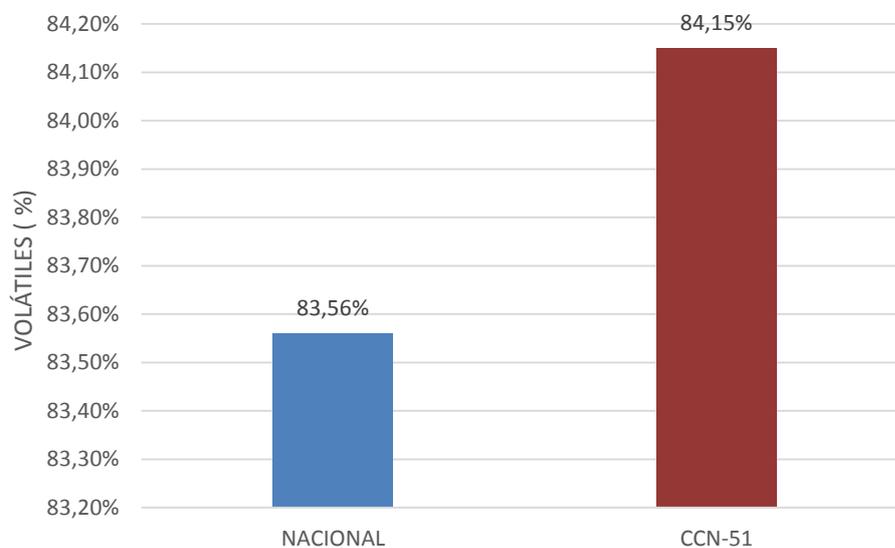


Ilustración 21: Porcentaje de Volátiles de los tallos Nacional y CCN-51

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio



Porcentaje de Cenizas para tallos de las variedades Nacional y CCN-51

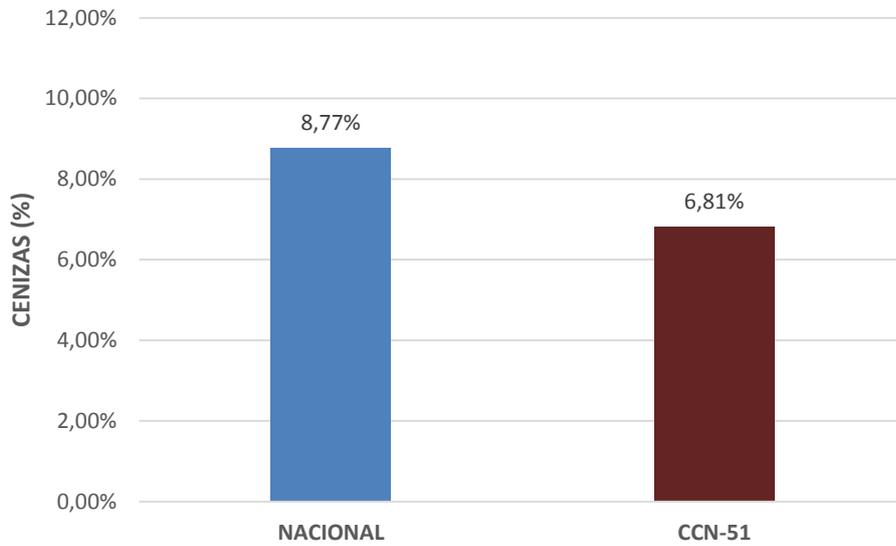


Ilustración 22: Porcentaje de Cenizas de los tallos de las dos variedades de cacao.

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

Porcentaje de Carbono Fijo en los tallos Nacional y CCN-51

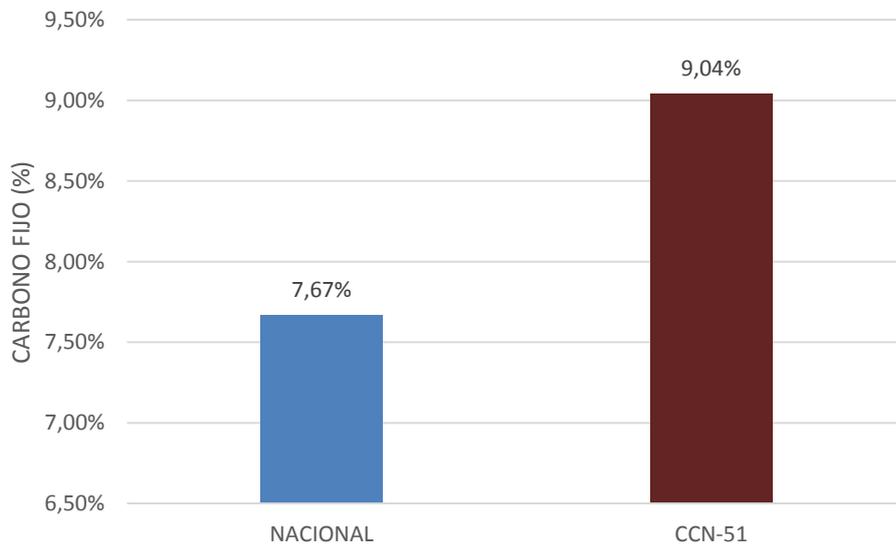


Ilustración 23: Grafica comparativa del porcentaje de Carbono Fijo de los tallos de las dos variedades de cacao

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

Parámetros que contiene el análisis inmediato en base seca del cacao Nacional y CCN-51, BRAP-H.

Tabla 16: Cuadro comparativo del análisis inmediato de las dos variedades de cacao, en hojas

		ANALISIS INMEDIATO EN BASE SECA (%)		
		VOLÁTILES	CENIZAS	CARBONO FIJO
BRAP-H	NACIONAL	82,66%	9,59%	7,75%
	CCN-51	84,29%	8,43%	7,28%

Fuente: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

Gráfica de comparación de las variedades Nacional y CCN-51 (porcentaje de Volátiles en las hojas)

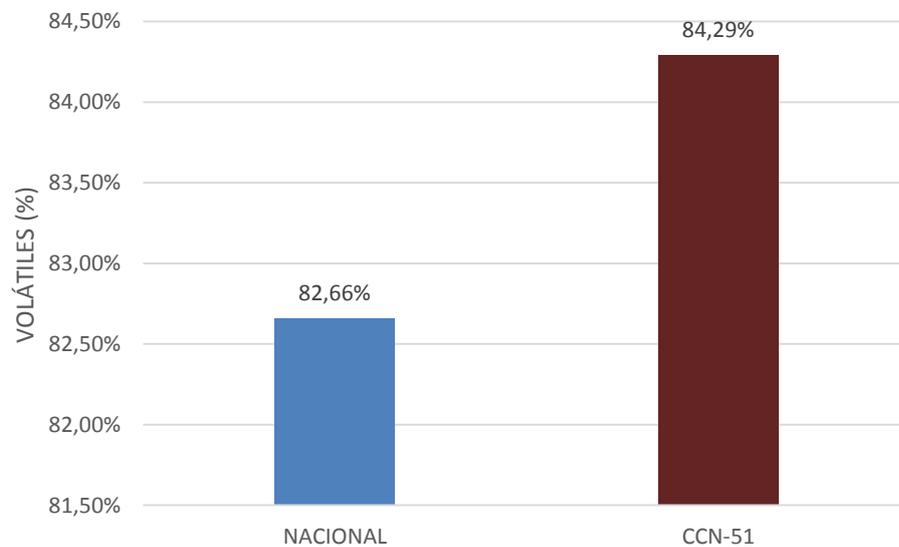


Ilustración 24: Grafica comparativa del porcentaje de Volátiles en las dos variedades de cacao, en hojas.

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio



Porcentaje de Cenizas en hojas de las variedades Nacional y CCN-51

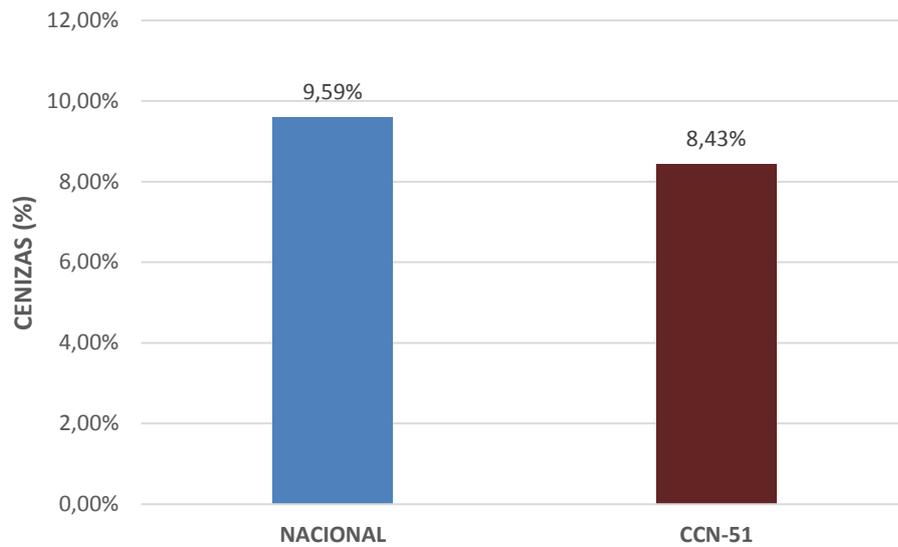


Ilustración 25: Porcentaje de Cenizas de las dos variedades de cacao, en hojas.

