



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

Fundada en 1867

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ENERGÉTICAS**

**TÍTULO:**

**EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE CÁSCARAS DE CACAO NACIONAL Y  
CCN-51**

**AUTORA: Johanna Patricia Sánchez Quezada, Ingeniero Químico**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MAGISTER EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ENERGÉTICAS**

**DIRECTORA: Ec. Delfa Humbertina Capelo Ayala, Mgt.**

**CUENCA, ECUADOR**

**Octubre del 2013**

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE CÁSCARAS DE CACAO NACIONAL Y CCN-51

Johanna P. Sánchez Quezada, Maestría Gestión y Planificación Energética,  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca.

e-mail: jhoanna.sanchez@ucuenca.edu.ec joanap\_sq@hotmail.com

### RESUMEN

El presente estudio evalúa energéticamente las características de la biomasa residual agrícola de cacao BRAC contempla la variedad clon Castro Naranjal (CCN-51) y la nacional. Las características identificadas son el análisis inmediato, análisis elemental y se estima el potencial energético de dichos materiales. A partir del poder calorífico inferior se estimó que la BRAC mínima con potencial de aprovechamiento energético es de 144320 t/año, que equivale a 42688 tep/año, representando 215477 MJ. Las BRAC se pueden utilizar como combustible en calderas considerando el ciclo Rankine para producción anual de energía representando una potencia efectiva es de 140060 MJ. Por lo tanto una planta termoeléctrica para transformar esta energía contenida en la biomasa en energía eléctrica tendría en teoría aproximadamente 40MW, la dificultad de que la biomasa se encuentra dispersa obliga a tener por lo menos 3 puntos de acopio de potencia instalada de 15MW cada una, los cuales pueden estar ubicados en la provincia de Esmeraldas, Manabí y El Guayas en función de la disponibilidad de la biomasa. La estimación económica de la BRAC indica que es financieramente rentable, más aún al introducirlo como MDL. El valor de la energía que se puede aprovechar representa el 1,21% de la producción total de energía eléctrica en Ecuador; el 2,28% del total de energía eléctrica proveniente de renovable; el 2,84% del total de energía eléctrica proveniente de no renovable y el 20,14% de la importación de energía eléctrica y consecuentemente evita la emisión aproximada de 189723 t/año de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

**Palabras clave:** cáscara de cacao, biomasa residual, eficiencia energética, Ecuador.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE CÁSCARAS DE CACAO NACIONAL Y CCN-51

Johanna P. Sánchez Quezada, Maestría Gestión y Planificación Energética,  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca.

### ABSTRACT

The objective of this work was to study the fuel characteristics of the residual biomass from two varieties of cocoa shell (BRAC) in Ecuador: the domestic (national) variety and the Naranjal variety (also known as CCN-51). The study included immediate analysis and elemental analysis of BRAC. These results were used to estimate the energy potential in this biomass residue. It was estimated that there exist approximately 144.320 t/year of BRAC. This result and the low heating value of BRAC were used to estimate the energy potential, which is close to 42.688 toe/year (tons of oil equivalent per year). This energy potential would allow generating 215.477 MJ of energy. The BRAC can be used to fuel boilers (in Rankine cycle schemes) for producing electricity, in which up to 140.060 MJ could be generated. This amount of energy could allow operating a thermal plant with capacity of 40 MW. However, biomass dispersion is a limitation to erect one thermal plant only. Thus, three thermal plants of 15 MW each, located in Esmeraldas, Los Ríos, and Guayas, are proposed. Economic analysis showed that it seems viable generating electricity from BRAC. The amount of energy that could be produced is approximately 1,21% of the electricity produced in Ecuador. Using BRAC in these conditions could allow a reduction of 189,723 t/year of CO<sub>2</sub>.

**Keywords:** cocoa shell, residual biomass, energy efficiency, Ecuador



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## PLAN ANALÍTICO

PLAN ANALÍTICO .....	2
PLAN ANALÍTICO DE FIGURAS .....	5
PLAN ANALÍTICO DE TABLAS .....	6
PLAN ANALITICO DE ANEXOS.....	7
RESUMEN .....	8
ABSTRACT.....	9
CAPITULO I .....	13
ESTADO ACTUAL DEL USO DE ENERGÍA PRIMARIA .....	13
1.1. Introducción.....	13
1.2. Contexto energético internacional.....	18
1.3. Contexto energético de América Latina y El Caribe (ALC).....	20
1.4. Contexto energético nacional.....	21
1.5. Las energías renovables a nivel mundial .....	21
1.6. Las energías renovables en ALC .....	22
1.7. Las energías renovables en Ecuador.....	22
1.8. Biomasa .....	24
1.9. Eficiencia energética .....	25
1.10. Marco legal nacional .....	26
1.11. Políticas de biocombustibles en Ecuador.....	31
1.12. Conclusiones del capítulo .....	29
CAPITULO II .....	31
PRODUCCIÓN DE CACAO .....	35



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

2.1. Introducción.....	35
2.2. Variedades de cacao .....	36
2.2.1. Clasificación genética del cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ).....	36
2.2.2. Clasificación comercial del cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ).....	36
2.3. Producción mundial de cacao en grano .....	37
2.4. Producción Nacional .....	38
2.5. Distribución del cultivo de cacao en Ecuador.....	39
2.6. Plagas y enfermedades del cacao .....	41
2.7. Conclusiones del capítulo .....	38
CAPITULO III .....	45
AVANCE EN LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL USO DE LA CÁSCARA DEL CACAO.....	45
3.1. Estado del arte.....	45
3.2. Conclusiones del capítulo .....	49
CAPITULO IV .....	51
MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS CÁSCARAS DE CACAO .....	51
4.1. Introducción.....	51
4.2. Propiedades de los residuos de biomasa .....	52
4.2.1 Propiedades físicas.....	52
4.2.2. Propiedades químicas .....	56
4.3. Cuantificación de la biomasa residual agrícola de cacao (BRAC) en Ecuador.....	58
4.3.1. Biomasa residual agrícola de cacao (BRAC).....	59
CAPITULO V .....	63
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS CÁSCARAS DE CACAO DE LAS VARIETADES NACIONAL Y CCN - 51 .....	63



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

5.1. Tamaño y forma .....	63
5.2. Distribución Granulométrica .....	63
5.3. Análisis inmediato .....	58
5.4. Análisis elemental .....	59
5.6. Poder calorífico .....	59
5.7. Análisis de K, Ca, Mg.....	67
5.8. Cuantificación de la biomasa residual agrícola de cacao (BRAC). .....	68
5.8.1. Rendimiento real en equipos térmicos para aprovechamiento de biomasa .....	70
5.9. Estimaciones económicas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.10. Estacionalidad en la generación de la biomasa. ....	67
CAPITULO VI.....	69
DISCUSIÓN .....	69
CAPITULO VII .....	16
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	16
BIBLIOGRAFIA: .....	22



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## PLAN ANALÍTICO DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Suministro total de energía primaria (Mtep).....	10
<b>Figura 2:</b> Emisiones de CO2 por tipo de combustible (Mt of CO2).....	141
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de Consumo mundial de energía primaria por tipo para el año 2011.....	15
<b>Figura 4.</b> Perspectivas de crecimiento de la demanda mundial de energía primaria .....	16
<b>Figura 5.</b> Consumo de energía ALC para el 2008.....	17
<b>Figura 6.</b> Consumo de energía primaria Ecuador, 2011 .....	18
<b>Figura 7.</b> Producción bruta por tipo de energía Ecuador 2011.....	19
<b>Figura 8</b> Porcentaje de producción de energía por tipo de fuente renovable de Ecuador.....	20
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de producción de grano de cacao a nivel mundial .....	373
<b>Figura 10.</b> Porcentaje de producción de grano de cacao fino de aroma a nivel mundial.....	34
<b>Figura 11 .</b> Porcentaje de producción de grano de cacao por regiones .....	405
<b>Figura 12.</b> Porcentajes de área cultivada por provincias del total nacional ...	36
<b>Figura 13.</b> BRAC generada en el periodo (2002-2010).....	66
<b>Figura 14.</b> Estacionalidad de cáscaras de cacao por tipo. Distribución de BRAC por regiones. ....	68
<b>Figura 15.</b> Composición inmediata de varias biomosas.....	71
<b>Figura 16.</b> Porcentaje de Composición elemental de varias biomosas.....	72
<b>Figura 17.</b> Poder calorífico inferior de varias biomasa.....	73



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## PLAN ANALÍTICO DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Plantas de Cogeneración de bagazo de caña.....	21
<b>Tabla 2.</b> Rendimiento de producción por tipo de cacao por hectárea. ....	39
<b>Tabla 3.</b> Superficie perdida por causa de pérdida según cultivo de cacao.....	38
<b>Tabla 4.</b> Tamaño de partícula de cáscaras de cacao por tipo trituradas.....	57
<b>Tabla 5.</b> Humedad de las cáscaras de cacao frescas por tipo.....	58
<b>Tabla 6.</b> Análisis inmediato en base seca.....	59
<b>Tabla 7.</b> Composición elemental de cáscaras de cacao por tipo.....	59
<b>Tabla 8.</b> Poder calorífico de cáscaras de cacao por tipo.....	60
<b>Tabla 9.</b> Contenido de K, Ca, Mg, en cáscaras de cacao por tipo.....	60
<b>Tabla 10.</b> Ratio Residuo Producto (RRP) (% U). ....	61
<b>Tabla 11.</b> Valores de disponibilidad de biomasa.....	62
<b>Tabla 12.</b> Biomasa residual agrícola de cacao BRAC total nacional .....	69
<b>Tabla 13.</b> Biomasa residual agrícola de cacao BRAC rendimiento energético real.....	63
<b>Tabla 14.</b> Estimaciones económicas de una planta térmica de biomasa de 15MW de potencia instalada.....	62
<b>Tabla 15.</b> Cálculos de TIR y VAN.....	64
<b>Tabla 16.</b> Distribución de cáscaras de cacao por tipo y regiones .....	55
<b>Tabla 17.</b> Distribución de cáscaras de cacao por tipo y provincias.....	66



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## PLAN ANALITICO DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Productores, exportadores e importadores de petróleo a nivel mundial.....	91
<b>Anexo 2.</b> Productores exportadores e importadores de gas natural a nivel mundial. (Billones de metros cúbicos Bcm).....	92.
<b>Anexo 3.</b> Productores, exportadores e importadores de Carbón a nivel mundial.....	93
<b>Anexo 4.</b> Estados típicos de la biomasa.....	94
<b>Anexo 5.</b> Número de Unidades de Producción Agropecuaria UPA por tamaños y superficie plantada, cultivo permanentes de cacao.....	95
<b>Anexo 6.</b> Número de UPAS por tamaños y superficie plantada, cultivo permanente asociado.....	96
<b>Anexo 7.</b> Superficie, producción y ventas según cultivos cacao.....	97
<b>Anexo 8.</b> Superficie, producción y ventas, según región y provincia cacao.....	98
<b>Anexo 9.</b> Producción de cacao en almendra seca por provincias correspondientes al año 2010.....	100
<b>Anexo 10.</b> BRAC por regiones del Ecuador.....	101
<b>Anexo11.</b> BRAC por principales provincias productoras de cacao.....	102
<b>Anexo 12.</b> Análisis elemental.....	103
<b>Anexo 13.</b> Análisis del poder calorífico.....	106
<b>Anexo 14.</b> Análisis de K, Ca, Mg.....	107
<b>Anexo 15.</b> Humedad, Cenizas, Volátiles.....	108
<b>Anexo 16.</b> Diagrama de flujo de biomasa residual agrícola de cacao BRAC.....	112
<b>Anexo 17.</b> Producción total de energía e importaciones.....	113
<b>Anexo 18.</b> Ubicación de Centros potenciales de acopio de la BRAC.....	114



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Johanna Patricia Sánchez Quezada, autor de la tesis "Evaluación energética de cáscaras de cacao nacional y CCN-51", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título Magister en planificación y gestión energética. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 07 de octubre del 2013

Johanna Patricia Sánchez Quezada  
0703874677



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Johanna Patricia Sánchez Quezada, autor de la tesis "Evaluación energética de cáscaras de cacao nacional y CCN-51", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 07 de octubre del 2013

Johanna Patricia Sánchez Quezada  
0703874677



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CAPITULO I

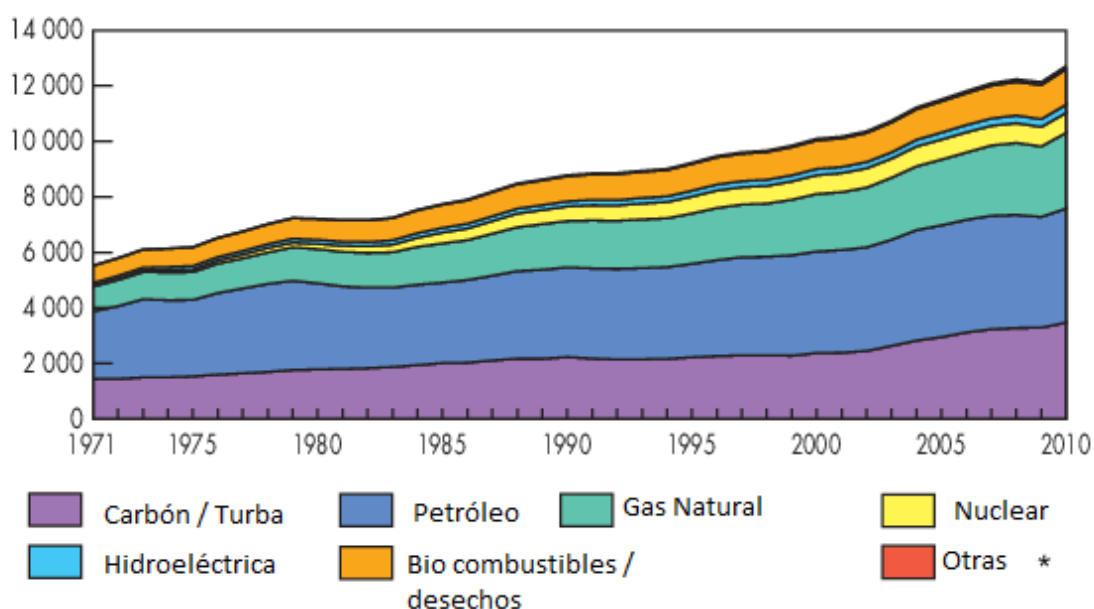
### ESTADO ACTUAL DEL USO DE ENERGÍA PRIMARIA

#### 1.1. Introducción

La energía es importante para el desarrollo de las economías mundiales; el desarrollo de una economía es directamente proporcional a la demanda de energía, desde que sus servicios han simplificado el esfuerzo del hombre. El incremento de la población y las exigencias del hombre no han escatimado consecuencias ambientales, de tal manera que contribuye a la destrucción del único medio de vida, la tierra. Por miles de años se ha explotado los recursos en el mundo de manera indiscriminada sin considerar la finitud de la naturaleza. (AIE, 2010)

La tendencia creciente en el consumo de energía primaria a escala mundial, se ha incrementado en un 100% en las últimas cuatro décadas (Ver Figura 1).

#### ENERGÍA PRIMARIA A NIVEL MUNDIAL EN EL PERIODO 1971-2010



**Figura 1:** Suministro total de energía primaria (Mtep).

**Fuente y elaboración:** AIE, 2012.

\* Otra incluye geotérmica, solar, eólica, térmica



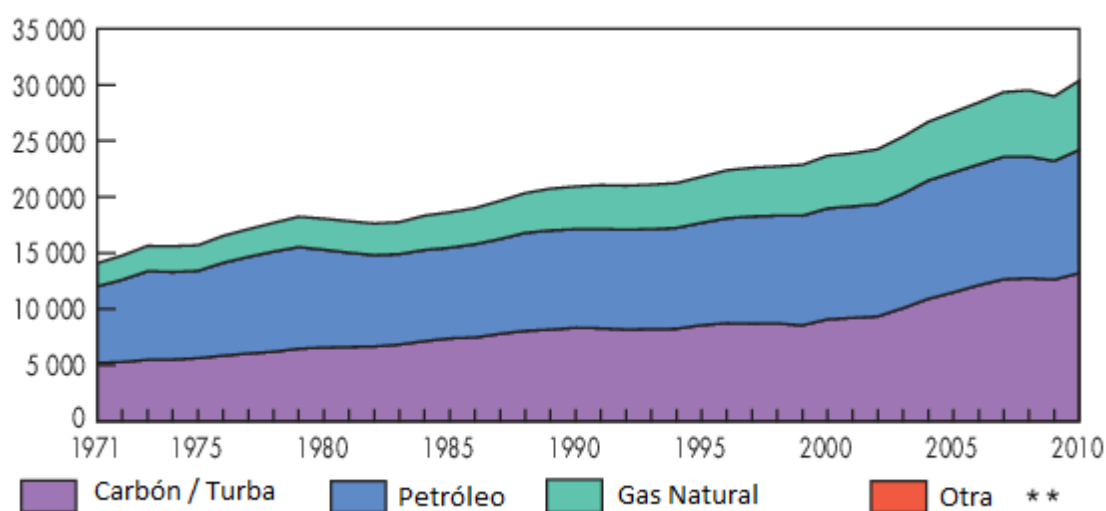
## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El uso de energía fósil es aún importante a escala global. Su explotación constituye una de las fuentes principales de Gases con Efecto Invernadero (GEI) (Ver Figura 2). Introducir el uso de energías primarias renovables es una de las alternativas que contribuye a la reducción de GEI. Actualmente, la tendencia global es al cambio de una matriz energética con energías alternativas no convencionales. Para este cambio de matriz energética, la investigación científica constituye un recurso estratégico en la provisión de nuevo conocimiento.

El consumo energético del hombre a lo largo de su historia se indica en la matriz energética, que representa la energía demandada y la ofertada y comprende tanto combustibles fósiles como renovables. La demanda de energía en países desarrollados está en función del ingreso per cápita de sus habitantes, mientras que en países en desarrollo, el incremento del consumo de energía se debe al crecimiento de la población (Castro, 2011).

### EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN EL PERIODO 1971-2010



**Figura 2:** Emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible (Mt de CO<sub>2</sub>).

**Fuente y elaboración:** AIE, 2012



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

\* A nivel mundial se incluye la aviación internacional y bunkers internacional marítimo.

\*\*Otra incluye los residuos industriales y residuos urbanos no renovables.

El petróleo constituye en la matriz energética mundial la energía primaria con mayor porcentaje de participación, mientras que la biomasa aporta con el 10% de la energía primaria consumida. El uso de los combustibles fósiles en los diferentes sectores contribuye a la producción de GEI que ocasionan consecuencias irremediables en el ambiente, siendo el principal el cambio climático. (AEI, 2012)

El cambio climático genera una serie de fenómenos trascendentes en los últimos tiempos, tales efectos se atribuyen en gran proporción a las actividades antropogénicas. Entre las principales causas, están la presencia en exceso de los gases con efecto invernadero que han logrado elevar la temperatura global en 4,8 °C, desde la era industrial. Proyectando a futuro, se estima que el ritmo acelerado de desarrollo que actualmente se maneja no será el adecuado para la continuidad de la vida en el planeta (IPCC, 2013), por ello, surgen nuevos, enfoques teóricos y metodologías que prolonga la existencia de los recursos para futuras generaciones; ello se fundamenta en parte en el uso de las energías renovables.

Según el Informe Brundtland (1987) se debe satisfacer las necesidades de las presentes y futuras generaciones y llevar a cabo dos tipos de restricciones: (i) ecológicas, es decir, la conservación del planeta tierra; y, (ii) morales, renunciar a los niveles de consumo a los que no todos los individuos puedan aspirar, esto para no poner en peligro los sistemas naturales que sostienen la vida en la tierra. Este informe resalta que el uso de los recursos no renovables debe ser lo más eficiente posible y define al desarrollo sostenible, como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Por su parte, en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en 1992, las partes interesadas afirman estar “*Preocupadas* porque las actividades humanas han aumentado sustancialmente las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y porque ese aumento intensifica el efecto invernadero natural, lo cual da como resultado, en promedio, un calentamiento adicional de la superficie y la atmósfera de la tierra y puede afectar adversamente a los ecosistemas naturales y a la humanidad. El objetivo último de la Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes (COP), es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir, que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (UNFCCC, 1992).

El Protocolo de Kioto (UNFCCC, 1992) comprometía a los países industrializados a estabilizar las emisiones de GEI, cuenta con medidas jurídicamente vinculantes y tiene como compromiso la reducción en un 5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> sobre los niveles de 1990 en el periodo 2008-2012. La evaluación a los resultados obtenidos en este período indican que ningún país logró cumplir con los objetivos dado que el crecimiento de la población y la expansión industrial crecen desmedidamente. Sin embargo, en la conferencia se logra un segundo período de compromisos de Kioto 2013 – 2020, aunque países como Estados Unidos, Rusia, Japón y Canadá, decidieron no respaldar la prórroga. (UNFCCC, 2012) Los resultados de COP 18 detallan en vigencia los mecanismos flexibles del Protocolo, establecen un nuevo marco para un acuerdo global del clima hasta el año 2015, definen el marco institucional para garantizar el financiamiento y la tecnología relacionada al cambio climático. El objetivo que persigue la prórroga del Protocolo de Kioto encamina a desarrollar



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

energías alternativas que generen un menor impacto. Los países industrializados, en desarrollo y subdesarrollados se involucran para reducir sus emisiones y dar lugar a proyectos renovables que permitan resguardar los recursos. Existen incentivos para alcanzar este fin creados en la Convención Marco del Cambio Climático a los que se pueden acceder mediante los llamados “mecanismos flexibles”, como el comercio internacional de emisiones, implementación conjunta y mecanismos de desarrollo limpio (MDLs), mediante este último mecanismo, es que Ecuador como país sub desarrollado puede obtener valor agregado al realizar eficiencia en las actividades agrícolas.

La energía primaria desde principios de la humanidad fue la biomasa. A partir del siglo XVIII con la Revolución Industrial y la presencia de la máquina de vapor se introdujo el uso de carbón que se explotó desmedidamente durante el siglo XIX. Posteriormente, el petróleo como energía aporta significativamente al desarrollo de la industria automotriz. Durante el siglo XX, continuó en forma acelerada la producción y el consumo de los recursos energéticos fósiles. En 1953, la energía nuclear aparece para generar electricidad siendo un punto clave para los países que poseen este recurso, aunque la humanidad siempre ha utilizado materias primas de origen vegetal (por ejemplo, leña o biogás) como fuente de energía, el actual auge de los agro-combustibles y otras fuentes de energías renovables (solar, eólica, etc.), está claramente vinculado a la crisis petrolera de la década de 1970 (Schoijet, 1995).

En 1973, los países productores de petróleo elevaron los precios partiendo de la hipótesis de que el recurso se agotaba, obligando a los grandes consumidores a buscar otras alternativas en los recursos que disponen desarrollando las energías renovables como la eólica, solar, hidrógeno e incluso la nuclear sin el afán de cuidar el ambiente sino por cuestiones políticas y económicas (IEEE, 2007).



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

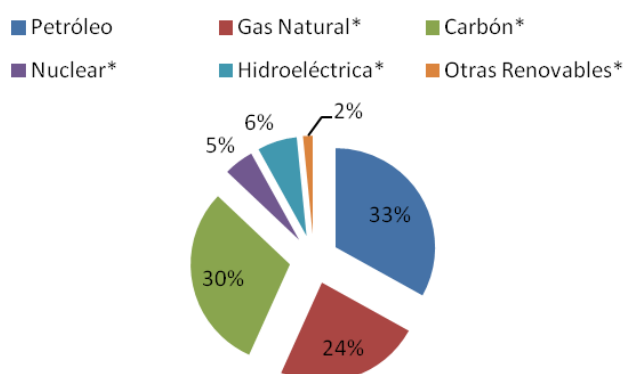
Fundada en 1867

## 1.2. Contexto energético internacional

La demanda energética mundial se duplicará en los próximos veinte años, el consumo mundial de energía primaria por tipo de combustible indica la dependencia de combustibles fósiles. (Ver figura 3). Los principales responsables del incremento en el consumo energético son China y Asia que pasarán del 30 % que representan actualmente al 43 % en el 2030. Los treinta y dos países de la OCDE encabezados por Estados Unidos, los países de la Unión Europea y Japón (IPE, 2011), disminuirán el consumo al pasar del 58% al 47%.

Estados Unidos y Europa generan políticas energéticas, en las que se considera al petróleo como un recurso estratégico e incluyen programas para el uso eficiente de energía y el desarrollo de fuentes alternativas (CEPAL, 2003). Entre estos programas están el Programa de Climatización, Programa de Cuantificación de Biomasa, Programa de Biocombustibles, Plan de acción nacional de eficiencia energética en Estados Unidos y los Programas Altener para promover la energía renovable en la Unión Europea y el Programa Save sobre eficiencia energética en la Unión Europea.

### CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA POR TIPO DE COMBUSTIBLE



**Figura 3:** Porcentaje de Consumo mundial de energía primaria por tipo para el año 2011

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de AIE, 2012



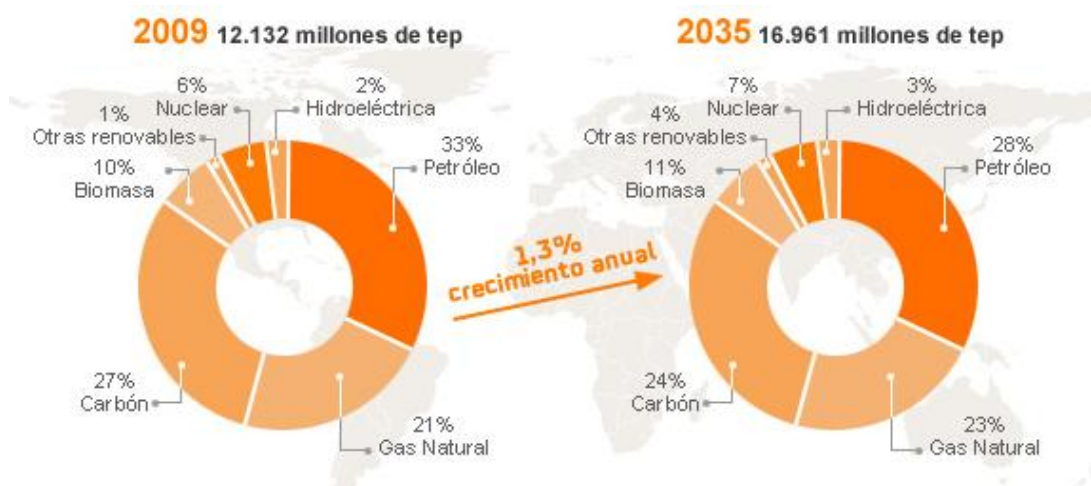
## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El petróleo es un recurso extinguido y es la fuente energética principal, compite con el gas natural que tiene una tendencia creciente (Ver Figura 4), lo cual indica que los combustibles fósiles continúan aportando la mayor proporción de energía. Se aprecia que países como Estados Unidos, China y Japón son los principales importadores de petróleo (Ver anexo 1); Japón Italia y Alemania son los principales importadores de gas natural. (Ver anexo 2) y China, Japón Corea son los principales importadores de carbón (Ver anexo 3).

El Informe de la Agencia Internacional de Energía, Perspectivas de la Energía a Nivel Mundial (2012) indica que la demanda mundial de energía crecerá más de un tercio en el período 2009- 2035. Países como China, India y Oriente Medio representan el 60 % de dicho aumento. En los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2012) la demanda de energía apenas aumenta observando un desplazamiento del petróleo y del carbón por gas natural y energías renovables (AEI, 2012). Se estima que la eficiencia en el uso final de la energía, es el elemento que contribuye, en mayor medida, a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el 2035.

### DEMANDA MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA PERIODO 2009–2035.



**Figura 4.** Perspectivas de crecimiento de la demanda mundial de energía primaria

**Fuente y elaboración:** Agencia Internacional de Energía, Dirección de Estudios y Análisis del Entorno de Repsol.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

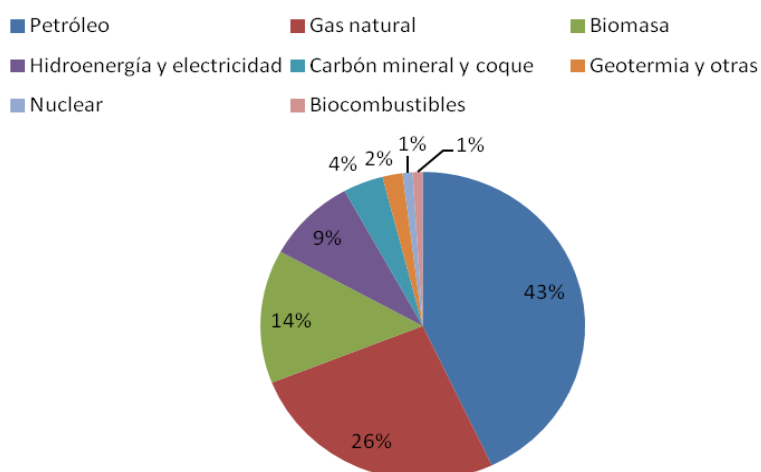
Fundada en 1867

El exceso de los gases de efecto invernadero, se genera de forma natural donde el hombre no tiene control y de forma antropogénicas, principalmente de la combustión de combustibles fósiles, provocando modificaciones en la cantidad y concentración de gases en la atmósfera lo cual ha conllevado a concienciar sobre la explotación indiscriminada de los recursos naturales.

## 1.3. Contexto energético de América Latina y El Caribe (ALC).

La demanda de petróleo y derivados así como gas natural en ALC tienen una participación del 70%, del potencial total de energías renovables el 22% representa la hidroenergía y 4,2% otras energías renovables aprovechables (Ver Figura 5), siendo la biomasa y le hidroenergía las que abarcan a las energías renovables. En la región de América Latina y el Caribe se desarrollan legislaciones en materia de energías renovables y eficiencia energética, aunque es escasa la inversión real y de largo plazo. En la actualidad América Latina y el Caribe representan el 5% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. (OLADE, 2010)

### CONSUMO DE ENERGIA AMERICA LATINA Y EL CARIBE



**Figura 5.** Consumo de energía ALC para el 2008

**Fuente y elaboración:** Propia a partir de datos del Informe de la OLADE, 2010



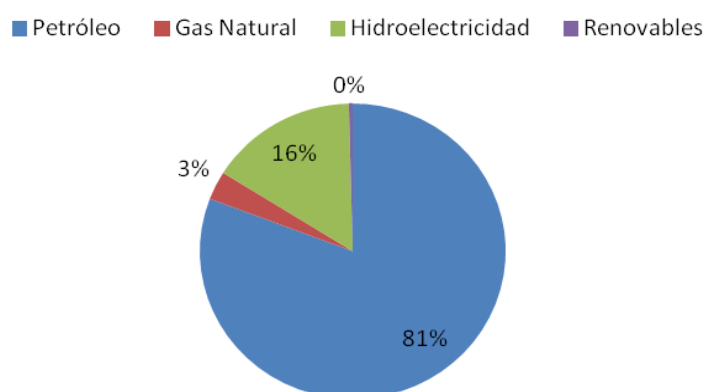
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 1.4. Contexto energético nacional

El consumo energético por tipo de combustible en Ecuador indica la dependencia de combustibles fósiles, representando aproximadamente el 80% en la matriz energética ecuatoriana. Sin embargo, a pesar de la gran diversidad de productos con los que puede aportar hacia el consumo de las energías renovables, estas representan una baja participación (Ver Figura 6).

### CONSUMO DE ENERGÍA ECUADOR EN EL AÑO 2010



**Figura 6.** Consumo de energía primaria Ecuador, 2011

**Fuente y elaboración:** Propia a partir de datos del Informe de la AIE, 2011

## 1.5. Las energías renovables a nivel mundial

Las energías renovables son una alternativa ante la creciente demanda energética a nivel mundial podrían aportar al control de los embates del cambio climático, ofrece oportunidades económicas y garantizando el suministro energético (IRENA, 2007). Las energías renovables: eólica, fotovoltaica, biocombustibles, pequeñas hidroeléctricas, biomasa, representan el 3,3% de la generación global de energía; se incluye la calefacción, mezclas con combustibles fósiles como es el caso de combustibles oxigenados (REN21, 2011). El consumo de energías renovables ha crecido, representa tres veces más respecto a 1990 (AEI, 2012)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

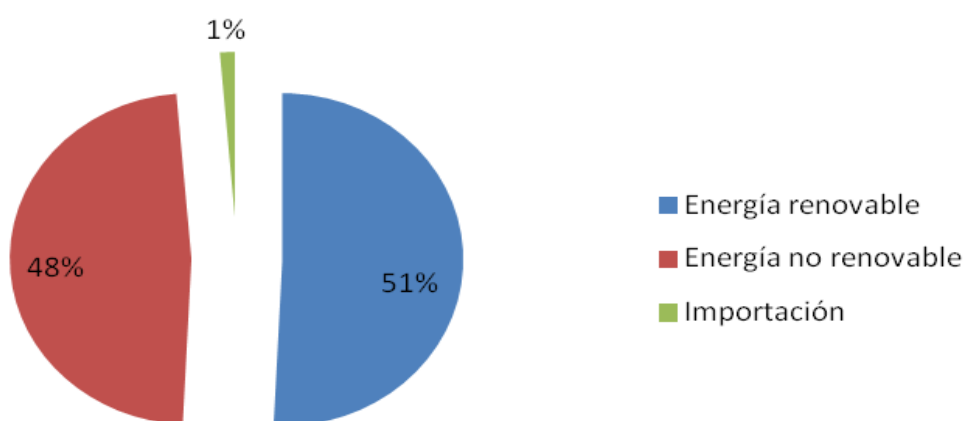
## 1.6. Las energías renovables en ALC

La matriz energética de los países de América Latina y El Caribe (ALC) es, en comparación con otras regiones del mundo una de las de mayor componente renovable; aún así en el año 2009 cerca de las tres cuartas partes de su estructura correspondió a combustibles fósiles; y los estudios recientes de prospectiva energética no auguran mayor variación durante los próximos 25 años. (OLADE, 2011).

Uno de los primeros efectos de la crisis petrolera que dio inicio a promover las Renovables fue la decisión en 1976 del gobierno de Brasil de dar inicio a Proalcool, programa pionero en la sustitución parcial de combustibles fósiles para vehículos, por etanol (combustible producido a base de caña de azúcar). El objetivo de Proalcool era garantizar la seguridad energética del país y mejorar su balanza de pagos. La reducción de gases de efecto invernadero (GEI) no formaba aún parte de la agenda internacional. Proalcool partía del supuesto de que en el largo plazo los altos precios del petróleo harían competitivo al etanol brasileiro.

## 1.7. Las energías renovables en Ecuador

### PRODUCCIÓN BRUTA POR TIPO DE ENERGÍA



2.

**Figura 7.** Producción bruta por tipo de energía, Ecuador 2011

**Fuente y elaboración:** Propia a partir de datos de información del CONELEC, 2012.



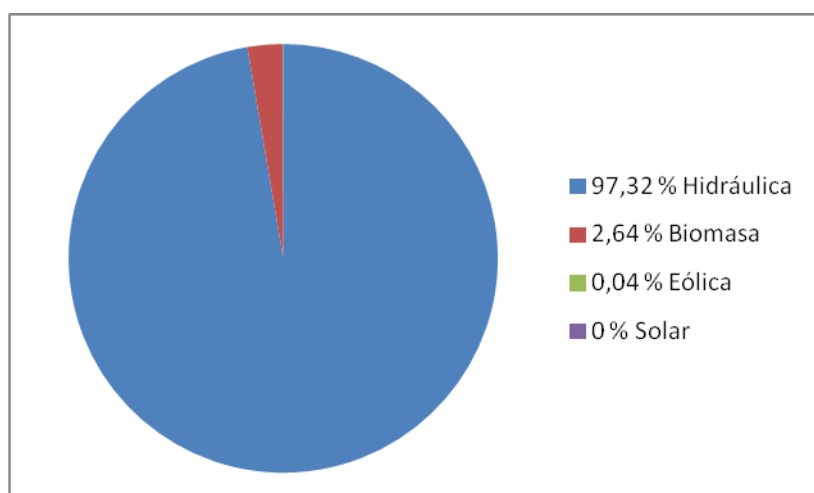
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Las energías renovables en Ecuador dependen de las hidroeléctricas (Ver Figura 7) se observa la dependencia de los combustibles fósiles y la importación de energía para abastecer la demanda interna.

En Ecuador la matriz energética renovable está compuesta principalmente por la hidroeléctrica que participa con el mayor porcentaje y en menor proporción la biomasa, eólica y la solar (Ver Figura 8).

## CONSUMO DE ENERGÍA POR FUENTE RENOVABLE EN ECUADOR PARA EL 2011



**Figura 8** Porcentaje de producción de energía por tipo de fuente renovable Ecuador, 2011

**Fuente y elaboración:** Propia a partir de datos del Informe del CONELEC, 2012.

En el caso de la biomasa está se encuentra en sus diferentes estados típicos como: residuos forestales, residuos agropecuarios, residuos industriales y residuos urbanos (Ver anexo 4). En nuestro país el tipo de biomasa utilizada para la generación de electricidad es el bagazo de caña de azúcar la misma que está asociada a ingenios azucareros y por lo general es utilizada para autoconsumo y venta a la red nacional (OLADE, 2011), se tiene dos proyectos relevantes que corresponden a los de cogeneración, utilizando el bagazo en la

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

industria azucarera. Los proyectos que utilizan energía renovable para la generación de energía eléctrica y también para la captura de gases contaminantes se observan en la tabla 1.

En la mayoría de los ingenios azucareros se han adoptado y repotenciado las instalaciones para permitir la cogeneración a partir del bagazo. El aporte de este tipo de cogeneración para el Sistema Nacional interconectado desplaza la generación térmica con combustibles fósiles y ayuda a la diversificación de la matriz energética con fuentes renovables.

**Tabla 1:** Plantas de Cogeneración de bagazo de caña

<b>Plantas de cogeneración de bagazo</b>	<b>Generación eléctrica GWh/año</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> tCO<sub>2</sub>/año evitadas</b>
Ecoelectric Valdez	76,64	70887
San Carlos	133,86	40402

**Fuente y elaboración:** OLADE, 2011

## 2.1. Biomasa

La biomasa es toda materia orgánica que puede convertirse en energía, incluyen los cultivos energéticos, desechos de cultivos, desechos industriales, desechos sólidos urbanos, algas, y los desechos de animales, su uso es limitado como fuente de energía por la disponibilidad anual que presenta (FAS, 2012).

La biomasa como fuente energética se la considera de tres tipos según Fernández (2003):

(i) la biomasa natural, producida espontáneamente en tierras no cultivadas (leña), utilizada por el hombre para calefacción y cocina. Es la forma de aprovechamiento más ineficiente y conlleva a la destrucción del ecosistema, constituye la base del consumo energético de países en vías de desarrollo que

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

al incrementar su población y la demanda energética producen situaciones de desertización; (ii) la biomasa residual, es la producida en actividades agrícolas, forestales e industriales o ganaderas, residuos urbanos, es limitada, y provoca contaminación al descomponerse naturalmente; (iii) los cultivos energéticos, son orientados a producir biomasa que genere biocombustibles, sin competir con la cadena alimentaria, por ejemplo *Jatropha curcas* (piñón).

## 1.9. Eficiencia energética

La eficiencia energética se refiere a utilizar menos energía para obtener el mismo beneficio servicio o producto. La creciente demanda energética mundial ha conllevado a realizar diversos análisis e investigaciones, identificando en la actividad agrícola potenciales residuos que aportan al sector energético. Estos desechos son conocidos como biomasa y constituyen una alternativa energética al obtener gran diversidad de productos, además, porque se adaptan a todos los campos de utilización actual de los combustibles tradicionales, previo a procesos específicos, donde se puede obtener biocombustibles sólidos, líquidos o gaseosos, para cubrir las necesidades energéticas de confort, transporte, cocido, industria y electricidad, o servir de materia prima para la industria. Los tipos de biocombustibles obtenidos de biomasa pueden ser: sólidos, como la paja, leña cruda, astillas, pellets y briquetas, triturados finos (menores de 2 mm), carbón vegetal; líquidos, como alcoholes, biohidrocarburos, aceites vegetales y ésteres; gaseosos, como gas de gasógeno, biogás e hidrógeno.