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

Porcentaje de Carbono Fijo en hojas de las variedades Nacional y CCN-51

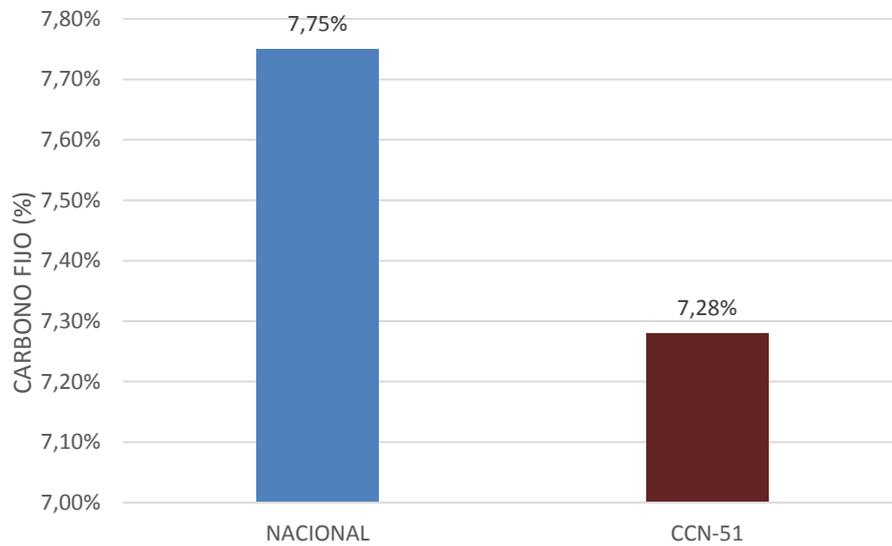


Ilustración 26: Porcentaje de Carbono Fijo de las dos variedades de cacao, en hojas.

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

PODER CALORÍFICO SUPERIOR

Tabla 17: Poder Calorífico Superior de las dos variedades de cacao

	PODER CALORÍFICO SUPERIOR (KJ/Kg)		PODER CALORÍFICO SUPERIOR (Kcal/Kg)	
	NACIONAL	CCN-51	NACIONAL	CCN-51
BRAP-T	15671,67	15912,33	3742,39	3799,86
BRAP-H	16789,67	16883	4009,37	4031,66

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio

Poder calorífico en hojas y tallos de las variedades Nacional y CCN-51

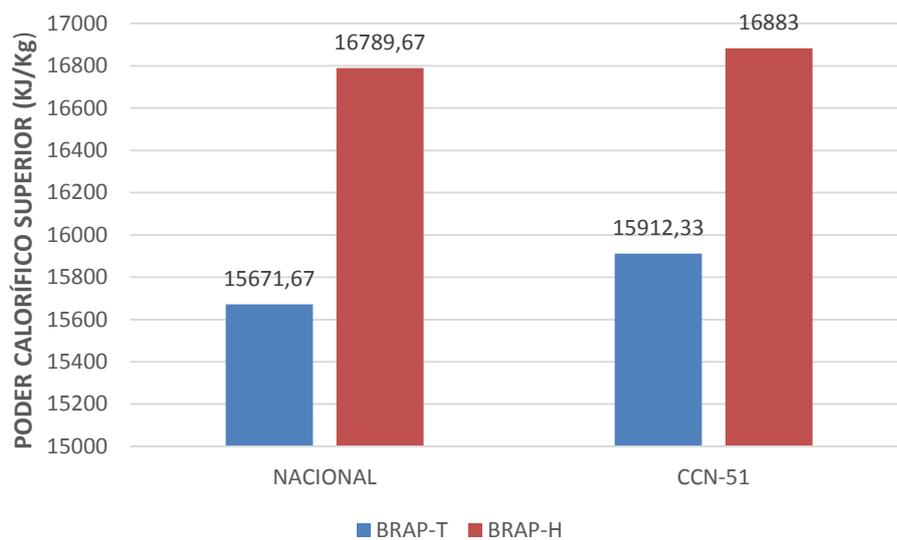


Ilustración 27: Grafica correspondiente al poder calorífico superior con respecto a las dos variedades de cacao.

Fuente y Elaboración: Las autoras a partir de los datos obtenidos en el laboratorio



Conclusiones del análisis comparativo de los residuos de poda de las dos variedades de cacao Nacional y CCN-51 (tallos y hojas)

- Según la ilustración No.19 y 20 podemos observar que para los residuos de podas tallos y hojas, no difieren en cuanto al porcentaje de humedad ya que el cacao Nacional tiene un 66,60% y el CCN-51 un 65,68%; debido al porcentaje alto de humedad según López E. (2010) la biomasa se puede utilizar en un proceso de bio-conversión (digestión) de igual manera sucede con las hojas 52,95% para el Nacional y 51,39% para el CCN-51. En cuanto a la capacidad energética el límite auto térmico debe tener hasta un máximo del 65% de humedad en base húmeda superior a este valor ya no libera suficiente energía para producir calor por lo tanto se deberá utilizar un combustible para su secado.
- Los datos obtenidos en el análisis de la materia volátil en los tallos son 83,56% y 84,15% en las hojas 82,66% y 84,29% respectivamente en las variedades Nacional y CCN-51, la cantidad de materia volátil que contiene estos residuos de poda son porcentajes altos por lo que son de muy buena combustión, según García D. (2010) una biomasa de buena combustión tiene valores entre el 60-80% en contenido de materia volátil.
- El contenido de Cenizas está dentro del rango que proponen otros autores que es del 10% para una biomasa, teniendo valores en nuestro caso de estudio en los residuos de podas del cacao del 6,81% hasta el 9,59%; con un valor superior el comportamiento energético ya no sería favorable para el aprovechamiento de energía del combustible.
- El poder calorífico no difiere entre las dos variedades 3742,67Kcal/Kg y 4009,37Kcal /Kg para tallos y para las hojas 3799,86Kcal /Kg y 4031,66Kcal /Kg respectivamente Nacional y CCN-51, para validar estos resultados se hace una comparación en general para los poderes caloríficos de biomasa estando cerca del rango. Ver anexo 9.

5.4 CUANTIFICACION DE LA BIOMASA RESIDUAL AGRICOLA DE RESIDUOS DE PODAS APROVECHABLES

Para estimar dichos datos se ha partido de la siguiente manera, basándose en el autor Budí A. (2016) el cual hace un análisis de las podas para estimar la biomasa generada

por hectárea así también hace el cálculo de la energía potencial o potencial energético de la biomasa residual agrícola (podas) en toneladas equivalentes de petróleo al año.

Tabla 18: Pesos de residuos de poda por árbol de las dos variedades de cacao. Ratios medio de la superficie (T/Ha)

CULTIVO DE CACAO			
VARIEDAD		ARBOLES/HA	
NACIONAL	CCN-51	NACIONAL 750	CCN-51 1033
Kg poda/árbol	Kg poda/árbol		
9,1	9,1	6825	9400,3
13,6	13,6	10200	14048,8
MEDIAS (Kg/ha)		8512,5	11724,55
RATIO MEDIO RESIDUOS POR SUPERFICIE (t/Ha)		8,5	11,7

Fuente: Encuestas

5.4.1 Biomasa total en el ámbito de estudio

Para calcular la biomasa total se realiza en función de las ratios de biomasa de cada una de las variedades expresada en (t/ha/año) con la superficie cultivada a nivel nacional.

$$\text{Biomasa}_{\text{cultivo}} (\text{t/año}) = \text{Superficie}_{\text{cultivo}} (\text{ha}) * \text{Ratio Biomasa}_{\text{cultivo}} (\text{t/ha/año})$$

Tabla 19: Biomasa por cultivo y total

CULTIVO DE CACAO	SUPERFICIE (Ha)	RATIO (t/ha/año)	BIOMASA TOTAL (t/año)
NACIONAL	271345	8,5	2306432,5
CCN-51	215342	11,7	2519501,4
Total			4825933,9

Fuente: Las autoras

5.5 Evaluación del potencial energético

Según Budí. A (2016) el potencial energético se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$\text{Energía (tep/año)} = \text{Biomasa(Kg/año)} * \text{PCI(Kcal/Kg)} * (1/10^7) \text{ (tep/Kcal)}$$

Tabla 20: Energía potencial de la biomasa residual agrícola por cultivo en toneladas equivalentes de petróleo al año.

CULTIVO DE CACAO	BIOMASA (Kg/año)	PCI (Kcal/Kg)	ENERGÍA (tep/año)
NACIONAL	2306432500	3605,30	831538,10
CCN-51	2519501400	3645,20	918408,65
Total			1749946,75

Fuente: Las autoras

ENERGIA POTENCIAL DE LA BIOMASA RESIDUAL AGRICOLA CACAO NACIONAL Y CCN-51

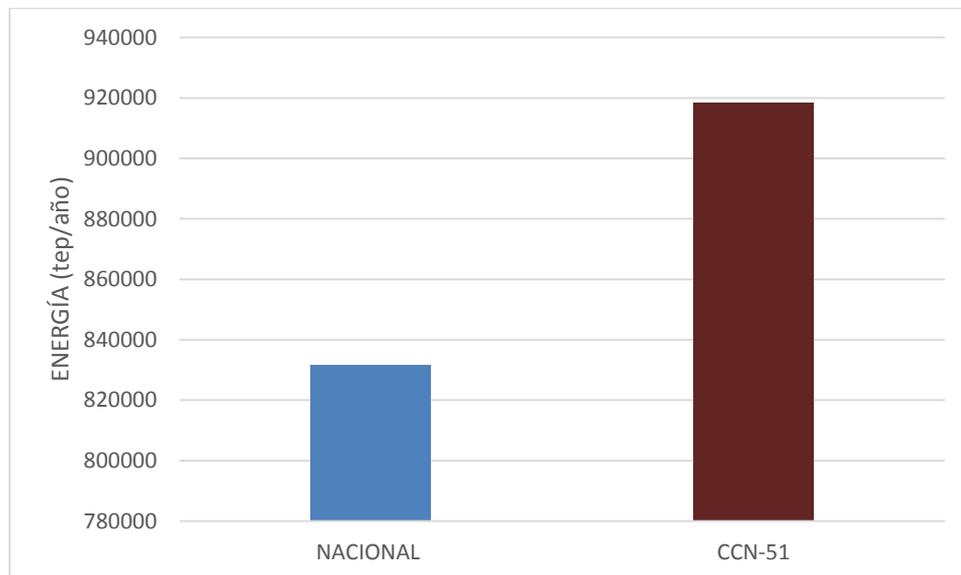


Ilustración 28: Grafica correspondiente la cantidad de energía potencial con respecto a las variedades Nacional y CCN-51

Fuente y Elaboración: Las autoras



Análisis de la cuantificación de la biomasa residual

- El cacao perteneciente a la variedad CCN-51 tiene mayor ratio medio de biomasa por superficie y año.
- El cultivo de cacao de la variedad CCN-51 genera un total de 1749946,75 (t/año) de biomasa residual siendo el cultivo que más cantidad de biomasa genera, debido a que por su forma de siembra permite más número de plantas por hectárea.