Para el presente estudio se considera los biocombustibles sólidos ya que se trata de aplicar eficiencia energética en el sector agrícola residual, con el aprovechamiento de la cáscara de cacao, que está constituido por materias lignocelulósicas. Actualmente, se realiza eficiencia energética a nivel mundial con biomasa residual agrícola, en cogeneración por ejemplo: en Estados Unidos se utiliza los residuos de la cosecha del maíz llamada rastrojo, paja de granos pequeños; en España 13.000 ktep corresponden a biomasa residual



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

(Fernandes, 2003), al utilizar los restos de poda, cortezas, huesos de aceitunas, paja de cereales, cáscara de almendra, avellana, piñón, cacahuate, cascarilla de arroz, la forma más general de utilización de este tipo de combustible son astillas, serrín, pellets y briquetas. En España hay un número reducido de centrales de producción eléctrica a partir de biomasa, Andalucía es la región que tiene en total 16 con potencia conjunta de 151 MW de los 500 MW instalados en España, la materia prima de la más utilizada es la biomasa procedente del olivar. (USDE, 2005); (USDA, 2005); Iberdrola (2009).

El uso de biomasa de actividades agrícolas es considerado como un proyecto potencial para ser introducido como Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL, ya que no compite con el sector alimentario, dado que es un desecho sin valor agregado. (Salinas y col., 2008) El tipo de proyecto de bioenergía que se observa en el MDL son:

La generación eléctrica autónoma o interconectada a la red con biomasa y sus residuos.

Uso de biomasa y sus residuos para la generación de calor en calderas industriales o para la sustitución de combustibles fósiles en procesos industriales.

Según el tipo de proyecto especificado, la biomasa en estudio puede constituir un proyecto relevante a ser introducido como MDL.

El presente estudio se enfoca a determinar la contribución energética de biomasa agrícola, como la que constituye la cáscara del cacao, que de obtenerse resultados importantes puede contribuir en gran medida al cambio de la matriz energética y a gestionar los efectos del cambio climático.

## **1.10. Marco legal nacional**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

En el Ecuador el marco legal e institucional de las energías renovables conduce a la implementación de políticas, estrategias, proyectos y acciones tendientes a desarrollar y aplicar planes de energía renovable y el uso eficiente de la misma en todo el país. El objetivo principal es apoyar el cambio de la matriz energética, sustentado en la creación de capacidades locales, el aprovechamiento de los recursos naturales, renovables y no renovables que tiene Ecuador y su desarrollo sostenible. La Constitución de la República, posee algunos artículos que apoyan al cambio de la matriz energética y se transcriben a continuación:

*“Artículo 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.”*

*“Artículo 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.”*

*“Artículo 395.- la constitución reconoce los siguientes principios ambientales:*

- 1. El estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.*
- 2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatoria cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.*
- 3. El estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas en la*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

*planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.*

- 4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza”.*

*“Artículo 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño. El Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas”.*

*“Artículo 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras y servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:*

- 1. Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad el demandado.*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

2. *Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.*
3. *Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.*
4. *Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo de la administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado.*
5. *Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad”.*

*“Artículo 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua”.*

*“Artículo 414.- El estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación y protegerá a la población en riesgo”.*

*“Artículo 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

*Se incentivaré y facilitaré el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías”.*

*El Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno Nacional, denominado: “Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013”, establece objetivos y políticas para el desarrollo de las energías renovables, tales como:*

*“Objetivo 4: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable”.*

*“Política 4.3: Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles”.*

El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER, 2008) ha publicado las “Políticas Energéticas del Ecuador 2008 – 2020”, donde destacan las políticas de Estado relacionadas con las energías renovables entre ellas se destacan las siguientes:

*“c) impulsar un modelo de desarrollo energético con tecnologías ambientalmente amigables;”*

*“d) formular y llevar adelante un Plan Energético Nacional, que defina la expansión optimizada del sector en el marco de un desarrollo sostenible;”*

*“f) promover el desarrollo sustentable de los recursos energéticos e impulsar proyectos con fuentes de generación renovable (hidroeléctrica, geotérmica, solar y eólica) y de nueva generación eléctrica eficiente, incluyendo la nuclear y excluyendo la generación con base en el uso del diesel;”*

*“n) reducir el consumo de combustibles en el transporte mediante la sustitución por gas natural comprimido – GNC, electricidad y la introducción de tecnologías híbridas.”*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Leyes específicas vigentes para la promoción y desarrollo de las energías renovables en el sector eléctrico como la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) R.O.S. 43 del 10 de Octubre de 1996, indica en el Capítulo IX, Artículo 63, que el Estado se compromete a fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos renovables no convencionales. Posteriormente en el Capítulo XI, Artículo 67 de la misma ley, se incluyen ciertas ventajas arancelarias, así como exoneraciones del Impuesto a la Renta para incentivar la producción energética basada en energía renovable como solar, eólica, geotérmica, biomasa, etc.

El Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, Art. 53, 77, establece entre otras disposiciones como “la operación de centrales de generación que utilicen fuentes no convencionales se sujetarán a regulaciones específicas del CONELEC”; y, “el Estado fomentará el uso de recursos energéticos renovables no convencionales, con asignación prioritaria de recursos financieros del Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM)”. (Espinoza, 2010)

## **1.11. Políticas de biocombustibles en Ecuador**

Mediante Decreto ejecutivo N° 475 de 9 de julio del 2007, publicado en el Registro oficial N°. 132 de 23 de julio del 2007, se escindió el Ministerio de Energía y Minas en los Ministerios de Minas y Petróleos y de Electricidad y Energía Renovable”, bajo la justificación de:

*“Que es necesario armonizar las políticas, objetivos y estrategias del Ministerio de electricidad y Energía Renovable, en su calidad de rector del sector estratégico de electricidad y energía renovable, acorde a las disposiciones de la Constitución de la República y al nuevo marco jurídico del sector eléctrico, actualizando su estructura institucional de conformidad con los usos y prácticas*



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

*de la industria del sector, que refleje el nuevo modelo de desarrollo del Ecuador.”*

El plan de acción en energías renovables que el Estado Ecuatoriano impulsa, genera políticas ambientales a finales del siglo XX, que conducen al desarrollo de las energías limpias, ello permite involucrar técnicas inusuales e impulsan a visualizar alternativas de desarrollo sustentable en el sector agrícola, favoreciendo la eficiencia energética. Las políticas planteadas conducen a ver en residuos de la actividad agrícola un gran potencial energético, ello supone reducir la eliminación de grandes biomasas residuales.

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER es el organismo rector del sector eléctrico y de energía renovable, desarrolla políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de recursos estableciendo mecanismos de eficiencia energética, participación social y protección del ambiente. Promueve el cambio de la matriz energética incorporando eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas. Prioriza el uso de fuentes renovables en la generación eléctrica bajo principios de sostenibilidad. (Registro oficial, 2013)

Dentro del MEER se crea La Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética, que es la encargada de promover y proponer la implementación de políticas, estrategias, proyectos y acciones tendientes a desarrollar y aplicar proyectos de energía renovable y el uso eficiente de la energía en todas las regiones del país, que permita modificar la matriz energética, sustentada en la creación de capacidades locales, el aprovechamiento de los recursos renovables y no renovables y su desarrollo sostenible. (MEER, 2008)

La legislación de biocombustibles a través del Decreto Ejecutivo 2332, firmado el 15 de Diciembre del 2009 declara de interés nacional la producción, comercialización y uso de los biocombustibles.

El marco legal de los biocombustibles está dado por varios Decretos Ejecutivos: No. 1831 (10/07/2009); No. 1495 (19 /12/2008); y, No. 1879

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

(5/08/2009), que establecen el precio del etanol anhidro, biodiesel y aceite vegetal; fijan el precio del etanol anhidro en 0,76 USD\$/litro sin considerar IVA; y transfieren todo lo referente al tema de biocombustibles al Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC). De la misma forma se puede establecer un precio por tonelada de biomasa generada de la actividad agrícola.

Las alternativas para gestionar la biomasa en Ecuador son diversas, puesto que la ubicación en el globo terráqueo genera que un sin número de especies potenciales se desarrollen. En principio se pueden aprovechar varios tipos de biomasa, entre ellos están los cultivos energéticos, utilizados específicamente para este fin, la biomasa industrial que la constituyen los residuos industriales y la biomasa residual, principalmente de la actividad agrícola, que es donde se desea hacer un enfoque y precisar a futuro eficiencia energética.

Actualmente en Ecuador el bagazo de la caña de azúcar es el único tipo de biomasa que se utiliza para generar electricidad. Sin embargo, existe gran cantidad de desechos que pueden ser utilizados para la generación de energía eléctrica, ya sea por medio de calderos de combustión para generar vapor o a través de pirólisis (CIE, 2012).

## **1.12. Conclusiones del capítulo**

El consumo de energía primaria se ha duplicado durante las últimas cuatro décadas, el componente fósil representa el mayor porcentaje de participación. La explotación continua de energía proveniente de este tipo de combustibles contribuye a la presencia en exceso de los gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera y provoca efectos irreversibles en el ambiente como el incremento de la temperatura global en 2°C.

El ritmo acelerado de crecimiento de la población y el desarrollo de las economías mundiales ponen en riesgo la subsistencia del hombre en la tierra, por los efectos que han provocado las actividades antropogénicas desde sus



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

inicios. Brundtland propone un desarrollo sostenible, que consiste en satisfacer las necesidades presentes sin comprometer los recursos de las futuras generaciones.

Desde 1992 se crea conciencia ambiental y en 1998 nace el compromiso denominado Protocolo de Kioto que compromete a países desarrollados a estabilizar sus emisiones respecto a los datos de 1990, con miras a reducir el total de sus emisiones a un nivel no menos de 5% al de 1990 en el periodo de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012, situación que ningún país ha logrado alcanzar.

Por otro lado, cada país trata de buscar soluciones que contribuyan a tal efecto. La solución radica en cambiar la matriz energética, sustituyendo los combustibles fósiles por energías renovables.

Las energías renovables a nivel global representan el 2% de la energía primaria sin incluir a la hidroelectricidad, abarca la biomasa que constituye una fuente orgánica derivada del cultivos energéticos, desechos de cultivos agrícolas, industriales, residuos sólidos urbanos, algas y los desechos de animales.

Sin embargo es necesario disponer de información primaria para tener idea del potencial disponible que puede desplazar el combustible fósil utilizado.

La eficiencia energética a nivel mundial ha tenido mucho éxito como es el caso de Austria, Dinamarca, Suecia, Estados Unidos. La matriz energética de América Latina y el Caribe tiene la mayor componente en energías renovables en relación con otras regiones, Brasil es el país pionero en promover este cambio. En Ecuador existen proyectos de aprovechamiento de bagazo de caña pero apenas representan el 1,7% hasta el 2011. El Ecuador tiene una diversidad de productos en donde aún no se ha realizado eficiencia energética. El presente estudio se enfoca en uno de los principales productos de exportación para identificar las características energéticas que posee y

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

determinar si existe la suficiente cantidad de desecho como para justificar su uso futuro.

El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables es el organismo rector del sector eléctrico y de energías renovables, tiene como responsabilidad desarrollar políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de recursos sin embargo necesita de antecedentes confiables para formular políticas que permitan modificar la matriz energética.

## CAPITULO II

### PRODUCCIÓN DE CACAO

#### 2.1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao L.sp*), es un pequeño árbol cuyos frutos crecen en el tronco y las ramas. Los frutos se derivan de la polinización de las flores agrupados en cojines florales. La plantación de cacao es susceptible a varias enfermedades o plagas para las que si bien existe tratamiento químico, ese tratamiento afecta los ingresos económicos del productor de cacao. *Theobroma cacao L.*, es una sola especie, pero tiene variedades, con frutos y semillas diferentes. En la región mesoamericana se reconoce la existencia de tres variedades autóctonas: (i) el cacao criollo, que fue domesticado y ha sido cultivado en el sur de México, Centroamérica y norte de Suramérica desde hace más de 2000 años, (ii) el forastero silvestre, cultivado desde 1750 en la cuenca amazónica, y (iii) el cacao nacional de Ecuador que se cultiva desde 1600, (CATIE, 2012). El fruto del cacao, contiene granos de cacao que son masivamente explotados a nivel mundial y solo en él se han centrado los intereses económicos (Bartley, 2005). El grano de cacao es sometido a procesos térmicos para obtener productos y subproductos tales como chocolates, pasta o licor, manteca, entre otros (CARTAY y otros, 1996).



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 2.2. Variedades de cacao

El cacao (*Theobroma cacao L.*) se clasifica desde el punto de vista genético y comercial.

### 2.2.1. Clasificación genética del cacao (*Theobroma cacao L.*)

Según el Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT (1991), FAO, IICA (2007) citado por (Osorio y col., 2003), desde el punto de vista genético, la especie *Theobroma cacao L.* puede clasificarse como sigue:

- Cacao Criollo: corresponde a una planta de poco vigor y bajo rendimiento, destacándose la alta calidad de sus semillas.
- Cacao Forastero: se caracteriza por ser de mayor tolerancia a las enfermedades que el cacao Criollo.
- Cacao Trinitario: es más resistente y productivo que el cacao “Criollo” pero de inferior calidad. Es el resultado del cruce entre el cacao “Forastero” y el “Criollo”.

### 2.2.2. Clasificación comercial del cacao (*Theobroma cacao L.*)

Según el Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT (1991), desde el punto de vista comercial, los granos de cacao pueden clasificarse como se indica:

- Cacao ordinario: granos producidos por los cacaos tipo “Forastero”; éstos son utilizados en la fabricación de manteca de cacao y de productos que tengan una elevada proporción de chocolate.
- Cacao fino o de aroma: en términos generales, los granos de cacaos “Criollos” y “Trinitarios” corresponden a lo que en el mercado mundial se conoce como cacao fino o de aroma. Éste es utilizado usualmente en mezclas con granos ordinarios o “Forastero” para producir sabores específicos en los productos terminados.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

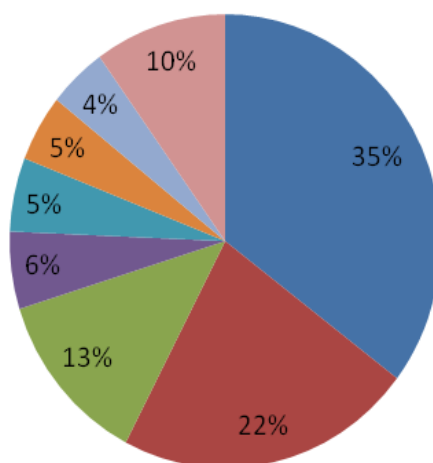
## 2.3. Producción mundial de cacao en grano

La producción mundial de cacao se genera en países en desarrollo pero la demanda se encamina hacia los países desarrollados. El comercio mundial de cacao en grano, es significativo ya que constituyen la base de la economía nacional de la mayoría de los países productores (Quintero y col., 2004).

Según la International Cocoa Organization (ICCO, 2012) se evidencia que el mayor productor mundial de cacao es Costa de Marfil. La producción mundial de cacao está altamente concentrada en pocos países en especial a los pertenecientes al continente Africano entre ellos Camerún, Costa de Marfil, Ghana y Nigeria.

Actualmente, el continente africano representa el 68% de la oferta mundial. La producción de grano es liderado por Costa de Marfil con el 35% de la producción mundial en el año 2011 (Ver Figura 9).

### PRODUCCION MUNDIAL DE GRANO EN EL AÑO 2011



**Figura 9.** Porcentaje de producción de grano de cacao a nivel mundial

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de la información de la ICCO, 2012.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

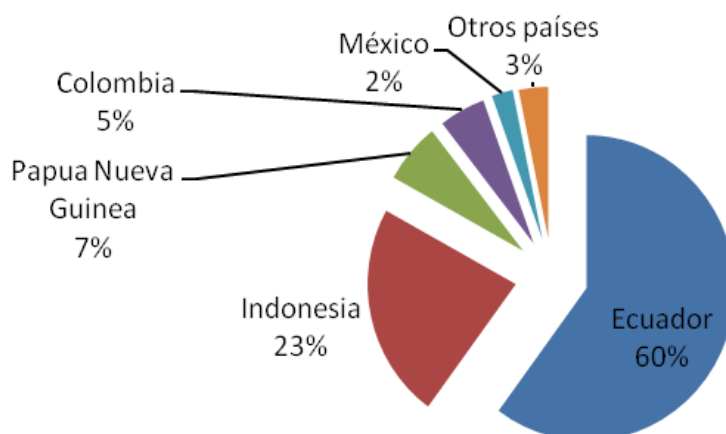
Fundada en 1867

En la oferta mundial de cacao, el 95% corresponde a la clasificación ordinaria y la diferencia la constituye el cacao fino o de aroma (certificado de origen). El Ecuador es el principal productor de cacao fino de aroma, por ello la demanda de esta materia prima continúa en expansión.

## 2.4. Producción Nacional

En el Ecuador existe un tipo de cacao único en el mundo conocido con el nombre de “Nacional” (Ver Figura 10), se indica datos de producción respecto a esta variedad. El cacao nacional se caracteriza por tener una fermentación muy corta y dar un chocolate suave de buen sabor y aroma, por lo que es reconocido internacionalmente con la clasificación de “Cacao Fino de Aroma” (IICA, 2007).

### PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CACAO FINO DE AROMA PARA EL AÑO 2011.



**Figura10.** Porcentaje de producción de grano de cacao fino de aroma a nivel mundial

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de la información de Crespo – Salvatierra; ICCO; 2012.

Según datos de la Organización Internacional de Cacao, en Ecuador la variedad de cacao nacional, “fino de aroma”, representa el 75% de la producción, la diferencia corresponde a los ordinarios (ICCO, 2012). El cacao



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

ecuatoriano es reconocido mundialmente por sus características de aroma y color para la preparación de derivados (FLACSO-MIPRO, 2012), por ello el 22 de julio de 2005 el cacao fino y de aroma fue declarado “Producto simbólico del Ecuador” mediante Acuerdo Ministerial N°. 070 del Ministro de Agricultura y Ganadería.

Además, en Ecuador se da lugar a una variedad conocida comúnmente como CCN-51 (Colección Castro Naranjal - 51), por el agrónomo Homero Castro Zurita quien después de varias investigaciones logró obtener en 1965 el tipo 51, tolerante a las enfermedades, de alta productividad y calidad. Esta variedad es un cacao clonado que el 22 de junio del 2005 fue reconocido mediante Acuerdo Ministerial N°40 por registrar una alta productividad, aunque es considerado como cacao ordinario (ANECACAO, 2005; MAGAP, 2012).

La principal diferencia a destacar entre estos tipos de cacao en Ecuador se fundamenta en la productividad. En la tabla 2 se dispone de datos de productividad por tipo de cacao.

**Tabla 2.** Rendimiento de producción por tipo de cacao por hectárea.

Tipo de cacao	PRODUCCIÓN COSECHADA	
	t / ha	qq/ha
Nacional	0,18	4
CCN – 51	0,93	20,5

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de información de Urbana Consultora Internacional de productores de cacao, (2008). Citado por González, 2012.