5.6 CÁLCULO PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

La muestra a escoger para el presente estudio es:

$$n=?$$

$$N=200$$

$$E= 0,1$$

$$Z= \text{para el } 90\% Z=1,645$$

$$\sigma = 0,5 \text{ valor constante}$$

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)E^2 + \sigma^2Z^2}$$

$$n = \frac{200(0,5)^2(1,645)^2}{(200-1)(0,1)^2 + (0,5)^2(1,645)^2}$$

$$n = \frac{135,30}{2,666} = 50,74$$

$$n = 51 \text{ ENCUESTADOS}$$

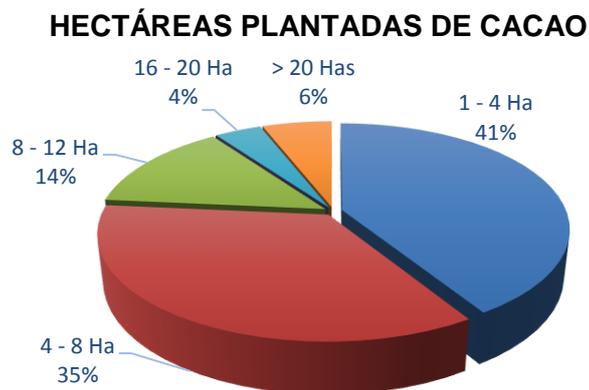
5.7 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS PRODUCTORES

Esta investigación está enfocada en determinar si la cantidad de residuos de poda o biomasa del cacao pueden representar una cantidad representativa para ser industrializado y utilizado como fuente energética para generar algún valor agregado, como para promover proyectos socio ambientales en este sector. Por lo que es necesario levantar la información insitu basado desde el conocimiento del agricultor hasta el tratamiento en parcelas.

Encuesta realizada a los productores de cacao de la comunidad de Zhucay, Cañar
1. ¿Cuál es la superficie plantada de cacao que dispone?
Tabla 21: Porcentaje de hectáreas plantada de cacao

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
1 - 4 Ha	21	41%
4 - 8 Ha	18	35%
8 - 12 Ha	7	14%
12 - 16 Ha	0	0%
16 - 20 Ha	2	4%
> 20 Has	3	6%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas


Ilustración 29: Porcentaje de hectáreas plantadas de cacao

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: el 41% de los productores encuestados poseen parcelas de 1-4 has de sembradíos de cacao, el 35% poseen 4-8has, 14% de 8-12has y en 4% aquellas personas que tienen alrededor de 20has.

2. ¿Cuál es la variedad de cacao que produce?

Tabla 22: Variedad de cacao que se produce

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
NACIONAL	2	4%
CCN-51	49	96%
AMBOS	0	0%
OTROS	0	0%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas



Ilustración 30: Variedad de cacao que se produce.

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: podemos observar claramente que en el sector de Zhucay los cacaoteros producen en su mayoría la variedad CCN-51 en sus parcelas, mientras que en un 4% producen el cacao Nacional, siendo el más productivo el cacao CCN-51.

3. El cultivo es solo o asociado:

Tabla 23: Cultivo solo o asociado

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
SOLO	49	96%
ASOCIADO	2	4%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas



Ilustración 31: Cultivo solo o asociado.

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: En esta comunidad cultivan en su mayoría el cacao, siendo el principal ingreso económico para las familias.

3.1 ¿Cuál es la edad promedio de su cultivo?

Tabla 24: Edad promedio del cultivo de cacao

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
1 – 5años.	23	44%
5 – 10años.	12	24%
10 – 15años.	6	12%
15 – 20años.	7	14%
>20años.	3	6%
	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

EDAD PROMEDIO DEL CULTIVO

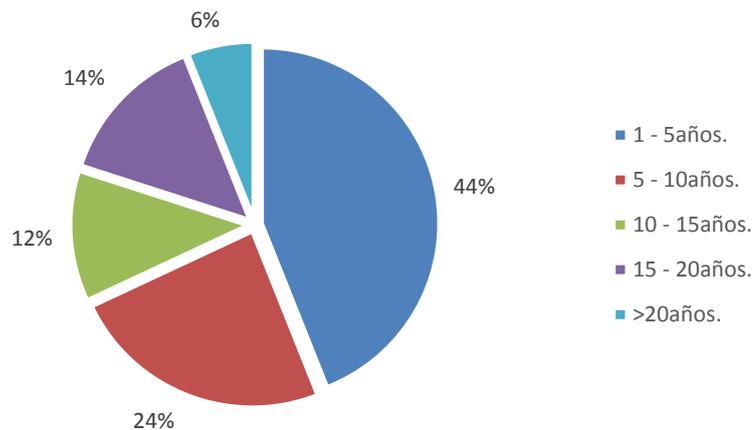


Ilustración 32: Edad promedio del cultivo de cacao

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: Según las encuestas el 44% de los cacaoteros tienen sus cultivos una edad promedio de 1 a 5 años es decir están en la etapa formación y producción de la planta y en un 6% mayor a 20 años dando a conocer el ciclo largo de vida que tiene el cacao, mientras se tenga un buen cuidado tanto del suelo como la planta puede vivir hasta los 100 años estando en su etapa plena de producción de 11 a 35 años, declinando su producción desde los 40 años en adelante. (CATIE, 2017)

4. De la superficie total que dispone: ¿Qué porcentaje corresponde a?

Tabla 25: Superficie de cacao a utilizarse

	PERSONAS	PORCENTAJE
SUPERFICIE PLANTADA	14	27%
SUPERFICIE EN EDAD PRODUCTIVA	20	39%
SUPERFICIE COSECHADA	17	33%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

TIPO DE SUPERFICIE QUE DISPONE

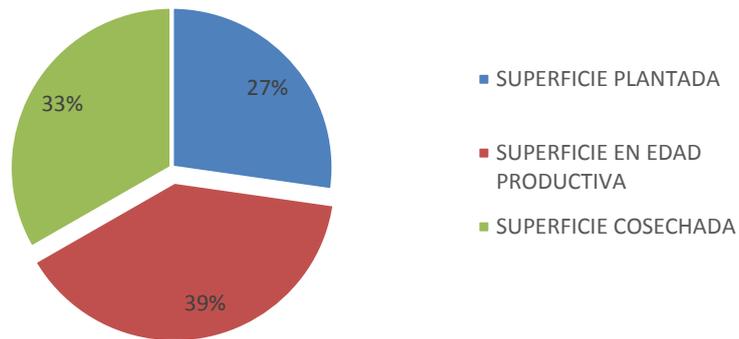


Ilustración 33: Superficie de cacao utilizada

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: Según las encuestas podemos decir que del total del sembrío de cacao el 27% corresponde a la superficie plantada mientras que el 39% se encuentra en edad productiva y el 33% restante se encuentra en edad cosechada.

5. Si la superficie cosechada es menor que la superficie en edad productiva: ¿Cuál es la razón principal de la pérdida? Indicar los tipos de enfermedades.

Tabla 26: Principales razones por las pérdidas de las cosechas y tipos de enfermedades que afectan el cultivo

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
SEQUIA	4	8%
HELADAS	27	53%
PLAGAS	1	2%
ENFERMEDADES	18	35%
INUNDACIONES	1	2%
OTRO	0	0%
TOTAL	51	100%

ENFERMEDAD	CANTIDAD	%
CRINIPPELLIS PERNISIOSA	5	10%
MONILLIASIS	13	25%
TOTAL	18	35%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

PÉRDIDAS DE LAS COSECHAS

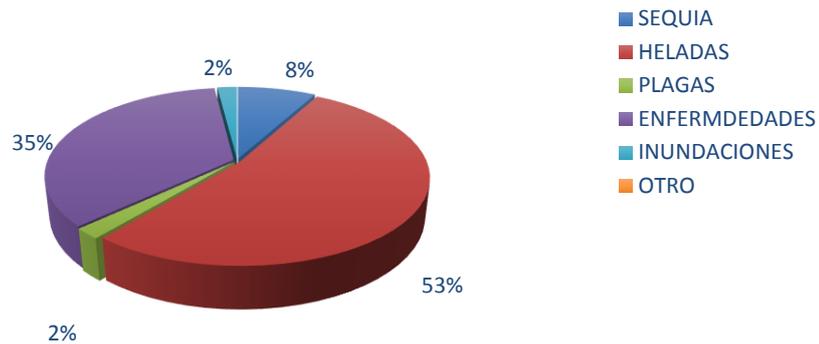


Ilustración 34: Principales razones por las pérdidas de las cosechas.

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: Para el sector cacaotero la principal pérdida de sus cosechas se debe principalmente al clima, las heladas que representan el 53% una gran pérdida para sus productores debido a que se encuentran entre la zona tropical y la zona fría, otra causa también importante son las enfermedades que se produce o propagan en los cultivos siendo las principales la Crinipellis Pernisiosa y la Monilliasis las cuales pueden ser controladas.

6. INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

6.1. ¿Tiene su cultivo riego?

Tabla 27: Porcentaje de cultivos que tienen riego

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	38	75%
NO	13	25%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

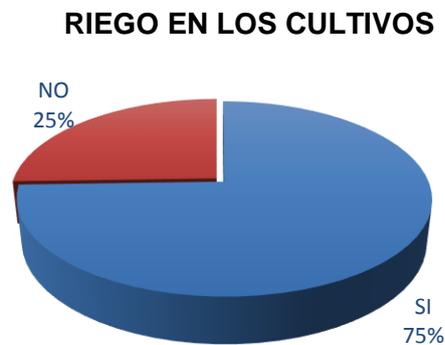


Ilustración 35: Porcentaje de cultivos que tiene riego

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: Para poder mantener sus cultivos en producción y buen estado el 75% de los cacaoteros tienen sus cultivos con riego, mientras que el 25% no cuentan con este medio.

7. ¿Cuál es el principal sistema de riego que posee?

Tabla 28: Sistema de riego que se utiliza

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
ASPERSIÓN	25	49%
BOMBEO	3	6%
GRAVEDAD	7	14%
OTRO	16	31%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

SISTEMA DE RIEGO

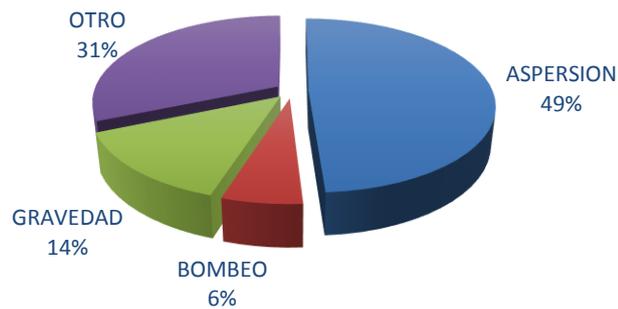


Ilustración 36: Sistema de riego que se utiliza

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: El principal sistema de riego utilizado por los cacaoteros es el de aspersion permitiendo un mejor riego de sus cultivos ya que lo hacen a nivel del suelo, en un 31% aplicando otros sistemas de riego como el de goteo.

8. ¿De dónde proviene el agua para su riego?

Tabla 29: Fuentes de donde provienen el agua para el riego

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
CANAL DE RIEGO	13	25%
RIO, QUEBRADAS, FUENTE NATURAL	24	47%
POZOS	2	4%
RESERVORIO LLUVIA	1	2%
OTRO	11	22%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

FUENTES DE AGUA PARA EL RIEGO

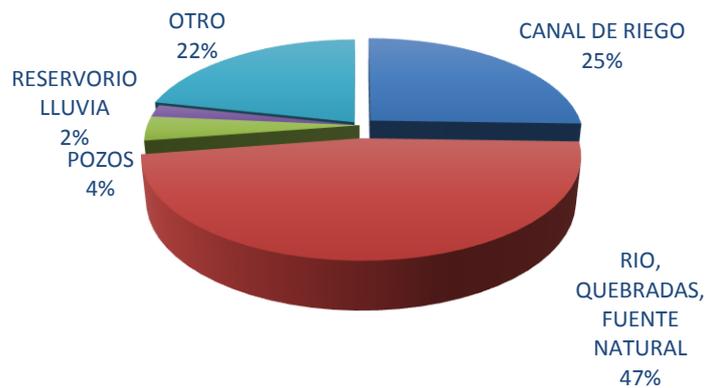


Ilustración 37: Fuentes de donde provienen el agua para el riego

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: La principal fuente de riego para los cacaoteros proviene de la fuente natural que es el río Patúl el cual delimita a la comunidad de Zhucay, aquellos productores que no poseen de esta fuente natural utilizan las canales de riego las cuales son muy importantes para la producción de sus cultivos, siendo el 25% que utilizan este medio.

9. INFORMACION DE PODAS

9.1. ¿Con que frecuencia realiza Ud. Las podas

Tabla 30: Frecuencia con la que se realiza las podas

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
1 VEZ AL AÑO	41	80%
2 - 3 VECES AL AÑO	10	20%
>3 VECES POR AÑO	0	0%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

FRECUENCIA CON LA QUE SE REALIZA LAS PODAS

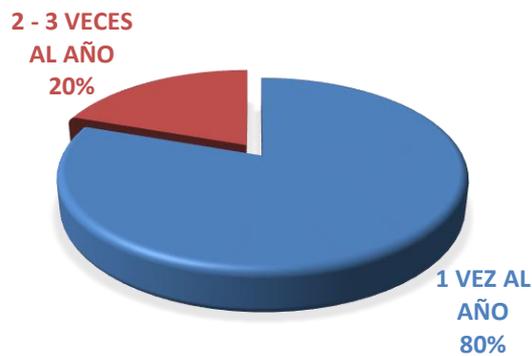


Ilustración 38: Frecuencia con la que se realiza las podas

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: La realización de las podas es muy importante para los cultivos ya que de esta manera aseguramos el buen crecimiento, la mejor manera de realizarlos es que con el 80% de afirmación se debe realizarlo una vez al año como mínimo.

9.2. Tipo de poda más utilizada.

Tabla 31: Podas más utilizada por los cacaoteros

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
ACLARACIÓN	30	59%
PRODUCCIÓN	9	18%
FORMACIÓN	10	19%
AGRESIVA	2	4%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas



Ilustración 39: Poda más utilizada por los cacaoteros

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: La poda más utilizada por los cacaoteros es la de mantenimiento o conocida como la de aclaración con el 59%, permitiendo darle una mejor forma y altura al árbol eliminando ramas y ramillas, seguida de 19% la poda de formación se trata de formar a la planta para su ciclo de vida; la de producción con el 18% y finalmente la agresiva con el 4%, que muy rara vez se la aplica dependiendo del estado en que se encuentre la planta.

9.3. ¿A qué edad después del sembrío de plantas se realiza la poda?

Tabla 32: Edad en la que se le realiza la primera poda

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
< 1 AÑO	3	6%
1 - 2 AÑOS	42	82%
2 - 3 AÑOS	5	10%
> 3 AÑOS	1	2%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

REALIZACIÓN DE LA PRIMERA PODA

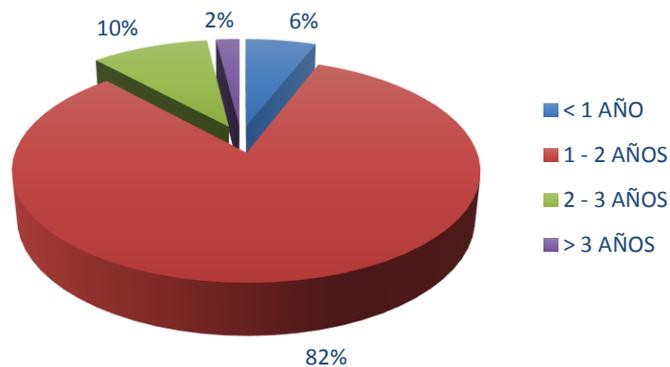


Ilustración 40: Edad en la que se realiza la primera poda

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: La primera poda es muy importante para el crecimiento de la planta por eso es recomendable hacerla de 1-2 año de edad de la planta con una aceptación del 82%.

10. ¿En qué mes del año es recomendable la realización de las podas?

Tabla 33: Temporada en la que se realiza las podas

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
INVIERNO (Diciembre-Mayo)	41	80%
VERANO (Junio-Noviembre)	10	20%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

TEMPORADA EN LA QUE SE REALIZA LA PODA

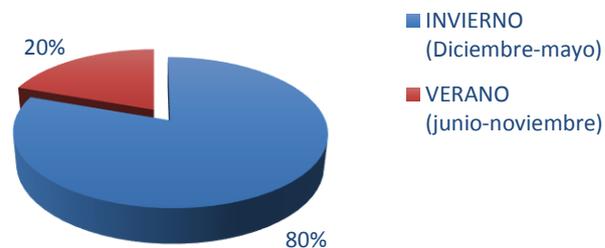


Ilustración 41: Temporada en la que se realiza las podas

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: El 80% de los cacaoteros realizan las podas en la época de invierno es decir entre los meses de diciembre a mayo para preparar sus plantas a la época de lluvia obteniendo así un mejor crecimiento durante la época seca; y el 20% realiza las podas en el verano más bien como una poda de mantenimiento.

11. Según su apreciación ¿Qué cantidad de residuos de poda (tallos y hojas) se tendría en la siembra de una hectárea?

Tabla 34: Cantidad de residuos de poda en una hectárea de cacao

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
< 1 TONELADA	16	31%
1 - 10 TONELADAS	18	35%
10 - 20 TONELADAS	3	6%
> 20 TONELADAS	1	2%
NO RESPONDE	13	26%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

PRODUCCIÓN DE PODAS POR HECTÁREA

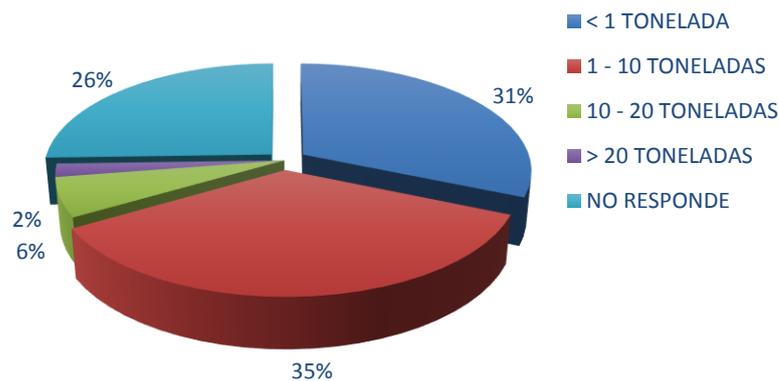


Ilustración 42: Cantidad de residuos de poda en una hectárea de cacao

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: La cantidad de residuos de podas aprovechables en una hectárea tiene la equivalencia a una tonelada métrica según el 31% de los cacaoteros, es decir que se obtendría una gran cantidad de biomasa ya que la gente de comunidad de Zhucay poseen grandes extensiones de cacao.

12. UTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PODA

12.1. Utiliza Ud. Los residuos de podas de sus plantaciones.

Tabla 35: Utilización de los residuos de poda del cacao

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	38	75%
NO	13	25%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

UTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PODA

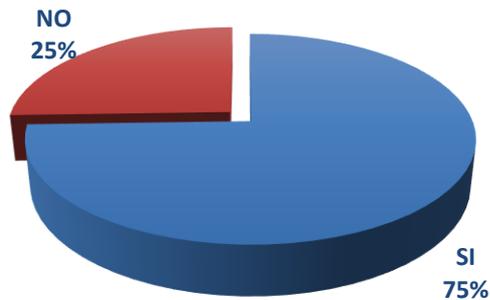


Ilustración 43: Utilización de los residuos de podas del cacao

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: Los residuos de podas son muy importantes para los cacaoteros por lo que el 75% lo utiliza.

12.2. ¿En cuál de las siguientes opciones utiliza Ud. los residuos de poda?

Tabla 36: Opciones en las que utilizan los residuos de poda del cacao

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
ABONO	35	69%
INJERTOS	2	4%
QUEMA	1	2%
NO RESPONDE	13	25%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

USOS QUE SE LE DAN A LOS RESIDUOS DE PODA

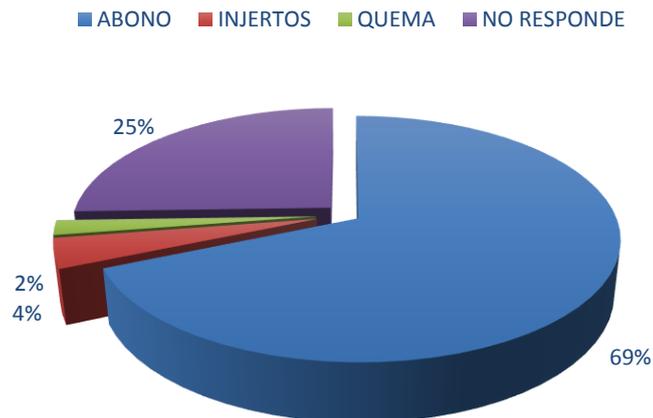


Ilustración 44: Opciones en las que utilizan los residuos de poda del cacao

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: Los residuos de poda son importantes para los cacaoteros ya que el 69% lo utilizan como abono para sus plantaciones, el 4% lo utiliza como injertos y el 2% lo quema.

12.3. ¿Qué porcentaje de los residuos de podas utiliza Ud. en las opciones de la pregunta anterior?

ALTERNATIVAS	ABONO	INJERTOS	QUEMA
0%	-	-	-
50%	-	1	-
100%	35	-	-
NO RESPONDE	-	-	0

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: De las 35 personas que contestaron **si** en la utilización de los residuos de poda, dicen ellos utilizar el cien por ciento como abono para sus cultivos mientras que las personas que se dedican a hacer los injertos, ellos utilizan la mitad es decir 50% en injertos y 50% como abono para sus cultivos.

13. ¿Si tuviera la oportunidad de aprovechar los residuos de poda como energía lo haría?

Tabla 37: Residuos de poda como energía

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	33	65%
NO	16	31%
NO RESPONDE	2	4%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE PODA

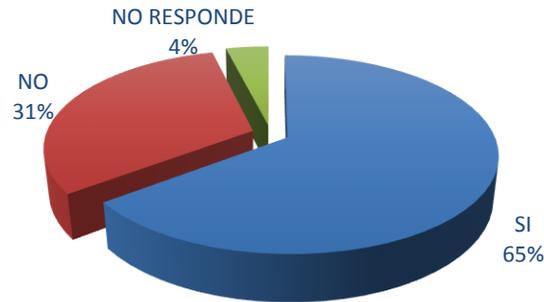


Ilustración 45: Residuos de poda como energía

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: El 65% de los cacaoteros están de acuerdo en utilizar sus residuos de podas como energía siempre y cuando haya beneficios, mientras que el 31% no lo utilizaría y un 4% no responde debido a la falta de conocimientos del tema.

14. Estaría Ud. dispuesto a comercializar o a donar los residuos de poda, los cuales pueden ser aprovechados energéticamente.

Tabla 38: Comercialización de los residuos de poda del cacao

ALTERNATIVAS	TOTAL	
	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	23	45%
NO	28	55%
TOTAL	51	100%

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

COMERCIALIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PODA

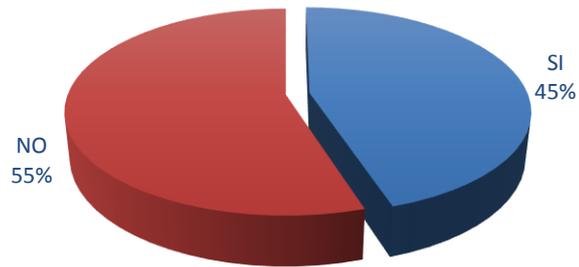


Ilustración 46: Comercialización de los residuos de poda del cacao

Fuente: Las autoras a partir de las encuestas levantadas

Análisis: Comercializar los residuos de poda para los cacaoteros es una pregunta muy importante ya que se busca darle un valor agregado a lo que ellos producen y desechan por eso el 45% se muestra interesado en el proyecto ya que afirman tener en sus parcelas biomasa a la que se le puede aprovechar al cien por ciento. En un porcentaje mayor pero no muy alto el 55% no lo comercializaría más bien por falta de información acerca del tema.



6 CAPÍTULO VI

6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación de los residuos de podas del cacao de las variedades Nacional y CCN-51 tienen la finalidad de cuantificar energéticamente esta biomasa para analizar su potencial. Se puede disponer de un gran rendimiento de grano si durante todo el ciclo de vida de las plantas de cacao reciben un tratamiento adecuado, a la vez que ello sería directamente proporcional a la generación de desechos de poda.

La zona de Zhucay al poseer extensos cultivos de cacao y al levantar la información fue relevante ya que se dio a conocer los beneficios que se obtendrían por parte de los productores, si explotan este recurso de manera adecuada.

Se ha caracterizado los residuos de podas de las dos variedades de cacao Nacional y CCN-51 mediante análisis químico para verificar si existe diferencia alguna entre las variedades.

- Los porcentajes de humedad en los residuos de podas son; para las hojas con respecto a las variedades Nacional y CCN-51 entre el 51-52%. Para los tallos se presenta una humedad del 65-66%, es decir los tallos y hojas comparadas entre si difiere en menos del 1% en humedad.
- Analizando este contenido de humedad del 51% y 66% resulta alto lo que implicaría gastos adicionales en proceso de secado.
- El contenido de cenizas en los residuos de poda de la variedad Nacional es mayor que la variedad CCN-51 del 6-9%, siendo valores próximos a los rangos propuestos por otros autores sobre otros tipos de biomasa, facilitando el proceso de transmisión de calor además con valores superiores al 10% el comportamiento energético no sería favorable.
- El contenido de volátiles para las dos variedades en estudio es alto (82% - 84%) por lo que se estimaría un poder calorífico mayor, esto no es posible ya que a porcentajes mayores del 20% en volátiles el poder calorífico decrece debido a que está formado por combinaciones de oxígeno y nitrógeno no combustible. (Torrella Alcaraz, 2014)



- Los poderes caloríficos de las dos variedades no difieren entre ellas más bien presentan valores aproximados al rango establecido para una biomasa.

El aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos es de gran importancia ya que los residuos de campo son potencialmente mayores, por tal motivo se ha analizado la cantidad de biomasa que se puede obtener:

- La cantidad anual de biomasa total aprovechable a nivel nacional es de 4825933,9 toneladas como resultado del levantamiento de información en el sector cacaotero.
- El potencial energético de los residuos de poda de las dos variedades es de 1749946,75 toneladas equivalentes de petróleo al año, que equivale a 20351880,70Mwh/año a comparación con los ingenios que producen 51840Mwh/año de tal manera que la biomasa (residuos de poda) es una excelente alternativa para la generación de energía debido a que se dispone de una extensa superficie de cacao plantada.

El reto del proyecto de investigación es el de utilizar estos residuos de poda como fuente de energía, impulsar el máximo aprovechamiento que producen estos campos.

RECOMENDACIONES

Para el aprovechamiento de la biomasa BRAP si se considerara utilizarla en producción de energía se debe tener presente la eficiencia del ciclo Rankine de la tecnología a utilizar (Peláez Samaniego & Espinoza Abad, 2015) lo cual es de aproximadamente 65% (Sánchez Quezada, 2013) es decir que en este caso de estudio los 1749946,75 tep/año restando la eficiencia del ciclo Rankine puede generar la cantidad de 1137465,39 tep/año de energía.

Es necesario realizar un estudio de viabilidad económico para determinar si es rentable.



BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- ABNT. (2014). <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=326816>. Obtenido de <http://www.abntcatalogo.com.br/>
- AIE. (06 de 06 de 2016). *Agencia Internacional de Energía*. Recuperado el 10 de 01 de 2017, de <http://www.bp.com/>
- AIE. (Junio de 2016). *Agencia Internacional de Energía*. Recuperado el 09 de 01 de 2017, de BP Statistical Review of world energy .
- Andagoya Galeas, J. L. (2016). *ANÁLISIS DE LA COMERCIALIZACIÓN DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE QUEVEDO*. Recuperado el 23 de 01 de 2017, de <http://repositorio.uteq.edu.ec/>
- ANECACAO. (26 de Junio de 2016). *Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador*.
- ASOCIACION NACIONAL DE EXPORTADORES DE CACAO-ECUADOR. (2015). *anecacao.com*. Recuperado el Octubre de 2016, de [anecacao.com](http://www.anecacao.com/): <http://www.anecacao.com/>
- ATLAS BIOENERGETICO. (2014). <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>.
- Bolaños , M., Vasco , A., & Mercado, A. (5 de 01 de 2016). *COMPORTAMIENTO AGROPRODUCTIVO DE 31 CLONES DE CACAO NACIONAL (THEOBROMA CACAO L.) CON LA APLICACIÓN DE UN BIOCONTROLADOR PARA MONILIASIS (MONILIOPHTHORA RORERI)*.
- BP Statistical Review of World Energy 2016. (06 de 06 de 2016). Recuperado el 10 de 01 de 2017
- BSI CORPORATION. (11 de 2015). *British Standard*. Recuperado el 24 de 01 de 2017, de <https://shop.bsigroup.com/>
- Budí Orduña, A. (Septiembre de 2016). *Estimación del Potencial Energético de la Biomasa Residual Agrícola y Analisis de Aprovechamiento en los Municipios de la Comarca del Alto Palancia*. Recuperado el 01 de 02 de 2017
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). *TIPOS DE MUESTREO*. Obtenido de <http://protocollo.com.mx/wp-content/uploads/2016/10/Tipos-de-Muestreo.pdf>
- CATIE. (2017). *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*. Obtenido de <https://www.catie.ac.cr/nicaragua/es/76-cuanto-cacao-produce-un-arbol-en-toda-su-vida.html>.
- Chang, C. P. (12 de 05 de 2017). <http://mail.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2069/1/T-UTEQ-0056.pdf>. Obtenido de <http://mail.uteq.edu.ec/>
- CIRCE. (06 de 2006). *Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos*. Obtenido de <https://www.fcirce.es/>
- CONELEC. (2012). *Consejo Nacional de Electricidad*. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/>
- ECOPAIS. (2016). *Proyecto ECOPAIS*. Obtenido de <http://www.produccion.gob.ec/>
- Fernandez, J. (2003). Energías Renovables para todos. En J. Fernandez, *Energía de la Biomasa*. Obtenido de J Fernández - 2003 - fenercom.com.
- GAD PARROQUIAL SAN ANTONIO. (2017). *Gad Parroquial San Antonio*. Obtenido de <http://www.sanantonio.gob.ec/index.php/ct-menu-item-33/ct-menu-item-37>



- Gaona Reinoso, D. A. (2014). *MEZCLA DE CASCARILLA DE NUEZ DE PALMISTE Y RAQUIS COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA*. Recuperado el 04 de 02 de 2017, de www.dspace.uce.edu.ec/
- Gualpa, H. D. (2001). *Evaluación de la Calidad y Nivel de Satisfacción de los Servicios Básicos de las parroquias: Ayacucho, Bolívar, Olmedo, Pedro Carbo, Roca y Rocafuerte de la ciudad de Guayaquil*. Recuperado el 04 de 05 de 2017
- ICCO. (31 de 08 de 2016). *Organización Internacional del Cacao*. Recuperado el 23 de 01 de 2017, de <http://www.icco.org/>
- IDICSO-USAL. (04 de 2006). *Instituto de Investigación en Ciencias Sociales Universidad del Salvador*. Recuperado el 02 de 05 de 2017, de <https://www.crisisenergetica.org/ficheros/arep027.pdf>.
- INEC. (2015). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2016, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.
- INER. (12 de 2014). *Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Obtenido de <http://www.iner.gob.ec/>
- INIAP. (2013). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de <http://www.agrocalidad.gob.ec/>
- INSTITUTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGETICA Y ENERGÍAS RENOVABLES. (DICIEMBRE de 2014). *iner.gob.ec*. Recuperado el Octubre de 2016, de [iner.gob.ec: http://www.iner.gob.ec/](http://www.iner.gob.ec/)
- Llera, E., & López, E. (2010). Energía de la Biomasa. En *Energías Renovables* (págs. 132-154). España.
- MEER. (2016). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovables*. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/>.
- Mena, A., & Mera, M. (2010). Programa de Cultivos Energéticos Alternativos para la producción de Biocombustibles en la Zona Norte del Ecuador. *Cultivos Energéticos*.
- MICSE. (2015). *Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos*. Recuperado el 16 de 01 de 2017, de <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/>
- Montoya Mendoza, L., & Serrano Aguirre, D. (2016). *Diseño, análisis y construcción de una estufa de uso doméstico utilizando como fuente de combustible biomasa sólida*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/>
- Navarro Prado, M., & Mendoza Alonso, I. (2006). *Guía Técnica del Cultivo de Cacao en Sistemas Agroforestales*. Nicaragua.
- Nogues Fernando, G. D. (2010). Energías Renovables. En D. G. Fernando Nogues, *Energía de la Biomasa*. España.
- OLADE. (25 de 01 de 2016). *Organización Latinoamericana de Energía*. Recuperado el 01 de 15 de 2017, de <http://www.olade.org/>
- Paredes Madrid, V. (07 de 2015). *Estado del desarrollo de los Biocombustibles en el Ecuador*. Obtenido de <http://www.olade.org/>
- Peláez Samaniego, M. R., & Espinoza Abad, J. L. (2015). *Energías Renovables en el Ecuador*.
- PRO ECUADOR. (2016). *Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones*. Recuperado el 25 de Octubre de 2016, de [proecuador.gob.ec: http://www.proecuador.gob.ec/](http://www.proecuador.gob.ec/)



- PROECUADOR. (2015). *Instituto de Promociones de Exportaciones e Inversiones*.
Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/cacao/>.
- Promoción de Instalaciones de Energías Renovables. (2003). *Generación de energía térmica con biomasa*.
- REDISA. (23-24 de 07 de 2008). Los Residuos Sólidos en las Titulaciones Técnicas.
REDISA. Obtenido de <http://www.redisa.net/>
- REN21. (2016). *RED MUNDIAL DE POLITICAS EN ENERGIA RENOVABLE PARA EL SIGLO 21*. Recuperado el 19 de 01 de 2017, de http://blogs.iadb.org/energia_es/
- Salazar Moyota, J. A. (2016). *Rendimiento de biomasa y valoración nutrimental de residuos poscosecha de cacao (Theobroma cacao L.)*. Recuperado el 23 de 01 de 2017, de <http://repositorio.uta.edu.ec/>
- Sánchez Quezada, J. P. (10 de 2013). *Evaluación Energética de cáscaras de cacao Nacional y CCN-51*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/>
- SINAGAP. (2016). *Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca*. Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/>
- SOCIEDAD AGRICOLA E INDUSTRIAL SAN CARLOS. (2016). *Generación de energía a partir de bagazo de la caña de azúcar*.
- Suárez, M. (2011). *Interaprendizaje de Estadística Básica*. Ibarra.
- Tapia, E. (31 de Agosto de 2015). *Escenario cacaoero ecuatoriano se analiza en Cumbre Mundial*.
- Torrella Alcaraz, E. (24 de Noviembre de 2014). *La Combustión*. Obtenido de Combustibles Sólidos.