## 2.5. Distribución del cultivo de cacao en Ecuador

La superficie de cultivo de cacao en la región Costa, representa el 84% de la superficie total a nivel nacional, mientras que en la región Sierra es el 8% y el Resto que comprende la región Oriental (Ver Figura 11) y zonas en conflicto el 8%. (INEC, 2000)

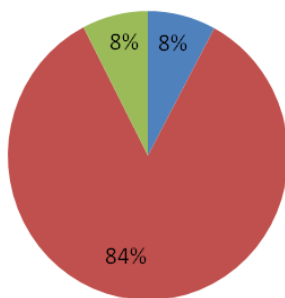


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CACAO POR REGIONES PARA EL AÑO 2000

■ REGION SIERRA ■ REGION COSTA ■ RESTO



**Figura 11.** Porcentaje de producción de grano de cacao por regiones

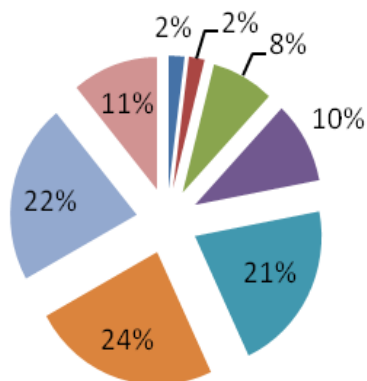
**Fuente y elaboración:** La autora a partir de la información del III Censo Nacional Agropecuario, 2000.

La producción de cacao a nivel nacional se encuentra dispersa en la mayoría de sus provincias, dificultando el proceso de concentración de biomasa.

Las principales provincias ecuatorianas con mayor porcentaje de participación respecto a superficie de cultivo (Ver Figura 12).

## ÁREA CULTIVADA POR PROVINCIA DEL TOTAL NACIONAL

■ Cañar ■ Pichincha ■ El Oro ■ Esmeraldas  
 ■ Guayas ■ Los Ríos ■ Manabí ■ Resto



**Figura 12.** Porcentajes de área cultivada por provincia del total nacional

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de información del III Censo Nacional Agropecuario, 2000.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Existen sembríos de cacao en Ecuador que dependen de las diferentes características de cada suelo y de la hidratación de diversos tipos de cacao. Según el III Censo Agropecuario se registró una producción de cacao a nivel nacional de 64991 t de una superficie cosechada de 402836 has, incluye la superficie como cultivo solo y asociado.

Más del 50% de la superficie plantada está asociada a otras especies frutales o maderables, lo que significa que el cacao es una especie que contribuye a la conservación de los recursos naturales y de la biodiversidad; así como también protege la erosión de los suelos, sobre todo en el pie de monte andino (estribaciones de cordillera) convirtiéndose en barreras vivas que detiene el arrastre de tierra de las zonas altas en la etapa invernal (PROECUADOR, 2011; INEC, 2007).

## 2.6. Plagas y enfermedades del cacao

El cultivo de cacao es afectado por las condiciones climáticas donde el hombre no tiene injerencia, enfermedades y plagas que en gran proporción se propagan utilizando como medio las cáscaras de cacao que quedan después de la cosecha afectando la productividad del cultivo. De cierta manera se puede reducir un porcentaje de estas pérdidas las cuales mediante un control cultural al realizar eficiencia energética de los desechos de la actividad cacaotera y utilizando productos químicos pueden ser mitigadas. Las tres enfermedades que más afectan al cultivo de cacao según indica Suárez (2010) son:

La Mazorca Negra (*Phytophthora sp*) cuya especie más agresiva es *P. megakarya*, que causa pérdidas cercanas a 80% de la producción de grano en Nigeria, Camerún y parte de Ghana (Pokou y col, 2008; Simo, 2011).

La escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*)

La monialiasis (*Moniliophthora roreri*) el daño causado por esta enfermedad varía desde 25% hasta la pérdida total de la producción; se considera a



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Ecuador como el centro de origen de esta enfermedad (Evans, 1981) citado por Suárez (2010).

La percepción que tienen los agricultores acerca de las pérdidas causadas por enfermedades son subestimadas por desconocimiento de la magnitud que representan (Parra y col., 2009). Estimaciones globales indican pérdidas por más del 30% de la producción potencial del cultivo (Hebbar, 2007) aunque podría alcanzar el 80% en algunos países de África Central (Pokou y col., 2008).

**Tabla 3.** Superficie perdida por causas de pérdida, según cultivo de cacao

CULTIVOS PERMANENTES		TOTAL	Superficie Perdida (Hectáreas)						Otra
			Seq uía	Hela da	Plag as	Enfermed ades	Inundaci ón	Prec io bajo	
Caca o	Solo	8.645	496	552	1.492	2.157	489	43	3.416
	Asocia do	10.005	624	291	2.305	3.341	212	182	3.050

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de información del III Censo Nacional Agropecuario, 2000.

En Ecuador las pérdidas de superficie de cultivo de cacao se deben principalmente a enfermedades y plagas como se detalla en la tabla 3. Se pueden manipular estas causas manteniendo buenas técnicas de cultivo lo que se complica ya que son pequeños minifundios los que se dedican a esta actividad ya sea como cultivo solo (Ver anexo 5) o como cultivo asociado. (Ver anexo 6)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Según el boletín anuario del Banco Central del Ecuador del 2012, en el periodo 2002-2011 el primer producto agrícola exportable es el banano con \$ 14200 millones, el segundo lugar lo ocupa el camarón con \$5900 millones, el tercer lugar las flores con \$4600, el cuarto lugar lo ocupa el cacao con \$2700 millones de los cuales 79% corresponde a grano seco y fermentado y el 21% a semielaborados (licor, manteca, polvo, chocolate, etc.)

## 2.7. Conclusiones del capítulo

El cacao es una planta explotada desde tiempos remotos, susceptible de enfermedades y plagas. Sin duda los grandes explotadores de este cultivo optan por no invertir mucho dinero por hectárea. En Ecuador los agricultores se acomodan fácilmente a procesos de producción extensivos, generando muy poco empleo por unidad de superficie. La demanda desde los países industrializados aumenta pero la oferta se encuentra amenazada ya sea por sistemas productivos y tecnológicos ineficientes o influye la edad de las plantas que han declinado su productividad.

La producción mundial de cacao para el 2010 constituyen 3990 miles de toneladas de grano de cacao lo que involucran grandes cantidades de biomasa residual que no son aprovechadas con fines energéticos. (ICCO, 2012). En ALC para el 2010 la producción de grano de cacao fue de 571,8 miles de toneladas de grano de cacao que en la región no es aprovechada como energía primaria.

Para el año 2000 se registró una producción de cacao a nivel nacional de 64991 t de una superficie cosechada de 402836 has, incluye la superficie como cultivo solo y asociado lo que indica que es una especie que contribuye a la conservación de los recursos naturales.

El Ecuador aporta con el 3% de la oferta mundial de grano de cacao, este producto es el cuarto producto de origen agrícola exportable según el boletín anuario del Banco Central del Ecuador (BCE) del 2012, y representa ingresos de 586520 miles de dólares de los cuales, el 81% corresponde a grano de

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

cacao seco y fermentado; y el 19% a semielaborados (licor, manteca, polvo, chocolate, etc.)

El cacao ecuatoriano es apeteído en el mercado internacional lo cual indica que constituye un cultivo en expansión por lo tanto se debe realizar un control cultural del cultivo y a la vez eficiencia con los desechos que se generan después del despulpado de la mazorca.

Según datos de la Organización Internacional de Cacao, en Ecuador la variedad de cacao nacional, "fino de aroma", representa el 75% de la producción, la diferencia corresponde a los ordinarios

El cacao ecuatoriano es apeteído en el mercado internacional por las características que brinda a los productos y subproductos. La ICCO indica que de la producción de cacao en Ecuador el 75% corresponde a la variedad Nacional en la producción nacional, motivo por el cuál es reconocido como "Producto simbólico del Ecuador", sin embargo en comparación con la variedad CCN-51 tiene bajo rendimiento. Lo cual no preocupa a los grandes consumidores que buscan calidad y no cantidad. El cacao tipo CCN-51 si bien no presenta características especiales de la variedad nacional, representa ingresos económicos en términos de cantidad, por ello los pequeños agricultores tratan de desplazar el cultivo de bajo rendimiento, es decir, la variedad de cacao fino de aroma.

Frente a esta problemática y con el fin de cuidar el prestigio que involucra la calidad de cacao ecuatoriano el Estado desde el 2011 tiene una política de apoyo al productor de cacao fino de aroma; con ello se busca incentivar al productor para que no desplace la variedad de cacao fino de aroma por la variedad CCN-51. El sector cacaotero tiene pérdidas considerables de la superficie plantada, los principales responsables son las plagas y las enfermedades, estas pueden combatirse con buenas prácticas de cultivo.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CAPITULO III

### AVANCE EN LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL USO DE LA CÁSCARA DEL CACAO.

#### 3.1. Estado del arte

Las investigaciones sobre productos y subproductos de cacao inician desde el siglo XX y se refieren al uso alimenticio más no energético.

La guía para la utilización de recursos forrajeros tropicales en la alimentación de bovinos (CG-SENA, 2009) indica que las cáscaras de cacao pueden suministrarse frescas o ensiladas, además secas y molidas son una excelente alternativa como material de relleno para la elaboración de bloques multinutricionales (CG-SENA, 2009)

Según Brenes (1990) en su estudio denominado "Posibilidades de la utilización de los subproductos del beneficio del cacao: las cáscaras de cacao constituyen un subproducto, indica que puede ser utilizada en la alimentación animal, fertilización de plantas y como materia prima para biodigestores. Estos usos han sido propuestos tomando en cuenta la composición química de la cáscara: 27% de fibra cruda, 6,25% de proteína cruda con 35,5% de nitrógeno disponible total y 3,2% de potasio. Una tonelada métrica de materia seca de cáscara puede aportar 12 kg de nitrógeno, 2.5 kg de fósforo ( $P_2O_5$ ), 42 kg de potasio ( $K_2O$ ), 4,2 kg de Calcio ( $CaO$ ) y 4.2 kg de Magnesio ( $MgO$ ).

En África Occidental y Central se desarrolla el Proyecto de *Sistemas de cacao Competitivos y Sustentables (SCCS)*, con una red de investigación para resolver los problemas del cultivo, el proyecto es implementado con el apoyo del CORAF/WECARD (West & Central African Council for Research and Development). El SCCS, incluye a Costa de Marfil, Ghana, Togo, Nigeria y Camerún, donde el principal objetivo es encontrar y adaptar los mejores métodos posibles para renovar o desarrollar las plantaciones de cacao para producir sistemas de cacao competitivos y sustentables en el África Occidental y Central, llevando a cabo estudios y operaciones de investigación con

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

agricultores, en el campo, sobre utilización eficiente del cacao, nuevos usos del cacao y sus subproductos, se presentan en la 15ava Conferencia Internacional sobre investigaciones del cacao, se describen a continuación:

*Oluwalana y colaboradores, en el estudio denominado “Producción de mermelada usando pectina extraída de la vaina del cacao”, demuestran que la pectina de la vaina de cacao es útil para la producción de mermelada.*

*Un estudio sobre el “Potencial de la cáscara de la vaina del cacao como ingrediente alimentario en la dieta del pez gato africano” (Clarias gariepinus), realizado por Hamzat y colaboradores, utiliza la cáscara de cacao para alimentar a los peces, reemplazando al maíz como fuente de energía para el C. gariepinus, los resultados indican que no hay diferencias en la aceptabilidad y demuestra que la inclusión del 10% de cáscara de vaina de cacao ofrece un óptimo rendimiento al pez gato africano.*

*Babayemi y colaboradores, en el estudio denominado “Evaluación de mezclas de cáscara de vaina de cacao y pasto de Guinea: el uso de características de la producción de gas y parámetros posincubación”, formula dietas de pasto y cacao en diferentes porcentajes para producir gas y determina que reemplazar un 50 % de pasto por cáscaras de cacao puede no ser perjudicial para los microorganismos que se encuentran aparato digestivo de los rumiantes.*

*La investigación denominada “Efecto del tiempo de hervor en la utilización de la cáscara de la vaina del cacao en el alimento de gallinas ponedoras”, realizado por Olubamiwa y colaboradores, utiliza las cáscaras de cacao en las dietas de aves de corral como sustituto del maíz en las raciones de las aves ponedoras. Se utiliza cáscara sin tratamiento, mezclas de cáscara con urea y cáscaras de cacao hervidas a tiempos de 15, 20, 45 y 60 minutos, llegando a determinar que el tratamiento térmico de las cáscaras de cacao durante 15 minutos es la opción más rentable en las raciones alimenticias de las aves ponedoras ya que incrementa su rendimiento en un 5 %.*



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

*El estudio Desarrollo de un compost basado en cáscara de vaina de cacao para semilleros de plántulas de cacao, realizado por Ofori y col. experimenta diferentes mezclas de suelo de la capa superficial: con cáscara de la vaina de cacao y vegetación. El estudio determina que el compost de la cáscara de la vaina de cacao, puede ser un medio para semillero adecuado para el crecimiento de plántulas de cacao cuando se lo mezcla en pequeñas proporciones.*

De Alba y col. (1954) demuestra que el valor nutritivo de la cáscara de cacao cuando es utilizado en la alimentación del ganado vacuno incrementa la producción de leche en un valor aproximado del 4 % con respecto a maíz molido y harina de yuca.

Las cáscaras de la vaina del cacao son fuentes de pectinas como lo indica Calderón, Matos (2011); Barazarte y col. (2008) identifica el potencial de las cáscaras de cacao como fuente de pectinas, como complemento de aplicación a la pectina extraída de las cáscaras de cacao. Posteriormente, Franco y col. (2010) demuestra que la pectina obtenida de la cáscara de cacao es aceptable para ser empleada en la industria alimentaria de los seres humanos dando un valor agregado a este subproducto, especialmente para mejorar la condición económica de los agricultores que cultivan el cacao.

Investigaciones llevadas a cabo por Wood y Lass (1985) señalan que la cáscara de cacao puede constituir el 20 % de una ración alimenticia para aves de corral, entre 30 y 50 % para cerdos, y 50 % para ovejas, cabras y ganado lechero, debido al contenido de *teobromina*, resaltan la importancia de utilizar como máximo los porcentajes indicados, caso contrario los efectos producidos son mortales ya que la presencia de teobromina animales causa intoxicación, lo afirma el Departamento de Seguridad Alimentaria de Europa (EFSA, 2008).

Awolumate (1983) señala que las cenizas de las cáscaras de la vaina de cacao son pobres en Mn, Cu, Zn pero ricas en Ca, N, K, Na, P, Fe y Mg, por esta



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

razón, pueden utilizarse en la industria local de jabones o como fuente de fertilizante orgánico.

Padrón y col. (2004) obtiene un incremento del volumen de las espumas en una relación de 1:4, por lo tanto reduce el costo de la espuma hasta en un 21 %, este enfoque alternativo de características hidrófilas mejora la capacidad de retención de agua con la ventaja de que son materiales con biodegradabilidad controlada.

Utilizar la cáscara de cacao fermentada como alimento mejora la digestibilidad de nutrientes e incrementa el rendimiento en peso de los conejos (Adejinmi y col., 2008).

Bermúdez y col (2002) señala que la fermentación de cáscara de cacao con *Pleurotus ostreatus*, permite obtener un sustrato remanente de alto valor nutritivo para ser utilizado en dietas alimenticias de animales o como abono orgánico.

Larragán (1958) indica que las cáscaras de cacao se utilizan para generar mayor producción láctica y como forraje en épocas de sequía.

La cáscara de cacao contiene de 3–4 % de sales de potasio sobre base seca (Wood y Lass, 1985), citado por (Kalvatchev y col., 1998). La ceniza ha sido usada para fabricar jabón en Ghana y Nigeria (Oduwole y Arueya, 1990; Arueya, 1991), citado por (Kalvatchev y col., 1998). La ceniza también puede convertirse en un abono rico en potasio mediante la adición de almidón y luego granulando la mezcla. (Oddoye, 2012).

Nossa, Moreno, Pedraza, (1994), indican que la cáscara de cacao es una alternativa para suplementación de bovinos utilizando niveles entre el 15 y el 25 %.

Nossa (1994) indica que el aprovechamiento eficiente de las cáscaras de cacao promueve el reciclaje contribuyendo al control sanitario de cultivos.

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Mejía Palencia (2002) demuestra que las cáscaras de cacao pueden ser utilizadas para obtener abono orgánico que consiste en una mezcla de residuos de cosecha de las plantas cultivadas (hojas, tallos, frutos, desperdicios residenciales, etc.) que experimentan un proceso de descomposición por la acción de numerosos organismos que transforman la materia orgánica en nutrientes asimilables para las plantas, como producto se obtiene un fertilizante de alta calidad y económico de producir ya se aprovechan los desechos.

Mora (2011) indica que la cáscara del cacao es sumamente alimenticia y no contiene sustancias dañinas como la teobromina que se encuentra en las semillas y en la cascarilla de los granos de cacao, además sugiere que es necesario implementar tecnologías para aprovechamiento de los desechos agrícolas de la actividad cacaotera.

El estudio G36 *Theobroma cacao* L. Cacao "Cocoa", indica que los granos y cáscaras de cacao contienen un alcaloide llamado teobromina, que es venenoso para los animales, lo que limita su uso para fines de alimentación, aunque recalca que el contenido de teobromina en las mazorcas es muy bajo. Además las cáscaras de cacao son ricas en potasio razón por la cual los agricultores dejan en el campo para que fertilicen los cacaotales. (FAO, 2004).

## 3.2. Conclusiones del capítulo

Prácticamente el aprovechamiento que se da a las cáscaras o vainas de cacao es desde el punto de vista alimenticio y cosmético. La limitación para explotar industrialmente la BRAC, es el hecho de que no existe una metodología de recolección de las cáscaras en la cosecha y la cultura de los agricultores que ven a las cáscaras como basura.

El aporte del presente estudio es evaluar energéticamente las cáscaras de la vaina de cacao, ya que la diversidad genética de la planta ha sido modificada con el objeto de originar una variedad productiva enfocándose solo al grano de



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

cacao. Al evaluar energéticamente las cáscaras de la vaina de cacao se determina si esta cumple con las características de biomasa y si la cantidad de desechos en referencia a la cáscara de la vaina de cacao proveniente de la actividad cacaotera es suficiente como para promover eficiencia energética en el sector agrícola. De esta manera se puede involucrar a las familias que se dedican a esta actividad promoviendo un desarrollo sostenible. Así se puede disponer de un antecedente que pueda ser utilizada en diferentes entornos del conocimiento académicos, centros de investigación, público y privado, permitiendo a los decisores formular políticas que contribuyan al cambio de la matriz energética del Ecuador.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CAPITULO IV

### MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS CÁSCARAS DE CACAO

#### 4.1. Introducción

El Ecuador tiene dos tipos de cacao, que están distribuidos en casi todas las provincias. Según la Organización Internacional de Cacao el Ecuador posee el 75% de cacao de la variedad Nacional, 23% a la variedad CCN-51 y el 2% a otras variedades. (ICCO, 2012)

El estudio de la evaluación energética de los residuos de la actividad cacaotera fue realizada siguiendo la metodología que se describe:

#### Muestreo de la biomasa

Se realizó un muestreo aleatorio en un 5% de la superficie cultivada, la intensidad de muestreo que determina la superficie de la muestra debe ser por lo menos de 3% (Freese, 1967; Dauber, 1995). Los frutos cosechados fueron sometidos a un despulpado y la cáscara fue secada en una estufa a  $103 \pm 2$  ° C, durante 24 horas según la norma ASTM E871 posteriormente fue embolsada y etiquetada para el análisis.

Los métodos de evaluación de la biomasa en este estudio tienen el objeto de caracterizar las cáscaras de cacao Nacional y CCN-51; la información obtenida en equipos específicos siguen metodologías adecuadas dependiendo del parámetro a identificar. Se pretende evaluar el análisis inmediato, análisis elemental y poder calorífico, así como representar en términos energéticos la biomasa proveniente del sector cacaotero, para promover el uso eficiente de este recurso en la misma actividad cacaotera al utilizarlo como biocombustible para el secado de granos de cacao, al generar energía térmica desplazando de esta manera el uso de un porcentaje de combustible fósil utilizado en secadores a gas.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Este estudio evalúa energéticamente las cáscaras de cacao dejando un antecedente para considerarlo como fuente primaria de energía.

## **Localización de los recursos:**

El desarrollo del estudio considera la zona cacaotera en Zhucay, se localiza al sur oeste de Ecuador en la provincia y cantón Cañar, y en cuya superficie se cultiva la variedad de cacao CCN-51 y la variedad Nacional “fino de aroma”.