ANEXOS

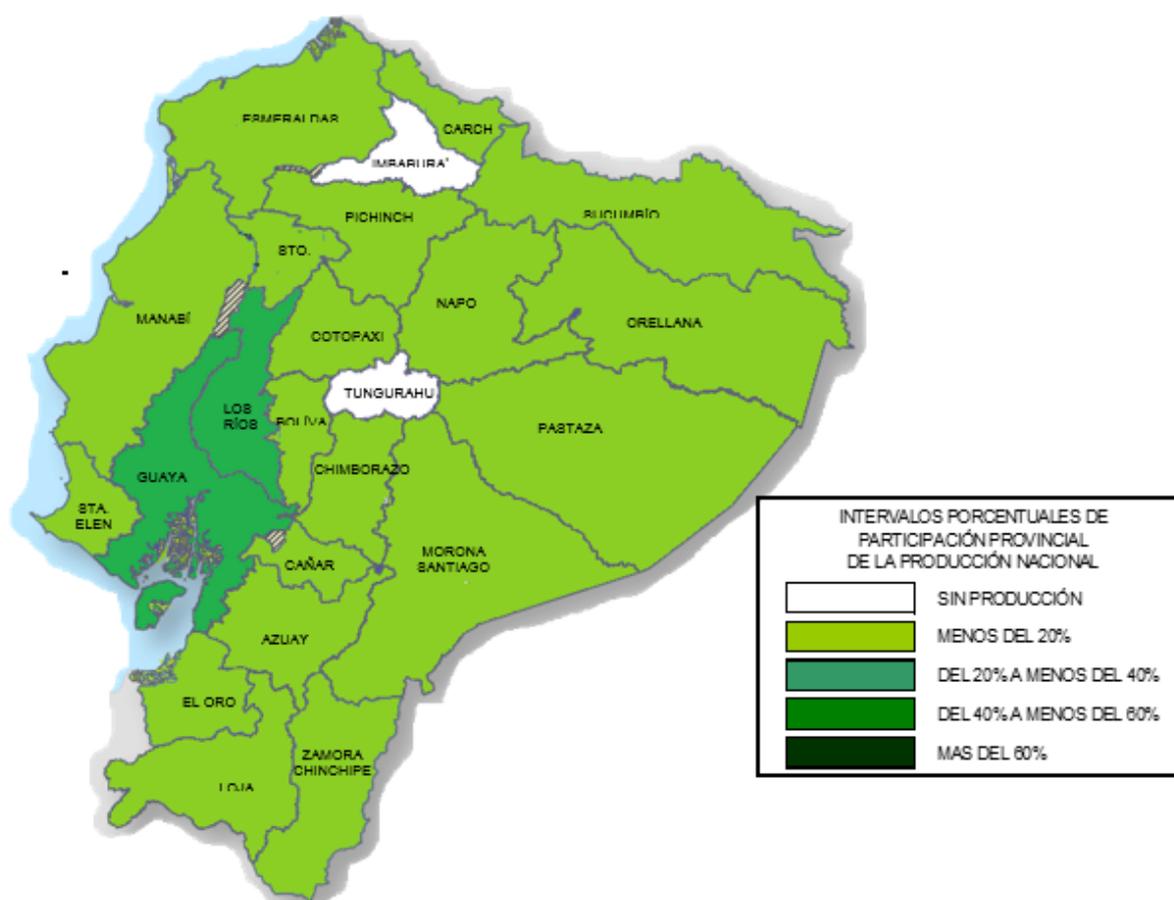
Anexo 1: Tipos de biomasa

RECURSOS DE BIOMASA	TIPOS DE RESIDUO	CARACTERISTICAS FISICAS
Residuos Forestales	Restos de aserro: corteza, aserrin ,astillas .	Polvo solido , HR >50%
	Restos de ebanisteria: aserrin,trozos,astillas.	Polvo solido, HR 30-45 %
	Restos de plantaciones ramas,corteza,raices.	Solido, HR >55%
Residuos Agropecuarios	Cascara y pulpa de frutas vegetales.	Solido alto contenido de humedad.
	Cascara y polvo de granos secos(arroz,café).	Polvo HR <25 % .
	Estiercol	Solido alto contenido de humedad.
	Residuos de cosechas : tallos y hojas, cascaras, maleza,pastura.	Solido ,HR < 55 %.
Residuos Industriales	Pulpa y cascara de frutas y vegetales .	Solido, humedad moderada .
	Residuos de procesamiento de carnes.	Solido, alto contenido de humedad.
	Aguas de lavado y pre cocido de carnes y vegetales.	Liquido
	Grasas y aceites vegetales.	Liquido grasoso.
Residuos Urbanos	Aguas negras .	Liquido
	Desechos domesticos organicos (cascara de vegetales)	Solido,alto contenido de humedad
	Basura organica (madera)	Solido,alto contenido de humedad.

Anexo 2: Superficie plantada, cosechada y producción de cacao por provincias

REGION Y PROVINCIA		SUPERFICIE (Has.)		Produccion (Tm.)	Ventas (Tm.)
		PLANTADA	COSECHADA		
TOTAL NACIONAL		537.410	432.094	180.192	178.431
REGION SIERRA		81.201	60.960	28.008	27.435
REGION COSTA		395.161	327.553	140.016	139.176
REGION ORIENTAL		46.676	31.310	8.268	7.920
ZONAS NO DELIMITADAS		14.372	12.271	3.899	3.899
REGION SIERRA					
AZUAY	Solo	10.331	6.391	2.874	2.521
	Asociado	538	415	71	71
BOLIVAR	Solo	6.726	5.125	2.060	2.059
	Asociado	11.849	10.420	2.781	2.779
CAÑAR	Solo	8.179	6.163	5.007	4.945
	Asociado	1.276	1.132	57	53
CARCHI	Solo	226	87	14	11
	Asociado	110	110	15	15
COTOPAXI	Solo	4.502	2.973	1.968	1.968
	Asociado	3.592	2.929	1.504	1.504
CHIMBORAZO	Solo	815	624	210	190
	Asociado	180	20	3	3
IMBABURA	Solo	-	-	-	-
	Asociado	-	-	-	-
LOJA	Solo	137	53	12	12
	Asociado	-	-	-	-
PICHINCHA	Solo	2.449	2.062	922	922
	Asociado	989	743	119	119
TUNGURAHUA	Solo	-	-	-	-
	Asociado	-	-	-	-
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	Solo	21.749	16.341	8.612	8.557
	Asociado	7.552	5.372	1.779	1.706
REGION COSTA					
EL ORO	Solo	19.243	17.166	9.619	9.557
	Asociado	1.796	1.429	775	775
ESMERALDAS	Solo	60.793	46.465	14.314	13.803
	Asociado	12.804	9.981	1.261	1.215
GUAYAS	Solo	80.844	73.639	47.511	47.509
	Asociado	8.439	5.012	1.937	1.937
LOS RIOS	Solo	95.115	82.128	34.601	34.553
	Asociado	11.001	6.072	1.584	1.584
MANABI	Solo	82.499	68.138	23.351	23.255
	Asociado	22.349	17.258	4.886	4.811
SANTA ELENA	Solo	278	266	176	176
	Asociado	-	-	-	-
REGION ORIENTAL					
MORONA SANTIAGO	Solo	1.319	192	52	47
	Asociado	29	29	5	5
NAPO	Solo	5.145	4.926	1.692	1.664
	Asociado	149	149	61	61
ORELLANA	Solo	11.665	6.960	1.593	1.509
	Asociado	2.021	187	44	44
PASTAZA	Solo	345	216	20	20
	Asociado	72	-	-	-
SUCUMBIOS	Solo	21.904	15.840	3.711	3.517
	Asociado	1.919	1.393	173	143
ZAMORA CHINCHIPE	Solo	1.490	1.056	620	619
	Asociado	618	362	298	292
ZONAS NO DELIMITADAS	Solo	13.021	11.233	3.606	3.606
	Asociado	1.351	1.037	293	293

Anexo 3. Producción nacional de cacao por regiones.



Fuente: ESPAC, 2015



Anexo 4: Tabla de datos de los porcentajes de la humedad de las variedades Nacional y CCN-51 (residuos de podas)

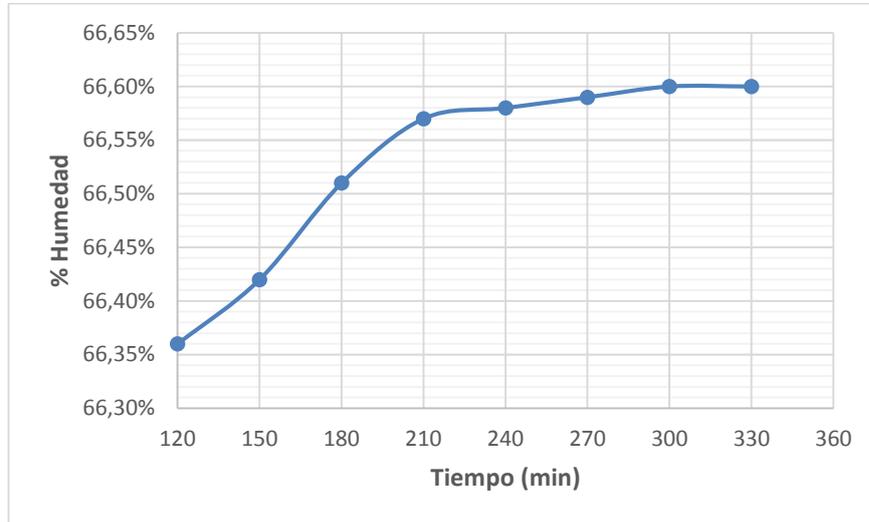
PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS TALLOS Y HOJAS DEL CACAO NACIONAL Y CCN-51

BRAP-T			BRAP-H		
% HUMEDAD			%HUMEDAD		
TIEMPO (min)	NACIONAL	CCN-51	TIEMPO (min)	NACIONAL	CCN-51
120	66,36%	65,47%	120	52,80%	51,14%
150	66,42%	65,53%	150	52,74%	51,40%
180	66,51%	65,56%	180	53,01%	51,54%
210	66,57%	65,57%	210	53,03%	51,53%
240	66,58%	65,60%	240	52,95%	51,39%
270	66,59%	65,68%	270	52,95%	51,39%
300	66,60%	65,68%			
330	66,60%	65,68%			

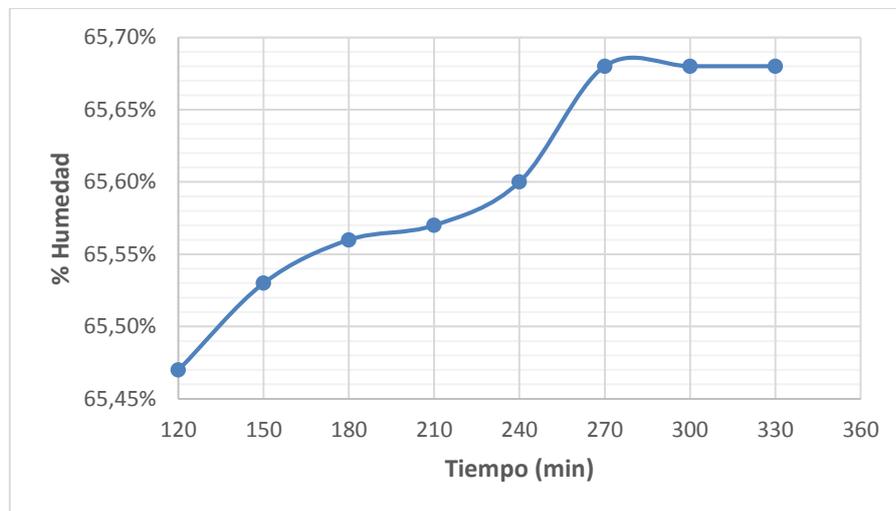
Fuente y elaboración: Las autoras

Anexo 5: Graficas de los porcentajes de la determinación de la humedad en tallos de las variedades Nacional y CCN-51