## **4.2. Propiedades de los residuos de biomasa**

La metodología y técnicas que existen de evaluación de biomasa pueden ser aplicadas a cualquier tipo de biomasa. Existen normativas para calcular las propiedades físicas y químicas más representativas, que permiten caracterizar la biomasa (Torre, 2011). El estado físico de la biomasa puede clasificarse según el tipo de recurso, el desecho de análisis tiene naturaleza sólida por lo tanto las variables de análisis la constituye: el tamaño y forma, distribución granulométrica, composición de partículas, análisis inmediato, análisis elemental y el poder calorífico.

### **4.2.1 Propiedades físicas**

Las características físicas de una biomasa influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar a la biomasa tratada y las propiedades químicas influyen en la elección adecuada de tecnología a utilizar.

El tamaño y la forma de las partículas debe estar presente a la hora de dar un tratamiento a una biomasa dado que dependiendo del tamaño será necesario de aplicar pasos previos de tratamiento mecánicos para conducir y utilizar efectivamente la tecnología, así como determinar la logística adecuada para el transporte (Manrique y col., 2008). La forma de la mazorca o cáscara de la vaina de cacao se determina por la relación entre la longitud, el ancho y la definición de los extremos, que puede tener un estrangulamiento en forma de botella un extremo y el otro por lo general es acuminado en general la forma



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

de las cáscaras de la variedad nacional como de CCN – 51 no difieren. Los frutos de cacao son divididos en la mitad para extraer la pulpa, tal manera que se puede considerar la longitud de éstas para estimar el tamaño de partícula de los desechos en estudio.

Se procedió a caracterizar en la biomasa en estudio parámetros físicos, químicos y energéticos:

## **4.2.1.1. Distribución Granulométrica**

Se procedió a realizar una simulación suponiendo que el material susceptible a valorar energéticamente es sometido a una trituración. Este estudio tiene importancia cuando se trabaja con biomasa triturada o molida.

## **4.2.1.2. Composición de partículas**

La composición de partículas se obtuvo al determinar el análisis inmediato y el análisis elemental.

## **4.2.1.3. Análisis inmediato**

Se empleó el análisis inmediato donde se caracterizó los siguientes parámetros:

- a. Humedad (% U);
- b. Volátiles (% V);
- c. Carbono fijo (% CF);
- d. Cenizas (% CZ).

La determinación de la humedad y materia seca se determinó en el Laboratorio Alimentos y Nutrición de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca según lo indica el Manual de Calidad (Standard Operating Procedure).



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

La materia volátil se determina mediante lo indica la Asociación Brasileña de Normas Técnicas. Carbón - Determinación de la materia volátil. NBR8290 (MB1892), 1983.

Para determinar el contenido de cenizas se utiliza el procedimiento de la norma ASTM E1755-01 (Método Estándar para la determinación de cenizas en la biomasa) esta determinación realizó en el Laboratorio de de Alimentos y Nutrición de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca. En las cenizas se realiza el análisis de contenido de K, Ca, Mg, utilizando el método de espectroscopia de absorción atómica, esta determinación se desarrolló en el Centro de Servicios y Análisis de Minerales metálicos y no metálicos (CESEMIN) de la Universidad de Cuenca.

La determinación de carbono fijo se obtiene por diferencia del total y los contenidos de humedad, cenizas, volátiles totales del material combustible.

Los valores de análisis inmediato se pueden presentar en base seca, es decir sin considerar la humedad (ecuación 1):

$$CF (\%) + V (\%) + CZ (\%) = 100 \% \quad (1)$$

O en base húmeda considerando la humedad (ecuación 2):

$$CF (\%) + U (\%) + V (\%) + CZ (\%) = 100 \% \quad (2)$$

#### 4.2.1.4. Análisis elemental

El análisis elemental se determinó en el Laboratorio de la Unidad de Servicios de Apoyo a la Investigación de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México siguiendo la metodología del laboratorio certificado y acreditado por las normas ISO 9001 y 17025, utilizando un Analizador Perkin Elmer PE2400. El análisis elemental indica el contenido en porcentaje de masa de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Azufre.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Los datos del análisis elemental se expresan de la siguiente manera fórmula (3)  
a continuación:

$$C (\%) + H (\%) + O (\%) + N (\%) + S (\%) = 100\% (\text{seco}). \quad (3)$$

Este análisis permite conocer el aire requerido para la combustión completa.

## 4.2.1.5. Poder calorífico

El poder calorífico se determinó en el Laboratorio de Físico-Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, el equipo que se utilizó es un Calorimeter system C200. El poder calorífico constituye la energía química del combustible. Es la cantidad de calor que desprende en la combustión mediante un proceso termoquímico de oxidación. Se distinguen dos tipos de poder calorífico, el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI).

“El poder calorífico superior (PCS) es la cantidad de calor que se desprende en la combustión completa de una unidad de masa o columna de gas cuando los productos de la combustión son enfriados hasta la condensación del vapor de agua que contienen; el poder calorífico inferior (PCI) es la cantidad de calor que desprende en la combustión completa una unidad de masa o de volumen de gas cuando los productos de la combustión son enfriados sin que llegue a producirse la condensación del vapor de agua” (Ollé y col., 2003).

El PCI es siempre menor que el PCS. El PCI disminuye con el aumento de contenido de humedad. El contenido de cenizas afecta el poder calorífico.

El poder calorífico superior (PCS) de un material combustible se determina al reaccionar el combustible con el oxígeno en un calorímetro y medir el calor liberado a una cantidad conocida de agua. El calor liberado durante este procedimiento representa la cantidad máxima de energía que se puede obtener mediante la transferencia de calor desde el combustible.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Para convertir el poder calorífico superior en valor calorífico inferior (PCI) se puede utilizar la ecuación propuesta por JENKINS (1990) citado por CORTEZ y col. (2008):

$$PCI^t = [PCS^s - \lambda(r + 0,09H^s)]. \frac{100 - W^t}{100}$$

(4), donde:

$$r = \frac{W^t}{100 - W^t}$$

(5)

y  $\lambda$  es el calor latente del agua = 2,31 MJ / kg a 25 ° C

En las ecuaciones anteriores el valor calorífico se da en (MJ / kg) y la entrada de datos de porcentaje de humedad e hidrógeno.

Para biomasa el poder calorífico de trabajo debe ser expresado en función del poder calorífico inferior.

## 4.2.2. Propiedades químicas

Las propiedades químicas de los combustibles permiten seleccionar la tecnología adecuada en función de las características del combustible, como el contenido de nitrógeno, azufre, oxígeno, cenizas, volátiles, metales, fibra.

### 4.2.2.1. Contenido de nitrógeno

Nitrógeno no aporta energía en la combustión, pero si su presencia es considerable y la temperatura del proceso elevada, se forma  $NO_x$  de origen térmico (Mielnicki y col., 2005) por lo que es necesario un tratamiento rígido en su aplicación (Romero, 2007), por otro lado, el contenido de nitrógeno indica que se pueden obtener subproductos de aplicación fertilizante.

### 4.2.2.2. Contenido de azufre

El contenido de azufre es importante determinar en la biomasa dado que su presencia puede dar lugar a las escorias perjudiciales y formar óxidos muy



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

contaminantes. (Fernández, 2003). Según Abrego (2010) la presencia de este compuesto en biomasa de cacao es muy baja en el orden del 0,4 % en peso.

## **4.2.2.2. Contenido de oxígeno**

La presencia de oxígeno en la biomasa reduce la cantidad de aire necesario (Abrego, 2010) para la combustión, pero reduce el poder calorífico del material combustible. (Castells, 2000; 2012).

## **4.2.2.3. Contenido de cenizas**

La ceniza es la materia sólida no combustible de un material, el poder calorífico se reduce con su incremento, además, se depositan en las tuberías de las calderas e intercambiadores dificultando la transmisión de calor, para eliminarlas es necesario tecnologías costosas. (Castells y col., 2005), el alto contenido de cenizas indican sub-productos potenciales como fertilizantes (Solla y col., 2004).

## **4.2.2.4. Contenido de volátiles**

El contenido de volátiles indica la cantidad de compuestos gaseosos lo cual favorece la combustión (Abrego, 2010), es un indicador de la longitud de la llama en el caso que se trate de incinerar la biomasa.

## **4.2.2.5. Contenido de metales**

La biomasa contiene bajos niveles de metales traza, el contenido en metales alcalinos y cloro, puede afectar notablemente los equipos. La composición de cenizas de biomasa está dominada por  $\text{SiO}_2$  y  $\text{CaO}$ , y en menor medida por óxidos de Mg, Al, K y P. (Melissari, 2012).

## **4.2.2.6. Contenido de fibra**

El contenido de fibra es importante cuando se enfoca desde el punto de vista alimenticio para efectos de este estudio no es considerado ya que se analiza las características como potencial energético.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 4.3. Cuantificación de la biomasa residual agrícola de cacao (BRAC) en Ecuador

Evaluar energéticamente residuos de biomasa supone un amplio y variado estudio relacionado a las propiedades y naturaleza de ésta; considerando para ello la producción del grano de cacao para obtener un factor global que permita reflejar la cantidad de desecho (Ver anexo 7), además, es importante cuantificar la cantidad aprovechable que existe en cada región (Ver anexo 8) ya que es necesario visualizar donde se encuentra la BRAC para identificar potenciales puntos de acopio (Ver anexo 9)

Existen dos vías para el aprovechamiento energético de desechos forestales que pueden ser aplicados a la biomasa en estudio: mediante su utilización en aplicaciones térmicas (estufas y calderas domésticas o industriales) o en aplicaciones eléctricas (centrales de biomasa y/o co-combustión) (García, 2006).

La combustión de biomasa libera la misma cantidad de  $\text{CO}_2$  que fue fijada durante el proceso de fotosíntesis, por lo tanto se considera un proceso neutro respecto al balance de  $\text{CO}_2$ . Si el proceso de combustión es incompleto se puede generar CO, si se usan procesos como combustión directa no hay problema con la formación de  $\text{NO}_x$  ya que las temperaturas de trabajo no son elevadas, cuestión que ocurre al utilizar procesos de pirólisis y gasificación. También se producen óxidos de azufre  $\text{SO}_x$  cuando se utilizan cortezas. Otro inconveniente de la combustión de biomasa es la presencia de partículas sólidas en suspensión en cantidades entre 12,5 y 15 kg por tonelada quemada, sin embargo se puede minimizarlas utilizando filtros ciclones y precipitadores electrostáticos. (González, 2009)

Para la estimación de la biomasa residual agrícola BRAC se puede utilizar metodologías basadas en la producción anual de cada tipo de cultivo como la superficie productiva ocupada. El presente trabajo se basa en la metodología



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

denominada LIGNOSTRUM, desarrollada por el Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos. (CIRSE, 2006)

La metodología LIGNOSTRUM consiste en realizar una estimación de la biomasa potencial y la biomasa disponible en masa (t/año) y en energía (tep/año), para la biomasa residual agrícola en este caso de estudio de cacao (cáscaras de cacao). Se presentan los datos de las estimaciones de biomasa potencial y disponible así como de costes estacionalidades y CO<sub>2</sub> evitable por su uso y finalmente se realiza un análisis de los resultados.

El estudio de evaluación de biomasa debe considerar aspectos relevantes que van a inferir de alguna manera en la cuantificación tales como:

- La evaluación de la biomasa potencial que la constituye la generada en una zona.
- La estimación de la biomasa disponible obtenida a partir de la biomasa potencial que se puede explotar en condiciones planteadas.

Para estimar la biomasa disponible se debe considerar la porción de biomasa que se utiliza con fines ajenos al energético como es el agrícola, ganadero e industrial, etc., ya que se debe realizar un cálculo real de la BRAC al descontar otros usos que se da actualmente a los desechos ello involucra un riesgo de incremento de costos por BRAC ya que el interesado opta por la venta a la mejor oferta, y este incremento se ve reflejado en el producto final, llegando incluso a superar la capacidad de pago.

#### **4.3.1. Biomasa residual agrícola de cacao (BRAC)**

Como biomasa residual agrícola de cacao (BRAC) se considera a las cáscaras de cacao para efectos de este estudio se codifican de la siguiente manera: la biomasa residual agrícola de la variedad Nacional (BRAC-N) y la biomasa



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

residual agrícola de la variedad CCN-51 (BRAC-51). La metodología a utilizar considera los siguientes aspectos:

## **4.3.1.1. Diseño del estudio: observacional - comparativo**

Selección de variables, en atención a la hipótesis propuesta

VARIABLES INDEPENDIENTES grano de cacao

VARIABLES DEPENDIENTES cáscaras de cacao

Para determinar la cantidad de biomasa residual agrícola de cacao se debe considerar la biomasa potencial y la biomasa agrícola disponible para el cálculo se debe tener presente los siguientes pasos:

### **Biomasa potencial.**

- Búsqueda de información de producción de granos de cacao y rendimientos agrícolas en la base de datos INEC.
- Búsqueda de ratios de generación de residuo por unidad de grano cosechado (ratio residuo producto RRP) y selección de valores.
- Generación de hojas de cálculo de valores de biomasa por región en Ecuador.

### **Estimación de la biomasa agrícola de cacao disponible**

- Obtención de información sobre porcentajes de disponibilidad de desechos agrícolas de cacao mediante contacto con agricultores de la zona.
- **Estimación de la energía térmica de la cáscara de cacao**
- Obtención de la energía disponible a partir del poder calorífico.

### **Cálculo de la biomasa residual agrícola de cáscaras de cacao potencial**

El organismo global en la temática estadística en Ecuador es el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). La selección de la metodología se



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

considera en función de los datos disponibles a nivel nacional. La información recopilada corresponde al III Censo Nacional Agropecuario 2002, el censo más actualizado y la Encuesta de Superficie de Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2010). La información disponible constituye la superficie ocupada en hectáreas (has) y los datos de rendimiento.

Se realiza la aproximación en base a la producción de toneladas de grano de cacao anual, por lo tanto la metodología seleccionada es la calculada en función de la cantidad de residuos generados por toneladas de granos de cacao anual. La distribución de BRAC está concentrada en la provincia del Guayas, Manabí, Esmeraldad y el Nororiente. (Ver anexo 10)

La cuantificación del desecho generado se realiza utilizando los ratios que relacionan la producción de grano con la generación de biomasa, denominados Ratio Residuo Producto (RRP) ya que es el método más utilizado para la estimación de biomasa residual, los datos correspondientes a cáscara de cacao por tipo se detallan en la tabla 7. El proceso inicia considerando la superficie y el rendimiento por cultivo y se halla la producción con respecto al año 2010, considerando la siguiente ecuación:

$$\text{Biomasa Potencial} = [\text{Promedio (Superficie} \times \text{Rendimiento)}] \text{RRP} \quad (6)$$

El poder calorífico de se ve afectado por la presencia de oxígeno y cenizas.

La diferencia entre los poderes caloríficos de las variedades Nacional y CCN-51 se atribuye a que el contenido de oxígeno, hidrógeno y cenizas se encuentran en un porcentaje superior en la variedad CCN-51 que en la variedad Nacional.

## **Cálculo de la biomasa residual agrícola de cacao disponible.**

La biomasa residual agrícola de cacao disponible la constituye la biomasa que existe y la que puede ser aprovechada. Se excluye la biomasa que actualmente está siendo utilizada.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Se debe tener presente el tipo de tecnología para el aprovechamiento térmico de la BRAC. Por lo general los equipos a utilizar son calderas u hornos. El potencial de la biomasa que se obtuvo al considerar el rendimiento de las calderas, las mismas que tienen un rendimiento mínimo instantáneo exigido de 75% (RITE, 2007), pero por lo general el rendimiento real de una caldera oscila entre 0,6 – 0,8.

El rendimiento energético de un horno oscila entre el 20% y el 50%. Los valores bajos de rendimiento se deben a que a diferencia de una caldera el principal objetivo de un horno no es el aprovechamiento energético sino el proporcionar el tratamiento térmico necesario. (Bermúdez, 2000)

La energía que aporta la BRAC va a ser aprovechada en calderas para producir energía eléctrica por lo tanto para el cálculo de la estimación real de la energía térmica se debe considerar la eficiencia del ciclo Rankine para generar energía, que es de 65%.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## CAPITULO V

### RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS CÁSCARAS DE CACAO DE LAS VARIEDADES NACIONAL Y CCN - 51

#### 5.1. Tamaño y forma

El tamaño de las cáscaras fue de 15 – 20 cm en la variedad nacional y en la variedad de CCN-51 fue de 18 – 24 cm. La forma de las cáscaras de cacao presentó surcos, en la variedad nacional marcaron entre 6 – 8 y en la variedad de CCN-51 entre 8 – 10.

#### Distribución Granulométrica

Las cáscara de cacao son divididas para extraer el grano por lo tanto el tamaño de la BRAC oscila entre 7-10 cm. en la variedad Nacional y de 9-12 cm. para la variedad CCN-51.

Además se realizó una trituración de la cáscara de cacao utilizando un molino para grano tradicional Corona y se analizó el tamaño de partícula tal como se observa en la tabla 4.

**Tabla 4.** Tamaño de partícula de cáscaras de cacao por tipo trituradas

TAMIZ ASTM	N° TAMIZ	% CCN-51	% NACIONAL
2,36	8	1	0
0,85	20	50	49
0,425	40	35	30
0,3	50	4	7
< 0,3	<b>FONDO</b>	10	14

**Fuente y elaboración.** La autora sobre la base de resultados obtenidos en el laboratorio.

El proceso de aprovechamiento térmico que se propone es como combustible para los procesos de combustión, gasificación o pirólisis depende del producto que se desee obtener.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

La biomasa en estudio se la puede utilizar como combustible al aplicarla en tecnologías similares a las utilizadas por el bagazo de caña. En virtud de que no existe tecnología específica para el aprovechamiento eficiente de los desechos de la actividad cacaotera. El bagazo de caña es un material compuesto por largas fibras de aproximadamente 20 cm de longitud y un 50% de humedad, pudiéndose simular esta condición para utilizar la tecnología aplicada, sin embargo es necesario realizar un análisis experimental del comportamiento de la BRAC en este tipo de tecnologías. Se pueden utilizar las siguientes opciones tanto en calderas como en hornos: (Toscano y col., 2009)

- Calderas en lecho fijo
- Horno de parrilla
- Tipo de parrilla puede ser móvil inclinada o móvil horizontal

Por lo tanto si se reduce el tamaño de partícula podemos utilizar otras calderas como las utilizadas para la cascarilla de arroz como son Caldera en lecho fluidizado y Horno con lecho fluidizado burbujeante (Toscano, 2009)

Para reducir la humedad de las cáscaras de cacao se propone un secado solar con la finalidad de realizar eficiencia de los recursos disponibles, se indica el diagrama del proceso. (Ver anexo 16)

## 5.2. Análisis inmediato

Los resultados del análisis de humedad de las cáscaras de cacao que se obtuvieron se indican en la tabla 5.

El análisis inmediato indica la cantidad de carbono fijo, ceniza, volátil y humedad, estos datos son de importancia a la hora de elegir la tecnología y el tiempo de residencia en las diferentes tecnologías a aplicar la BRAC, para que el proceso sea más eficiente. Los valores de análisis inmediato de contenido de cenizas en la BRAC son relativamente bajos en comparación con otras biomásas que actualmente se utilizan (Ver Figura 15) lo cual beneficia su uso como combustible.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 5.** Humedad de las cáscaras de cacao frescas por tipo

<b>BRAC</b>	<b>Humedad (%)</b>
BRAC-N	82,17
BRAC-51	84,10

**Fuente y elaboración:** La autora sobre la base de información del análisis de laboratorio VLIR, 2012.

En la tabla 6 se indican los resultados obtenidos del análisis inmediato en base seca. (Ver anexo 14)

**Tabla 6.** Análisis inmediato en base seca

	<b>COMPOSICION INMEDIATA EN BASE SECA (%)</b>		
<b>BRAC</b>	<b>Cenizas CZ</b>	<b>Volátiles V</b>	<b>Carbono Fijo CF</b>
<b>BRAC-N</b>	2,45	76,41	21,14
<b>BRAC-51</b>	1,55	69,73	28,72

**Fuente y elaboración:** La autora sobre la base de información del análisis de laboratorio VLIR, 2012.

## 5.4. Análisis elemental

En la tabla 7 se indican los resultados que se obtuvieron en el análisis elemental de las cáscaras de cacao. (Ver anexo 11)

El análisis elemental permite conocer la cantidad de aire u oxígeno que es necesario introducir para la combustión del combustible. Este análisis indica que no difieren en las variedades de cacao, sin embargo se aprecia que el



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

contenido de azufre es casi nulo por ende es una ventaja respecto a otras biomásas utilizadas. (Ver Figura 16)

**Tabla 7.** Composición elemental de cáscaras de cacao por tipo

VARIEDAD DE CÁSCARA	COMPOSICION DE BIOMASA ( % BASE SECA)				
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre
	C	H	O	N	S
BRAC-N	42,37	5,29	48,64	1,25	0
BRAC-51	41,63	5,45	50,48	0,9	0

**Fuente y elaboración:** La autora sobre la base de información del análisis de laboratorio USAI, 2012.

## 5.6. Poder calorífico

En la tabla 8 se indica el poder calorífico de las cáscaras de cacao donde se representan los valores del poder calorífico superior que se obtuvieron en el laboratorio (Ver anexo 12) y se lo representa como poder calorífico inferior a partir del poder calorífico superior y a partir del análisis elemental.

**Tabla 8.** Poder calorífico de cáscaras de cacao por tipo

Tipo de biomasa	PCS (MJ/kg)	PCI*(MJ/kg)	PCI** (MJ/kg)
Cáscara de cacao Nacional	15,29	12,90	12,41
Cáscara de cacao CCN – 51	14,00	11,70	12,25

**Fuente y elaboración:** La autora sobre la base de información en el laboratorio de Físico-química, 2012.

\*Calculado a partir del valor del poder calorífico superior.

\*\* Calculado a partir del análisis elemental



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El contenido de humedad de las muestras analizadas fue de 7,70% en la variedad CCN-51 y de 7,84% en la variedad Nacional.

El poder calorífico del combustible permite tener una idea aproximada del poder energético de varios combustibles sólidos, la BRAC analizada posee valores bajos de poder calorífico comparado con otras biomásas (Ver Figura 17) sin embargo actualmente constituye una pérdida no aprovechar este recurso.

## 5.7. Análisis de K, Ca, Mg.

Las cenizas de las cáscaras de cacao de las variedades en estudio fueron analizadas en el CESEMIN (Ver anexo 13), donde se obtuvo los resultados que se indican en la tabla 9.

**Tabla 9.** Contenido de K, Ca, Mg, en cáscaras de cacao por tipo

ELEMENTO	BRAC-N %	BRAC-51 %
K	4,98	5,16
Ca	0,33	0,40
Mg	0,27	0,30

**Fuente y elaboración:** La autora sobre la base de información en el laboratorio CESEMIN, 2012.

El contenido de potasio en las cenizas de la BRAC es elevado respecto a otras biomasa por lo que se valida la información del estado del arte, por lo tanto se lo puede considerar como fuente de potasio. Es deseable que las cenizas sean lo más bajas posible ya que absorben calor, ensucian los filtros, erosionan los conductos y pueden llegar a producir sinterizaciones. (IDAE, 2007).



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

### 5.8. Cuantificación de la biomasa residual agrícola de cacao (BRAC)

La cantidad de biomasa que se obtuvo de cáscaras de cacao la constituyó tanto la variedad nacional como la variedad CCN-51. Según ANECACAO 75% de la producción de cacao corresponde a la variedad nacional, el 23 % a la variedad CCN-51 y el 2 % a otras variedades.

Según la ecuación (1) se realizó el cálculo de la biomasa potencial utilizando promedios tanto de rendimientos como de RRP.

Los valores de la biomasa obtenida se detallan en función de los rendimientos por tipo de cacao como se indica en la tabla 10. Se observó que difiere la producción de BRAC entre las variedades en estudio y se desarrolla un cálculo más exacto por tipo.

Los ratios RRP es la relación de la biomasa producida con el grano, para el caso de la biomasa en estudio.

**Tabla 10.** Ratio Residuo Producto (RRP) (% U).

Tipo de Biomasa	RRP (% U)
Cáscara de cacao Nacional	2,23 (7,84)
Cáscara de cacao CCN-51	2 (7,70)

**Fuente y elaboración.** La autora sobre la base de resultados obtenidos en el laboratorio Vllir, 2012.

La evaluación de la disponibilidad de la biomasa residual en estudio se la obtuvo mediante contacto con la Asociación de cacaoteros del Recinto Zhucay e información directa con los agricultores asociados. Se determinó que la cáscara de cacao en Ecuador no es utilizada ni sometida a ningún tratamiento



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

y que es simplemente abandonado a la intemperie, constituyendo focos de infección y contaminación del suelo y de las plantas.

Por lo tanto se atribuye que se dispone de toda la BRAC tal como se indica en la tabla 11. Sin embargo, al momento de llevar este proyecto a escala industrial debemos considerar trabajar con el máximo error admisible en referencia a la recolección de los desechos y otras pérdidas del proceso que corresponde al 50%. (Spiegel y colaboradores, 2003)

**Tabla 11.** Valores de disponibilidad de BRAC

Tipo de biomasa	Disponibilidad ( % )
Cáscaras de cacao Nacional	100
Cáscaras de cacao CCN – 51	100

**Fuente y elaboración:** La autora sobre la base de la revisión de la utilización de las cáscaras de cacao en Ecuador, 2012.

En teoría el potencial energético de la BRAC es de 1861721550 MJ/año, tal como se indica en la tabla 12.

**Tabla 12.** Biomasa residual agrícola de cacao BRAC total nacional anual. (Ver tabla 12.)

BRAC Total (t.)	BRAC Mínimo de trabajo (t)	BRAC Mínimo de trabajo (MJ)	BRAC Mínimo de trabajo (tep.)	*BRAC Mínimo de trabajo (MJ)	BRAC Mínimo de trabajo (MW)	**Emisiones de CO2 (t)
288639	144320	1861721550	46543	215477	38,90	189723

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC, 2010.

BRAC mínimo de trabajo, considerando el máximo valor admisible.

\*Cálculo realizado en función del PCI del petróleo 40MJ/kg.

\*\*Cálculo aproximado en función del factor de emisión de todas las fuentes de energía no renovable.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

La BRAC calculada se obtuvo considerando la disponibilidad de biomasa y el máximo error admisible en la recogida de las cáscaras, representándose en términos energéticos y emisiones a la atmósfera.

## **5.8.1. Rendimiento real en equipos térmicos para aprovechamiento de biomasa residual**

La energía de la BRAC se la puede obtener utilizando calderas u hornos en función del rendimiento de estas tecnologías en términos de MWh.

La energía que representa la BRAC es anual, el tiempo que se debe considerar para el aprovechamiento térmico de la BRAC se presenta desde enero a agosto con baja producción mientras que la producción desde septiembre a diciembre puede ser cinco veces superior.

La energía que aporta la BRAC va a ser aprovechada en calderas para producir energía eléctrica por lo tanto se debe considerar la eficiencia del ciclo Rankine para generar energía que es de 65%, tal como se indica en la tabla 13.

La energía disponible en la biomasa que puede ser transformada en energía eléctrica es aproximadamente 140060 MJ durante doce meses seguidos. Una planta termoeléctrica para transformar esta energía contenida en la biomasa en energía eléctrica tendría en teoría la capacidad aproximada de 40MW.

Considerando los cálculos obtenidos se requiere una planta de 40 MW, pero dada la complejidad de dispersión de la biomasa se puede considerar colocar 3 plantas térmicas de biomasa con capacidad cada una de 15MW, cada planta produce 105120 MWh. Localizadas en diferentes puntos de acuerdo a la disponibilidad de energía.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 13.** Biomasa residual agrícola de cacao BRAC rendimiento energético real anual.

REGIÓN Y PROVINCIA	BRAC (kg)	BRAC (MJ/año)	BRAC DE TRABAJO (MJ/año)	BRAC DE TRABAJO (MJ)	BRAC EFICIENCIA CICLO RANKINE n=65 (MJ)	BRAC DE TRABAJO (MW)
<b>TOTAL NACIONAL</b>	288639000	3723443100	1861721550	215477	140060	39
<b>REGIÓN SIERRA</b>	31575000	407317500	203658750	23572	15322	4
<b>REGIÓN COSTA</b>	243922000	3146593800	1573296900	182095	118361	33
<b>REGIÓN ORIENTAL</b>	13138000	169480200	84740100	9808	6375	2

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC, 2010.

BRAC de trabajo considerando el máximo valor de error admisible en la recogida de la cáscara.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 5.9. ESTIMACIONES ECONÓMICAS

Un estudio de Pelaez-Samaniego (2008) muestra que el costo equipos de una planta térmica para operar es de 1500 \$/kW (precios FOB). En el mismo estudio se estima además que el costo de la inversión en equipos multiplicado por \$1.275 da el valor total de la inversión de la planta para ponerla operativa (Este valor incluye obra civil, terrenos, equipos y costos de importación). Por lo tanto, el costo de cada planta térmica de 15MW se observan en la tabla 14. La venta de energía proveniente de la biomasa es de \$90 (MWh), según la Regulación N°CONELEC.004/11. El costo de la materia prima BRAC se obtiene considerando un costo aproximado de \$35 por tonelada. De esta manera, la recuperación del capital, en teoría, se traduce a 5 años.

Tabla 14. Estimaciones económicas de una planta térmica de biomasa de 15 MW de potencia instalada.

POTENCIA DE LA PLANTA	15 MW
Costo de equipos (US\$)	22500000
Inversión total (US\$)	28687500
Ingreso por venta de energía (US\$/año)	9713166
Costo de la materia prima ((US\$/año)	3367455
Ingresos netos ((US\$/año)	5845711
Gastos administrativos (US\$/año)	500000
Años de amortización	5
Toneladas de CO2 evitadas BRAC	189723
Costo promedio de CERS (US\$)	10
Ingreso por venta de CERS (US\$)	1897230

**Elaboración:** La autora a partir de los datos de Pelaez-Samaniego (2008)

Los cálculos de la tasa interna de retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) se indican en la tabla 15, donde se puede verificar que el proyecto es

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

financieramente rentable ya que el TIR es superior a la tasa de oportunidad y al VAN es mayor a cero. Además si se supone que se introduce el proyecto como Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL los datos son más favorables. Para el cálculo se consideró un valor promedio por venta de bonos de carbono de \$10 /t CO<sub>2</sub> evitada. El precio regular de los bonos es de \$13,05/t CO<sub>2</sub> (Correa, 2011) pero por la crisis que actualmente ocurre en el sistema europeo ha provocado la caída del precio de los bonos de carbono teniendo un precio actual de \$5/t CO<sub>2</sub>. Considerando los ingresos del CERS mejoran los indicadores de la propuesta, es necesario indicar que este estudio es a nivel de pre factibilidad, sujeto a revisión.

La valoración económica del estudio debe considerarse para definir nuevas políticas que promuevan la eficiencia energética en el sector agrícola.

Para realizar el estudio económico se debe asociar los costes de obtención de la biomasa disponible caracterizada, ello se puede realizar considerando los estimados globales en una zona de estudio dependiendo de las zonas donde se encuentran las materias primas, en nuestro caso la biomasa disponible sería el total ya que actualmente no se le da ningún uso a las cáscaras.

Para incentivar la recolección de las cáscaras de cacao se puede estimar un costo por tonelada a cancelar a los pequeños agricultores que constituyen el primer centro de recolección, directa o indirectamente ya que representa para ellos un foco de infección lo cual haría posible que concentrar la biomasa gratuitamente, es conveniente que la biomasa residual se encuentre seca para optimizar los procesos en la plantas de acopio.

El beneficio social al promover eficiencia en el sector agrícola cacaotero genera una alternativa de ingresos económicos para las áreas carenciadas ya que para la recolección de la mazorca por lo general se contrata a personal masculino, mientras que para la recolección de los desechos, la mano de obra puede ser la población femenina generando plazas de trabajo a mujeres. No se dispone de información de costo por tonelada de biomasa correspondiente a

Johanna Patricia Sánchez Quezada



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

cáscaras de cacao, pero se puede determinar un valor en función de los costos por tonelada de otras biomásas que actualmente se utilizan, tal es el caso del bagazo de caña cuyo costo es de \$35/ tonelada.

**Tabla 15.** Cálculo de TIR y VAN

<b>AÑO</b>	<b>0</b>
FLUJOS	-28687500
CON CERS	-28687500

<b>AÑO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
FLUJOS	5845711	5933397	6022397	6112733	6204424
CON CERS	7742941	7830627	7919627	8009963	8101654

<b>AÑO</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
FLUJOS	6297491	6391953	6487832	6585150	6683927
CON CERS	8194721	8289183	8385062	8482380	8581157

<b>AÑO</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
FLUJOS	6784186	6885949	6989238	7094077	7200488
CON CERS	8681416	8783179	8886468	8991307	9097718

<b>AÑO</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
FLUJOS	7308495	7418123	7529394	7642335	7756970
CON CERS	9205725	9315353	9426624	9539565	9654200

<b>SIN CERS</b>	
<b>TOP</b>	14%
<b>TIR</b>	21%
<b>VAN</b>	19427791,5

<b>CON CERS</b>	
<b>TOP</b>	14%
<b>TIR</b>	28%
<b>VAN</b>	26060775,5

Elaboración: La autora.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Es necesario identificar en las Regiones la cantidad de BRAC disponible tal como se observa en la tabla 16. De la misma manera se deben identificar la ubicación tentativa de las plantas en función de la materia prima disponible ver tabla 17. La distribución de las plantas de biomasa se identificó en función de la biomasa disponible Ver Anexo 18.

**Tabla 26.** Distribución de cáscaras de cacao por tipo y regiones.

REGIÓN Y PROVINCIA	SUPERFICIE (has.)		PRODUCCIÓN DE GRANO DE CACAO (t.)	BRAC (t.)	BRAC (tep.)	BRAC-N (t.)	BRAC-N (tep.)	BRAC-51 (t.)	BRAC-51 (tep.)
	Plantada	Cosechada							
<b>TOTAL NACIONAL</b>	470054	360025	132100	288639	85376	227873	68362	60766	17014
<b>REGIÓN SIERRA</b>	64609	49937	14451	31575	9340	24928	7478	6647	1861
<b>REGIÓN COSTA</b>	372860	287804	111635	243922	72150	192570	57771	51352	14379
<b>REGIÓN ORIENTAL</b>	32,585	22284	6013	13138	3886	10372	3112	2766	774

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC, 2010.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 17.** Distribución de cáscaras de cacao por tipo y provincias

<b>REGIÓN SIERRA</b>	<b>Grano de cacao (t.)</b>	<b>BRAC (t.)</b>	<b>BRAC (tep.)</b>	<b>BRAC-N (t.)</b>	<b>BRAC-N (tep.)</b>	<b>BRAC-51 (t.)</b>	<b>BRAC-51 (tep.)</b>
<b>AZUAY</b>	513	1121	332	885	265	236	66
<b>BOLÍVAR</b>	1630	3562	1053	2812	844	750	210
<b>CAÑAR</b>	3100	6774	2004	5348	1604	1426	399
<b>COTOPAXI</b>	4135	9035	2672	7133	2140	1902	533
<b>CHIMBORAZO</b>	48	105	31	83	25	22	6
<b>LOJA</b>	13	28	8	22	7	6	2
<b>PICHINCHA</b>	1364	2980	882	2353	706	627	176
<b>SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS</b>	3635	7942	2349	6270	1881	1672	468
<b>REGION COSTA</b>	<b>Grano de cacao (t.)</b>	<b>BRAC (t.)</b>	<b>BRAC (tep.)</b>	<b>BRAC-N (t.)</b>	<b>BRAC-N (tep.)</b>	<b>BRAC-51 (t.)</b>	<b>BRAC-51 (tep.)</b>
<b>EL ORO</b>	4116	8993	2660	7100	2130	1893	530
<b>ESMERALDAS</b>	13179	28796	8518	22734	6820	6062	1697
<b>GUAYAS</b>	46088	100702	29787	79502	23851	21200	5936
<b>LOS RIOS</b>	32829	71731	21217	56630	16989	15101	4228
<b>MANABÍ</b>	15413	33677	9961	26587	7976	7090	1985
<b>SANTA ELENA</b>	11	24	7	19	6	5	1



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

REGIÓN ORIENTAL	Grano de cacao (t.)	BRAC (t.)	BRAC (tep.)	BRAC-N (t.)	BRAC-N (tep.)	BRAC-51 (t.)	BRAC-51 (tep.)
NORORIENTE	5288	11554	3418	9122	2737	2432	681
CENTRO-SURORIENTE	725	1584	469	1251	375	334	93

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC, 2010. Datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del INEC.

Además es necesario indicar la cantidad de desecho generado sin aprovechamiento energético para el periodo 2002-2010, donde se indica que el cultivo de este producto ha incrementado (Ver Figura 13)

## EVOLUCIÓN DE LA BRAC 2002-2010



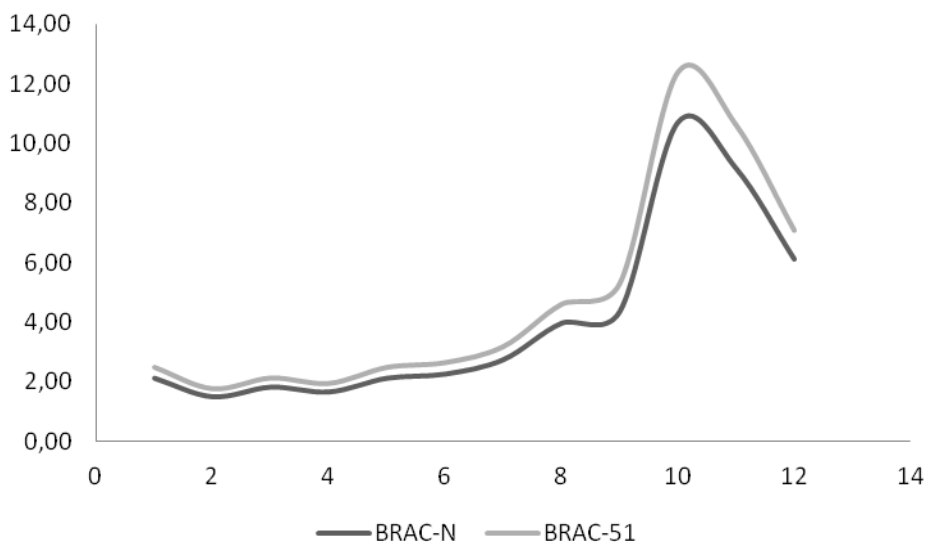
**Figura 13.** BRAC generada en el período (2002-2010)

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC periodo 2002-2010.

### 5.10. Estacionalidad en la generación de la biomasa.

La estacionalidad del cultivo de cacao es de gran relevancia ya que permite estimar el recurso disponible por mes para realizar la previsión sobre los recursos para poder cubrir la demanda y las necesidades de almacenamiento. La información recolectada es proporcionada por los agricultores y asociaciones cacaoteras de la zona en estudio. Se identifican los meses en los cuales se genera las fuentes de energía primaria (Ver Figura 14).

#### ESTACIONALIDAD DE BRAC POR TIPO



**Figura14.** Estacionalidad de cáscaras de cacao por tipo. (Quintal/ha)

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de MAGAP/III CNA/ SINAGRO; INEC/ESPAC

## CAPITULO VI

### DISCUSIÓN

Actualmente a nivel mundial, el uso práctico de la cáscara de cacao es para alimentación de animales, humanos, uso para industria cosmética y como fertilizante para suelos.