BRAP-T CACAO NACIONAL



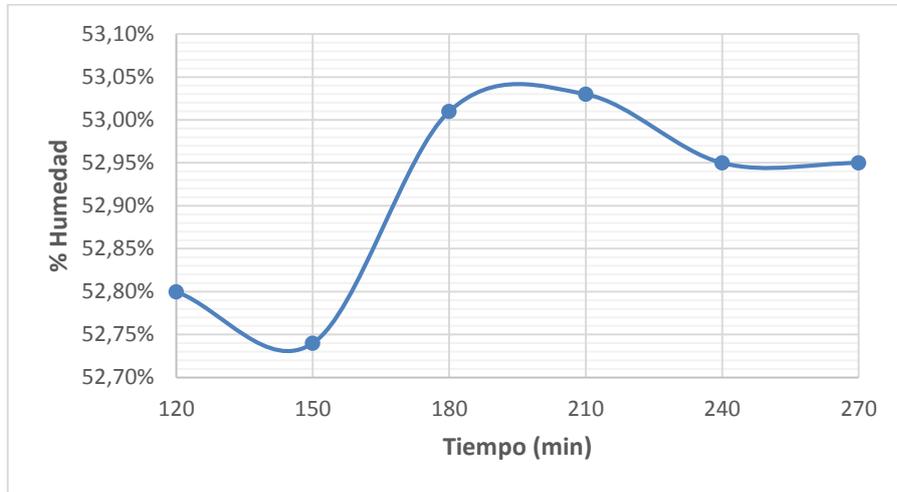
BRAP-T CACAO CCN-51



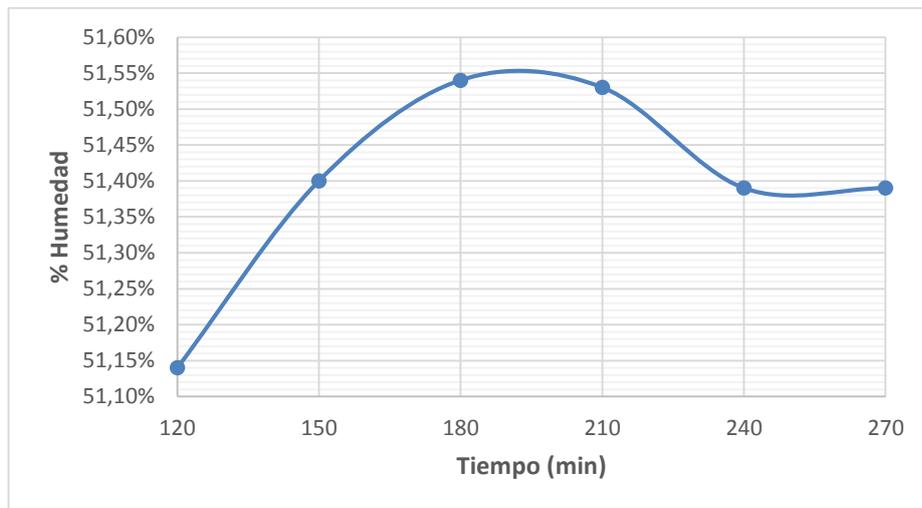
Fuente y elaboración: Las autoras

Anexo 6: Graficas de los porcentajes de la determinación de la humedad en hojas de las variedades Nacional y CCN-51

BRAP-H CACAO NACIONAL



BRAP-H CACAO CCN-51



Fuente y elaboración: Las autoras

Anexo 7: Poderes Caloríficos de algunos tipos de biomasa utilizadas como biocombustibles sólidos en función del contenido de Humedad.

TIPO DE BIOMASA	PCI		PCS	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0	10	15	0
RESTOS DE CULTIVOS HERBACEOS				
Pajas de cereales	4060	3630	3300	4420
Tallos de girasol	3700	3310	3090	4060
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0	20	40	0
RESTOS DE CULTIVOS LEÑOSOS				
Sarmientos de vid	4200	3280	2310	4560
Ramas de poda de olivo	4240	3190	3090	4060
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0	20	40	0
RESIDUOS FORESTALES				
Leñas y Ramas				
Coníferas	4590	3590	2550	4950
Fronosas	4240	3310	2340	4600
Cortezas				
Coníferas	4670	3650	2650	5030
Fronosas	4310	3370	2380	4670
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0	10	15	0
PCS :PODER CALORÍFICO SUPERIOR; PCI :PODER CALORÍFICO INFERIOR, AMBOS EXPRESADOS EN KCAL/KG				

Fuente: Las autoras a partir de datos Fernández (2006)

Anexo 8: Determinación del porcentaje de Materia Seca y contenido de Humedad

Calculo

$$\%Materia\ Seca = \frac{P_2}{P_1} * 100$$

P₁= peso de la muestra antes de secar (g).

P₂= peso de la muestra después de secar, llegada al peso constante (g)

ANTES DEL SECADO	Peso capsula (g)	52,8944	P₁
	Peso Muestra Tallos Cacao Nacional (g)	5,0091	
	Peso capsula + muestra húmeda (g)	57,9035	
DESPUES DEL SECADO	1. lectura	54,5556	P₂=54,5430-52,8944=1,6487
	
	Peso muestra seca (g)	54,5430	

$$\%Materia\ Seca = \frac{1,6487}{5,0091} * 100 = 32,91\%$$

$$\%Humedad = 100 - 32,91 = 67,08\%$$

Contenido de Materia Seca de las dos variedades de cacao Nacional y CCN-51 (hojas y tallos), expresada en gramos de Base Seca y la equivalencia de 1Kg de Base Húmeda expresada en Kg de Base Seca

		# Muestra	Peso capsula (g)	Peso muestra húmeda (g)	Peso constante muestra seca (g)	% Materia Seca	TOTAL % MUESTRA SECA	Gramos en Base Seca	1Kg Base Húmeda equivale a kg en Base Seca
CACAO NACIONAL	TALLOS	1	52,8944	5,0091	54,5430	32,91	33,40	333,98	0,33
		2	50,7765	5,0001	52,4343	33,16			
		3	52,1181	5,0039	53,8257	34,13			
	HOJAS	1	52,8944	3,0017	54,3159	47,36	47,05	470,48	0,47
		2	50,7765	3,0025	52,2018	47,47			
		3	52,1181	3,0010	53,5081	46,32			
CACAO CCN-51	TALLOS	1	53,3039	5,0009	55,0852	35,62	35,79	357,91	0,36
		2	53,0711	5,0039	54,8616	35,78			
		3	82,6484	5,0055	84,449	35,97			
	HOJAS	1	53,3039	3,0017	54,7492	48,15	42,19	485,94	0,49
		2	53,0711	3,003	54,5073	47,83			
		3	82,6484	3,001	84,1432	49,81			



Ejemplo:

**Peso capsula-Peso cte. de
la muestra sea**

$$54,5430-52,8944=1,6486$$

Peso
muestra

$$5,0091 \quad 1,6486$$

$$1000g \quad x=329,12$$

$$1Kg \quad x=0,32912$$

1Kg BH=0,33kg BS

Anexo 9. Comparación de características de combustible

	Gas Natural	Carbón	Biomasa
Análisis Elemental			
Carbono	72,8	75,8	50
Hidrógeno	22,6	5,1	5,5
Nitrógeno	4,6	1,5	1
Azufre	0	1,6	<0,2
Cenizas	0	10	2,0-5,0
Volátiles		35	65
Carbono Fijo		50	20
PCS(kcal/Kg)	12450	7500	4500
PCI(kcal/Kg)	9300	7000	4200

Fuente: Promoción de Instalaciones de Energías Renovables, 2003



Anexo 10. Número de plantas por hectárea para las variedades de cacao Nacional y CCN-51

VARIEDAD	DISTANCIA DE SIEMBRA	Número de plantas/Ha
Nacional	4x4m	625
CCN-51	3x4m	1111

Fuente: Las autoras a partir del INIAP, ANECACAO



Anexo 11: Etapas principales en una encuesta por muestreo

Según (Gualpa, 2001) para el desarrollo de las encuestas por muestreo se debe seguir los siguientes pasos:

Objetivos de la encuesta

Tener ideas claras y concisas las cuales permitan validar la información que se necesita.

- Conocer la cantidad de materia prima que disponen
- Conocer los beneficios al utilizar dicha materia prima

Población Bajo Muestreo

Se denomina población bajo muestreo al conjunto del que se elige la muestra la cual debe ser precisa y exacta, coincidiendo con la población objeto de estudio (población de la cual se obtiene la información).

Datos que deban ser colectados

Todos aquellos datos relevantes para la encuesta sin omitir ninguno, no debe ser extenso porque baja la calidad de la misma.

Nivel de precisión deseado

Toda encuesta está sujeta a una cierta incertidumbre, por lo que la persona es responsable de medir esta precisión ya sea tomando una muestra más grande y aplicando el método adecuado para obtener el nivel de precisión deseado.

Métodos de medición

Se lo puede desarrollar mediante el método auto administrado o el método de entrevista que se trata de un cuestionario sencillo.

Selección de la muestra

Es la estimación del tamaño de la muestra partiendo de un nivel de precisión deseado.

Encuesta Piloto

Se las debe aplicar a pequeña escala la cual ayudara a mejorar el cuestionario mientras si se lo desarrolla a gran escala puede haber mayores problemas.

Organización del trabajo de campo

Este trabajo lo deberán realizar personas con conocimientos y bases tanto en el método como en el tipo de encuesta a llevarse a cabo, siendo este proceso supervisado y verificado para obtener una mejora en la calidad de sus respuestas.

Resumen y análisis de los datos

Se debe editar los cuestionarios desechando los datos equivocados, posteriormente realizar los cálculos para las estimaciones.