La cáscara de cacao se puede utilizar fresca o ensilada, seca o molida como material de relleno para la elaboración de bloques nutricionales en la alimentación de animales según la guía para la utilización de recursos forrajeros tropicales en la alimentación de bovinos (2009) y Brenes (1990). El porcentaje óptimo como reemplazo en la alimentación del pez gato africano con cáscara de cacao es del 10% (Hamzat y colaboradores), mientras que puede reemplazar el 50% de la alimentación de los rumiantes sin afectar su aparato digestivo (Babayemi y colaboradores), se han reportado incrementos de hasta en un 4 % la producción de leche en el ganado vacuno respecto a maíz molido y harina de yuca (De Alba y col., 1954), también se puede utilizar la cáscara sometida a hervor y reemplazar hasta el 5% de la ración alimenticia de las aves ponedoras (Olubamiwa y colaboradores), la cáscara de cacao puede constituir el 20 % de una ración alimenticia para aves de corral, entre 30 y 50 % para cerdos, y 50 % para ovejas, cabras y ganado lechero (Wood y Lass, 1985), en conejos la cáscara de cacao fermentada (Bermúdez y col., 2002) mejora el rendimiento en peso de los conejos (Adejinmi y colaboradores, 2008), en bovinos se utiliza entre el 15% a 25% (Nossa, Moreno, Pedraza, 1994). El contenido de *teobromina*, en las cáscaras de cacao limitan la utilización como alimento en animales resaltan la importancia de utilizar como máximo los porcentajes indicados, caso contrario los efectos producidos son mortales ya que la presencia de teobromina animales causa intoxicación, además se puede utilizar las cáscaras de cacao fermentadas con *Pleurotus ostreatus* en dietas alimenticias de animales.

El aprovechamiento de la cáscara de cacao en la industria alimentaria para consumo humano, es posible con la extracción de la pectina que contiene (Calderón Matos, 2011; Barazarte y col., 2008), con aplicación en la producción de mermeladas.

El uso cosmético de la cáscara de cacao es debido al contenido de Ca, N, K, Na, P, Fe y Mg, (Wood y Lass, 1985), citado por (Kalvatchev y col., 1998) por esta razón, pueden utilizarse en la industria local de jabones.

Además, la cáscara de cacao es un fertilizante orgánico de plantas (Awolumate, 1983; Mejía Palencia, 2002) o semilleros (Padrón y col., 2004; Ofori – Frimpong y col) y materia prima para biodigestores. Con estos antecedentes a nivel mundial se aprecia que en Ecuador no se utiliza la cáscara de cacao para ningún fin en la actualidad, éstas son abandonadas a la intemperie involucrando tiempos prolongados de descomposición lo cuál puede constituir focos de propagación de plagas y enfermedades que afectan la productividad del cacao.

Por ello la evaluación para aprovechamiento energético de la cáscara de cacao (de las variedades CCN-51 y la variedad nacional), constituye un valioso aporte a la investigación en el país. Las características que la identifican como biocombustible sólido se detallan a continuación:

La forma y tamaño de las cáscaras de cacao suponen un tratamiento previo para ser utilizado como combustible, lo opuesto involucra grandes volúmenes que pueden afectar el costo del transporte.

El análisis inmediato se detalla en la tabla 15 y describe las siguientes componentes:

El contenido de humedad después del despulpado del fruto obtenido en la variedad nacional es de 82,17 % y para CCN-51 es de 84,10%, lo cual indica que se trata de una biomasa húmeda que necesita eliminar humedad la misma que puede oscilar entre el 50% de contenido de humedad para ser utilizado como

combustible sólido en calderas, tal como es el caso del bagazo de caña. Para ello se puede utilizar la energía solar.

El contenido de volátiles en la cáscara de cacao de la variedad Nacional es de 76,41 %, y en la variedad CCN-51 es de 69,73 %, difieren en un mínimo entre las variedades pero comparado con el bagazo de caña este constituye una media su valor es de 73,78%, lo cuál significa que favorece la combustión.

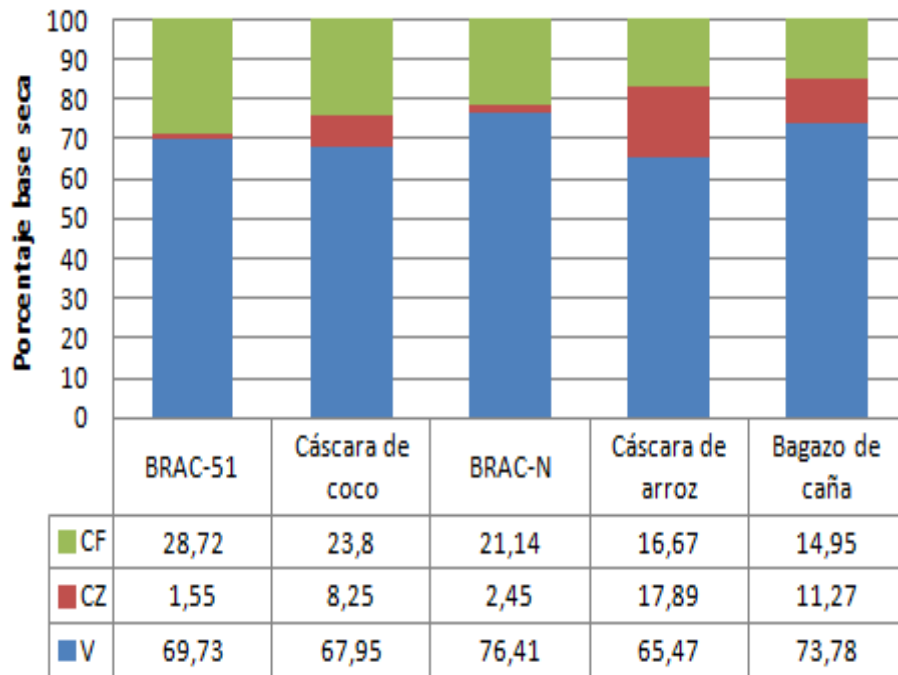
El contenido de cenizas presentes en la cáscara de cacao de la variedad Nacional es de 2,45 % y en la variedad CCN-51 es de 1,55 %, estos valores son bajos en referencia al reportado por el bagazo que es de 11,27 lo cual significa que el uso de la BRAC como combustible disminuye los depósitos en tuberías de las calderas e intercambiadores que si se utilizara el bagazo, facilitando el proceso de transmisión de calor.

El contenido de carbono fijo presente en la cáscara de cacao de la variedad Nacional es de 21,14 % y en la variedad CCN-51 es de 28,72 %, la BRAC tiene mayor porcentaje y en relación con el bagazo de caña este es de 14,95, lo cual significa que produce menores emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada.

Los minerales presentes en las cáscaras de cacao de la variedad nacional son el K (4,98 %); Ca (0,33 %); Mg (0,27 %) y en la variedad CCN-51 son el K (5,16 %); Ca (0,40 %); Mg (0,30 %), lo cual indica que después de haber aprovechado el potencial energético de la BRAC, sus residuos pueden ser utilizados como fertilizantes. El proceso de manejo de los desechos de cáscaras de cacao se observan en el anexo 15.

Al comparar la composición inmediata de varias biomásas que son utilizadas con fines energéticos se aprecia que los valores no difieren con respecto a las cáscaras de cacao de la variedad nacional y CCN-51, lo cual implica que el uso de este desecho es viable (Ver Figura 15).

**COMPOSICIÓN INMEDIATA DE VARIAS BIOMASAS**



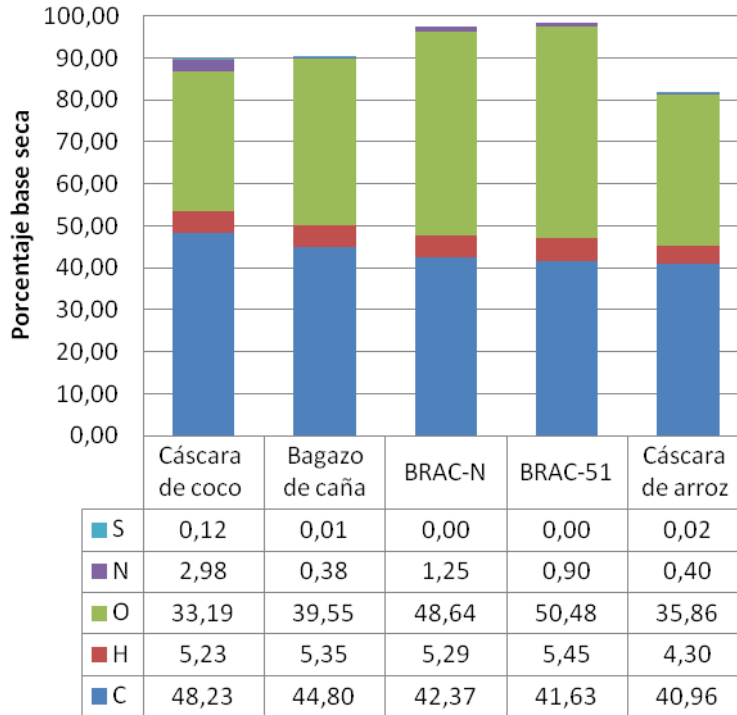
**Figura 15.** Composición inmediata de varias biomosas

**Fuente y elaboración:** La autora sobre la base de Jenkins (1990) citado por Mesa Pérez (2004), 2012.

Por otro lado, al comparar la composición elemental de varias biomosas (Ver Figura 16) se tiene que la biomasa en estudio posee valores aproximados al de otras biomasa que se utilizan con fines energéticos como es el bagazo de caña, cáscara de coco y arroz, lo relevante de la BRAC respecto a este análisis es que no posee trazas de S lo cual contribuye a la reducción de emisiones respecto a que si se utilizara el bagazo.

COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE VARIAS BIOMASAS

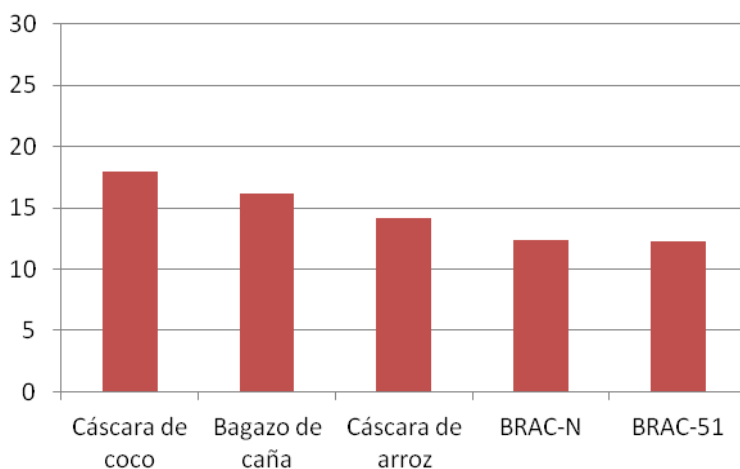
Composición elemental



**Figura 16.** Porcentaje de Composición elemental de varias biomosas  
**Fuente y elaboración:** La autora sobre la base de Jenkins (1990) citado por Mesa Pérez (2004), 2012.

El Poder calorífico de las cáscaras de cacao con respecto a otras biomosas (Ver Figura 17) se aprecia que es inferior lo cual implica que se necesita un mayor volumen para obtener la misma cantidad de energía, en comparación con el poder calorífico del bagazo de caña se observa que la BRAC genera un 30% menos, pero aún así es una alternativa potencial si se tiene una cultura de eficiencia energética en el sector agrícola, así se puede lograr un aporte a la generación térmica de energía utilizando los desechos como energía primaria, a la vez que contribuye al cuidado del ambiente generando un ingreso adicional al agricultor convirtiéndolo en un proyecto sostenible.

### PODER CALORÍFICO INFERIOR DE VARIAS BIOMASAS (MJ/kg)



**Figura 17.** Poder calorífico inferior de varias biomاسas (MJ/kg)

**Fuente y elaboración:** La autora sobre la base de Jenkins (1990) citado por Mesa Pérez (2004), 2012.

A partir del poder calorífico obtenido de las cáscaras de cacao se puede calcular el valor energético que representa es así que se hace una evaluación comparativa respecto a otras biomاسas que se explotan en la actualidad, los valores de poder calorífico de la BRAC es bajo en relación a otras biomاسas, pero al por ser considerado como desecho es un beneficio su explotación.

Al realizar un análisis comparativo de la energía con referencia a la biomasa que actualmente se utiliza en Ecuador, es decir, el bagazo cuya biomasa disponible representa 713113 t bagazo que representan 213934 tep, que permitirían generar 1240000 MWh y únicamente se generan 209000 MWh, específicamente en los ingenios.

Respecto a la BRAC en función del poder calorífico medio de las variedades se puede calcular el valor energético que representa, considerando un error máximo admisible en la recolección del desecho se tiene que se puede aprovechar 144320 t de desecho correspondiente equivalente a 46543 tep / año el potencial

energético que puede representar la BRAC es de 215477 MJ, que pueden ser representativos considerando que se pueda utilizar en los procesamiento del cacao en grano y el exceso puede ser conectado al sistema nacional interconectado, tal como se realiza en la producción de energía obtenida a partir del bagazo de caña.

Estos antecedentes indican que realizar eficiencia energética en el sector agrícola puede constituir una componente importante en el cambio de la matriz energética.

La demanda total de energía en Ecuador es de 21839 GWh (CONELEC, 2012) donde se indica la participación en gran porcentaje de las energías no renovables este es el sector que se desea desplazar al realizar eficiencia energética identificando características energéticas de productos residuales del sector agrícola. (Ver anexo 16)

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación energética de la BRAC se puede resumir en los siguientes enunciados:

- Los resultados obtenidos respecto a la biomasa estudiada con respecto a la forma y tamaño de las cáscaras de cacao indican que se necesita un acondicionamiento previo a ser utilizado en la tecnología adecuada, con la finalidad de reducir el tiempo de permanencia de la materia prima en las diferentes aplicaciones ya sea en calderas o en hornos.
- El alto contenido de humedad en las cáscaras de cacao de ambas variedades implica un acondicionamiento logístico de transporte (por el peso de las cáscaras después de despulpado) lo cual implica gastos adicionales al tratarse de una biomasa húmeda que necesita eliminar humedad la misma que puede oscilar entre el 50% de contenido de humedad para ser utilizado como combustible sólido en calderas, tal como es el caso del bagazo de caña. Para ello se puede utilizar la energía solar.
- El contenido de cenizas en la variedad de cáscaras de cacao nacional es más baja que en la variedad de cacao CCN-51, estos valores son bajos en referencia al reportado por el bagazo que es de 11,27 lo cual significa que el uso de la BRAC como combustible disminuye los depósitos en tuberías de las calderas e intercambiadores que si se utilizara el bagazo, facilitando el proceso de transmisión de calor. Los minerales presentes en las cáscaras de cacao de la variedad nacional son el K (4,98 %); Ca (0,33 %); Mg (0,27 %) y en la variedad CCN-51 son el K (5,16 %); Ca (0,40 %); Mg (0,30 %), lo cual indica que después de haber aprovechado el potencial energético de la BRAC, sus residuos pueden ser utilizados como fertilizantes. Las cenizas de las cáscaras de cacao contienen alto porcentaje de potasio por lo que después de su

aprovechamiento térmico los residuos pueden ser utilizados como fertilizantes, los contenidos de los minerales analizados fueron superiores en la variedad de cáscaras de cacao CCN-51.

- El contenido de volátiles es más alto en la variedad de cáscaras de cacao nacional que en la variedad de CCN-51, difieren en un mínimo entre las variedades pero comparado con el bagazo de caña este constituye una media su valor es de 73,78%, lo cual significa que favorece la combustión.
  - El poder calorífico no difiere significativamente en las variedades de las cáscaras de cacao nacional y CCN-51. El Poder calorífico de las cáscaras de cacao con respecto a varias biomásas es inferior lo cual implica que se necesita un mayor volumen para obtener la misma cantidad de energía. Actualmente en Ecuador la biomasa utilizada es el bagazo de caña si comparamos las características de esta biomasa con las presentadas por las cáscaras de cacao se puede determinar que sus propiedades son similares al igual que otras biomásas que se explotan, por lo tanto al tener una cultura de eficiencia energética en el sector agrícola se puede lograr un aporte a la generación térmica de energía utilizando los desechos como energía primaria, a la vez que contribuye al cuidado del ambiente generando un ingreso adicional al agricultor convirtiéndolo en un proyecto sostenible.
  - Las características de las cáscaras de cacao de las variedades nacional y CCN-51 son similares a las presentadas por otros tipos de biomasa que actualmente se explotan como el bagazo de caña o cáscara de coco, determinando que reúne características físicas, químicas y energéticas que la identifican como biomasa potencial.
- El potencial mínimo de la BRAC contemplan 144320 t de desecho correspondiente a cáscaras de cacao, esta cantidad de biomasa equivalente a

42688 tep / año suponiendo que se utilizara combustibles fósiles para la generación eléctrica, sin embargo esta cantidad de emisiones si proviene de biomasa es considerada como neutra ya que se asume que el carbono emitido a la atmosfera fue fijado durante el crecimiento de las plantas de cacao. En referencia a la producción bruta de energía (CONELEC, 2009) la energía primaria que puede representar la BRAC es de 215477 MJ. El aporte real que proporcione la BRAC si se utilizara como combustible en calderas y considerando el ciclo rankine en la producción de energía representa 140060 MJ, energía disponible durante 12 meses seguidos. Por lo tanto una planta térmica para transformar esta energía contenida en la biomasa en energía térmica tendría una capacidad de 39 MW.

La biomasa se encuentra dispersa por ello es factible disponer de 3 puntos de acopio con capacidad de potencia instalada cada una de 15 MW, que pueden ser ubicadas en Esmeraldas, Manabí y El Guayas.

Las estimaciones económicas indican que la inversión puede ser recuperada en cinco años y los resultados de TIR y VAN indica que este proyecto es financieramente rentable. Si se considera la posibilidad de introducirlo como MDL los valores numéricos presentan mayores beneficios. Cabe indicar que el presente estudio es un proyecto de prefactibilidad sujeto a revisión.

El valor de la energía que se puede aprovechar representa el 1,21% de la producción total de energía eléctrica en Ecuador; el 2,28% del total de energía eléctrica proveniente de renovable; el 2,84% del total de energía eléctrica proveniente de no renovable y el 20,14% de la importación de energía eléctrica y consecuentemente evita la emisión aproximada de 189723 t/año de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

- En nuestro país no existe una cultura de comercio de biomasa a excepción de la gestión realizada en los ingenios, para tener una idea del precio por tonelada de BRAC se puede tener como referente el costo por tonelada de bagazo de caña

Johanna Patricia Sánchez Quezada

que es de \$ 35 dólares, lo cual indica un rédito económico adicional a un número significativo de familias al realizar eficiencia energética.

- La cuantificación de la BRAC se desarrolla según la metodología de LIGNOSTRUM, se obtiene los valores de los desechos no aprovechados que representan un volumen grande.
- El proyecto puede ser introducido como Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL en el comercio internacional de emisiones, debido a que se evita la emisión de gases de efecto invernadero al reemplazar los combustibles fósiles por biomasa como combustible renovable.
- La cultura de dar un valor agregado a la biomasa generada aún no se ha desarrollado en Ecuador, se debe fortalecer estas políticas de apoyo al sector agrícola para mejorar los ingresos de los propietarios minifundistas existentes en el país. Si se trata de biomasa residual seca, las medidas hacen referencia a su poder calorífico inferior.

Por lo tanto es necesario realizar una hoja de ruta para determinar cuál es la cantidad disponible de energía primaria proveniente de la actividad residual agrícola y generar una base de datos que permita impulsar una bio refinería utilizando los desechos de la actividad agrícola.

El cultivo de cacao constituye 470054 has de la superficie representando el 34 % a de los cultivos permanentes del Ecuador y el 4 % de la superficie total de Ecuador destinada al uso agropecuario según la ESPAC (2010). Se puede apreciar la alta disponibilidad de las cáscaras de cacao que actualmente no tiene ningún uso, sin embargo es preciso tener presente la estacionalidad de este cultivo, los factores climáticos, la distancia entre la materia prima y el punto de acopio.

La localización de las zonas productoras de la biomasa en estudio en Ecuador según el III Censo Nacional Agropecuario, se encuentran en Guayas ( 21 %), Los

Ríos ( 24 %), Manabí ( 22 %), Esmeraldas ( 10 %), El Oro ( 8 % ), Cañar (2%), Pichincha (2%) y el resto ( 11 %), es de gran relevancia la información detallada para seleccionar los centros de acopio en el caso de aprovechamiento de la BRAC, tal como se indica en el Anexo 18.

La distribución geográfica de la biomasa estudiada es de vital importancia ya que es necesario identificar puntos de acopio potenciales en el caso en el que se desee industrializar los desechos del cacao (cáscaras de cacao) en términos de biomasa disponible en toneladas y tep.

Se debe considerar parámetros respecto a la estacionalidad ya que se condiciona el uso de la biomasa o el almacenamiento que puede incurrir en gastos adicionales de logística y acondicionamiento, se crea la necesidad antes de la explotación de este recurso estimar la materia prima mensual disponible, para no sobredimensionar la tecnología.

Los beneficios obtenidos de la utilización de los desechos de la actividad agrícola se pueden agrupar en dos tipos: medioambientales y socio-económicos. Los primeros se dan tanto en la fase de producción, al recogerse un material que generalmente queda disperso entre el cultivo generando un proceso de descomposición y secado que aumenta el riesgo de incendios y plagas forestales, como en la fase de aplicación, ya que la producción de CO<sub>2</sub> originada por la combustión de la biomasa presenta un balance neutro (Domínguez, 2002; IDAE, 2005a).

Por su parte, los beneficios socio-económicos se dan al reducirse la dependencia energética además de ingresos adicionales, para las personas que participan del proceso, de ésta forma el impacto social se ve beneficiado en uno de los sectores menos desarrollados como es el rural.

El uso de las energías renovables son una alternativa a reducir el exceso de gases de efecto invernadero en especial las emisiones de CO<sub>2</sub>, este gas no es el

más contaminante pero los grandes volúmenes que se emiten a la atmosfera lo convierten en el responsable del calentamiento global. El sol es la principal fuente de energía, mediante este trabajo se aprovecha de forma indirecta su potencial.

Por lo tanto, es necesario identificar las potencialidades de energías primarias para determinar si cumplen parámetros de sostenibilidad. El aprovechamiento de biomasa, genera emisiones de CO<sub>2</sub>, suponiendo que se someta a procesos de combustión, pero se trata de un balance neutro dado que el CO<sub>2</sub> emitido es fijado durante el crecimiento de la materia vegetal que la genera, de esta manera no es responsable del efecto invernadero.

**BIBLIOGRAFIA:**

- ABNT, 1983. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Carvão mineral - Determinação do teor de matérias voláteis. NBR8290 (MB1892).
- ABNT, 1983. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Carvão mineral - Determinação do carbono fixo. NBR8299 (MB1899).
- ABNT, 1983. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Carvão mineral - Determinação do teor de cinzas. NBR8289 (MB1891).
- ABNT, 1984. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico. NBR8633 (MB2007).
- ABNT, 1984. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Carvão mineral - Determinação do poder calorífico superior e do poder calorífico inferior. NBR8628 (MB2063).
- Abrego Javier, Nogués Fernando, Reseau Adeline, García Daniel, 2010. Energía de la Biomasa. Universidad de Zaragoza. Pag. 557.
- Adejinmi, O., Hamzat, A., Fapohunda, J., 2008. Performance and nutrient digestibility of rabbits fed fermented and unfermented cocoa pod husk. Scielo, 63-68.
- AIE, 2010. World Energy Outlook. Agencia Internacional de Energía. Descargado de [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2010\\_es\\_spanish.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2010_es_spanish.pdf) el 12 de marzo del 2012
- AIE, 2012. Key World Energy Statistics. Agencia Internacional de Energía. Descargado de <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/kwes.pdf> el 12 de noviembre del 2012.
- AEI, 2012. World Energy Outlook 2012 Descargado de <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Spanish.pdf> el 12 de febrero del 2013
- Anon, 2008. The World's Worst Cocoa Problems. DropData. Descargado de: [http://www.dropdata.org/cocoa/cocoa\\_prob.htm#severity](http://www.dropdata.org/cocoa/cocoa_prob.htm#severity) el 12 de junio del 2012.

Awolumate E. O., 1983. Chemical composition and potential uses of processing wastes from some Nigerian cash crops. Turrialba, Vol 33, N° 4, 1983, pp. 381-386. Descargado de

<http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0782E/A0782E04.PDF#PAGE=41> el 15 de julio del 2012.

Babatope, Babaniyi, 2005. Rheology of cocoa-pod husk aqueous system. Part-i: steady state flow behavior. Springer, 2005. Descargado de Springerlink:10.1007/s00397-005-0450-7 el 10 marzo del 2012

Banco Central del Ecuador, 2012. Boletín anuario estadístico. Descargado de <http://www.bce.fin.ec/frame.php?CNT=ARB0000841> el 10 de julio del 2013.

Barazarte Humberto, Sangronis Elba, Unai Emaldi., 2008. La cáscara de cacao (theobroma cacao l.): una posible fuente comercial de pectinas. Alan. Descargado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=s000406222008000100009&script=sci\\_art\\_text&tlng=en](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=s000406222008000100009&script=sci_art_text&tlng=en) el 15 de mayo del 2012.

Bartley BGD, 2005. The genetic diversity of cacao and its utilization. CAB International, CABI Publishing, Wallingford.

Bermúdez Rosa, Ramos Iván, Donoso Carlos, García Nora, Martínez Clara, 2002. Fermentación sólida de la cáscara de cacao por *pleurotus sp.* Tecnología Química. Descargado de [http:// Ojs.uo.edu.cu/index.php/tq/article/viewfile/2016/1566](http://Ojs.uo.edu.cu/index.php/tq/article/viewfile/2016/1566) el 15 de mayo del 2012.

Bermúdez Vicente, 2000. Tecnología Energética. Universidad Politécnica de Valencia. REPROVAL. Descargado de [http:// books.google.com.ec/books?isbn=8477218684](http://books.google.com.ec/books?isbn=8477218684) el 29 de junio del 2013

Bowers, J.H., Bailey, B.A., Hebbar, P.K., Sanogo, S., y LUMSDEN, R.D., 2001. The impact of plant diseases on world chocolate production. Plant Health Progress (Online). Descargado de <http://naldc.nal.usda.gov/download/11853/PDF> el 20 de julio del 2012.

Brenes Gómez Oscar, 1990. Posibilidades de la utilización de los subproductos del beneficio del cacao. IICA. Descargado de [http://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=UHPptC\\_7HNEC&oi=fnd&pg=PA141&dq=cascara+de+cacao+y+cascarilla+de+cacao&ots=C83kTpOoeG&sig=2YjDQTXrWVgPrXo\\_9uICZsbRKmE&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=true](http://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=UHPptC_7HNEC&oi=fnd&pg=PA141&dq=cascara+de+cacao+y+cascarilla+de+cacao&ots=C83kTpOoeG&sig=2YjDQTXrWVgPrXo_9uICZsbRKmE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true) el 21 de noviembre del 2012.

BUN-CA, 2002. Manuales sobre energía renovable: Biomasa/ Biomass Users Network (BUN-CA). -1 ed. -San José, C.R. Biomass Users Network 42 p. Descargado de [www.bun-ca.org/publicaciones/BIOMASA.pdf](http://www.bun-ca.org/publicaciones/BIOMASA.pdf) el 28 de Diciembre del 2012.

Calderón Chuquitaype, Eduardo; Matos Chamorro, Rodrigo Alfredo, 2011. Fuentes para la extracción de pectina y su aplicación en la industria. Papiros. Descargado de <http://papiros.upeu.edu.pe/handle/123456789/165> el 19 de noviembre del 2012.

Capriles L., 1978. Problemática de las enfermedades del cacao en Venezuela. Reunión Comité Internacional sobre Enfermedades del Cacao, Taller sobre Escoba de brujas. 17-23 de abril de 1978. Manaos, Brasil. Descargado de <http://www.idea.gob.ve/publicaciones/RETvol1n2.pdf> el 24 de octubre del 2012.

Cárdenas Helena, 2007. La sustentabilidad en el uso de biocombustibles un reto de análisis, decisiones y equilibrio. CEDA.

Cartay Rafael, Gheri Gérard, 1996. El escenario mundial agroalimentario. Convenio Universidad de Los Andes- Fundación Polar. Caracas: editorial Arte. Descargado de [www.saber.ula.ve/handle/123456789/980](http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/980) el 25 de julio del 2012.

Castells Xavier, 2000. Reciclaje de residuos industriales. Ediciones Díaz de Santos. Pag. 208. Descargado de <http://books.google.com.ec/books?isbn=8479784377> el 11 de Noviembre del 2012.

Castells Xavier, 2012. Tratamiento y valorización energética de residuos. Ediciones Díaz de Santos. Pag. 106. Descargado de <http://books.google.com.ec/books?isbn=8499691412> el 25 de Diciembre del 2012.

Castro Miguel, 2011. Hacia una matriz energética diversificada en Ecuador, CEDA. Quito. Descargado de [http://www.ceda.org.ec/descargas/publicaciones/matriz\\_energetica\\_ecuador.pdf](http://www.ceda.org.ec/descargas/publicaciones/matriz_energetica_ecuador.pdf) el 10 de julio del 2012.

CATIE, 2012. Calidad de Cacao en Centroamérica: Un vistazo a la situación en 2009. Compiladoras Marilyn Villalobos Rodríguez, Shirley Orozco Estrada. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Proyecto Cacao Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, 2012. División de Investigación y Desarrollo Sede Central. Descargado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7555E/A7555E.PDF> el 26 de mayo del 2012

CATIE. 15<sup>va</sup> Conferencia Internacional sobre investigaciones del cacao. Descargado de [http://web.catie.ac.cr/disco\\_cacao/espanol/13sesion.pdf](http://web.catie.ac.cr/disco_cacao/espanol/13sesion.pdf) el 9 de septiembre del 2012

CEPAL, 2003. Tendencias recientes del mercado internacional del petróleo. Descargado de <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/5/14385/lcl2021e.pdf> el 10 de noviembre del 2012

Cerda Rolando, Espin Tania, Cifuentes Miguel, 2013. Carbono en sistemas agroforestales de cacao de la Reserva Indígena Bribri de Talamanca, Costa Rica. Descargado de <http://hdl.handle.net/123456789/200> el 08 de septiembre del 2013

CG-SENA, 2009. Guía para la utilización de recursos forrajeros tropicales en la alimentación de bovinos. Comité de ganaderos del Huila. SENA. Gobernación de Huila. Descargado de [http://www.comitedeganaderosdelhuila.org/publicaciones/recursos\\_forrajeros.pdf](http://www.comitedeganaderosdelhuila.org/publicaciones/recursos_forrajeros.pdf) el 11 de noviembre del 2012

Cheesman EE , 1944 Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cocoa populations. Trop

CIRSE, 2006. Evaluación del potencial de biomasa residual en los ecosistemas forestales y los medios agrícolas en la provincia de Huesca. Descargado de [http://circe.cps.unizar.es/acvcoco/es/pdf/6doc\\_3.pdf](http://circe.cps.unizar.es/acvcoco/es/pdf/6doc_3.pdf) el 21 de Noviembre del 2012.

CNI, 2000. Consejo Nacional de Inteligencia. “Tendencias Globales 2015”. Descargado de [http://www.dni.gov/files/documents/global%20trends\\_2015%20report.pdf](http://www.dni.gov/files/documents/global%20trends_2015%20report.pdf) el 12 de diciembre del 2012.

CONELEC, 2009. Descargado de [http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc\\_10048\\_Boletin%202009.pdf](http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10048_Boletin%202009.pdf) el 15 de enero del 2012

CONELEC, 2012. Folleto Resumen Estadístico 2011. Descargado de: [http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc\\_10046\\_Folleto%20Resumen%20Estad%20C3%ADstico%202011.pdf](http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10046_Folleto%20Resumen%20Estad%20C3%ADstico%202011.pdf) el 11 de julio del 2013

Congressional Research Service, 2012. Biomass: Comparison of Definitions in Legislation Through the 112th Congress. Descargado de <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R40529.pdf> el 15 de noviembre del 2012

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, 1992.  
Descargado de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> el 10 diciembre del 2011

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático, 1992.  
Descargado de:  
[http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/items/6215.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php) el 10 diciembre del 2011

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, 1992.  
Descargado de: [http://unfccc.int/meetings/doha\\_nov\\_2012/session/7049.php](http://unfccc.int/meetings/doha_nov_2012/session/7049.php) el 10 diciembre del 2011

Correa Isabel, 2011. Espacios internacionales de discusión y acción gubernamental: cambio climático. Descargado de <http://tesiuami.uam.mx/revistasuam/denarius/include/getdoc.php?id=870&article=354&mode=pdf>, el 12 de septiembre del 2013.

Corporación para la Investigación Energética, 2012. Descargado de <http://www.energia.org.ec/bio.html> el 12 de enero del 2013

Crespo Jimmy, Salvatierra Patricia, 2012. Nuevos mercados para la exportación del cacao Fino de aroma producido en los cantones Portoviejo y santa ana y su incidencia en el Desarrollo local. Tesis de maestría. Universidad Politécnica Salesiana.  
Descargado de:  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2352/14/UPS-GT000259.pdf> el 22 de junio del 2013

Dauber, E. 1995. Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. Proyecto de manejo forestal sostenible. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medioambiente. Santa Cruz, Bolivia.

De Alba J., García H., Pérez-Cano F., Ulloa G., 1954. Valor nutritivo de la cáscara de cacao para producción de leche en comparación con maíz molido y harina de yuca. Turrialba. Descargado de <http://www.ots.ac.cr/bnbt/5954.html> el 23 de junio del 2012.

EFSA European Food Safety Authority, 2008. Opinión del Panel de Contaminantes de la Cadena Alimentaria de la EFSA en relación con la teobromina como sustancia indeseable en la alimentación animal. The EFSA Journal (2008) (Request N° EFSA-Q-2005-223). Descargado de

[http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Scientific\\_Opinion/contam\\_op\\_ej725\\_theobromine\\_en,0.pdf?ssbinary=true](http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Scientific_Opinion/contam_op_ej725_theobromine_en,0.pdf?ssbinary=true) el 1 de noviembre del 2012.

ESPINOZA, Juan L.,2010. “Energía Renovable en Ecuador: Situación actual y perspectivas”, Presentación en Conferencia Universidad San Francisco de Quito..

FAO. G36 *Theobroma cacao* L. Descargado de <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afris/es/Data/521.HTM> el 10 de septiembre del 2012

FAO, 2004. Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. Proyecciones al año 2010. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. Descargado de <http://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5143s/y5143s00.pdf> el 30 de febrero del 2012.

Fernández Jesús, 2003. Energía de la Biomasa. Energías Renovables. Descargado de <http://media1.webgarden.es/files/media1:4befe685c2de5.pdf.upl/E.Biomassa.pdf> el 15 de Septiembre del 2012.

FLACSO-MIPRO, 2012. Elaboración de cacao y sub elaborados. Descargado de: <http://www.flacso.org.ec/portal/pnTemp/PageMaster/g3bzawibeka4sqfx4hj8jy9j8dpj kz.pdf> el 23 de junio del 2013.

Franco Mauricio , Ramírez Magaly, García Rolando, Bernal Marisela, Espinosa Beatriz, Solís Julio , Durán Carmen, 2010. Reaprovechamiento integral de residuos agroindustriales: cáscara y pulpa de cacao para la producción de pectinas. Revista latinoamericana el Ambiente y las Ciencias. Descargado de [http://www.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/redica/resources/localcontent/98/2/reaprovechamiento%20integral%20%20franco-castillo.pdf](http://www.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/localcontent/98/2/reaprovechamiento%20integral%20%20franco-castillo.pdf) el 2 de febrero del 2012.

Freese, F. 1967. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. Manual de agricultura N° 317. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). México.

Girón Cirilo, Tortolero Juan, Hermoso Dianorah, González Isabel, 2001. Efecto de diferentes residuos vegetales en la compostación de cáscaras de cacao. Investigadores inia. Estación experimental miranda. Calle el placer. Descargado de [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/agronomia%20tropical/at5104/art/giron\\_c.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/agronomia%20tropical/at5104/art/giron_c.htm) el 12 de febrero del 2012.

González Ángel, 2012. Modelo de empresa asociativa acopiadora de cacao fino de aroma para los productores del cantón Quinsaloma. Tesis de maestría. Universidad politécnica Salesiana. Descargado de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2748/6/UPS-GT000274.pdf> el 12 de noviembre del 2012.

González Jaime, 2009. Energías renovables. Universidad Autónoma de Madrid. Barcelona. Editorial Reverté. isbn:8429179127 el 28 de junio del 2013.

Fernández J., 2003. Energía renovables para todos, Biomasa. . IBERDROLA. Descargado de <http://media1.webgarden.es/files/media1:4befe685c2de5.pdf.upl/E.Biomassa.pdf> , el 08 de Abril del 2013

ICCO, 2003. Lanzamiento de prensa – boletín trimestral de la estadística del cacao. INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION. Scielo. Descargado de [http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-03542004000100004&lng=en&nrm=iso&ignore=.html](http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542004000100004&lng=en&nrm=iso&ignore=.html) el 14 de mayo del 2012

ICCO, 2012. World Cocoa Economy. Descargado de: [http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/doc\\_download/442-the-world-cocoa-economy-past-and-present-26-july-2012.html](http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/doc_download/442-the-world-cocoa-economy-past-and-present-26-july-2012.html) el 22 de junio del 2013

IDAE, 2007. Biomasa: Gasificación. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. Madrid. Descargado de [http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_10737\\_Biomasa\\_gasificacion\\_07\\_d2adcf3b.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10737_Biomasa_gasificacion_07_d2adcf3b.pdf) el 23 de agosto del 2013.

Instituto Español de Estudios Estratégicos, 2007. IEEE. Panorama Estratégico 2006-2007. Descargado de [http://www.ieee.es/Galerias/fichero/panoramas/Panorama\\_Estrategico\\_2006-2007.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/panoramas/Panorama_Estrategico_2006-2007.pdf) el 20 de octubre del 2012

IPCC, 2013. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2013: The Physical Science Basis Summary for Policymakers. Descargado de: [http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM\\_Approved27Sep2013.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf) el 27 de septiembre del 2013

IRENA, 2007. Establecimiento de una Agencia Internacional de Energías Renovables. International Renewable Energy Agency. Descargado de [www.institutoideal.org/docs/IRENA\\_brochure\\_ES.pdf](http://www.institutoideal.org/docs/IRENA_brochure_ES.pdf) el 18 de noviembre del 2012

Kalvatchev Zlatko, Garzaro Domingo, Guerra Franklin, 1998. *Theobroma cacao L.*: un nuevo enfoque para nutrición y salud. Instituto venezolano de investigaciones científicas (IVIC).

Larragán Zimic, 1958. La cáscara de cacao en el engorde de los bovinos. Tesis de magister agriculturae. Turrialba. Descargado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7857E/A7857E.PDF> el 10 de julio 2012.

Lelissari Blas, 2012. Comportamiento de cenizas y su impacto en sistemas de combustión de Biomasa. Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, num 10 (2012). Descargado de [http://www.um.edu.uy/docs/6\\_comportamiento\\_de\\_cenizas\\_y\\_suimpacto\\_en\\_sistemas\\_de\\_%20combustion\\_de\\_biomasa.pdf](http://www.um.edu.uy/docs/6_comportamiento_de_cenizas_y_suimpacto_en_sistemas_de_%20combustion_de_biomasa.pdf) el 30 de Diciembre del 2012

Llambí Insua, Luis, 2009. Agro-combustibles, seguridad alimentaria y desarrollo rural: el debate y los dilemas de política. Cielo, paginas 15-23 Descargado de [www.scielo.org.ve/pdf/a/v15n28/art03.pdf](http://www.scielo.org.ve/pdf/a/v15n28/art03.pdf) el 20 de marzo 2012.

Manrique Silvina, Franco Judith, Nuñez Virgilio y Seghezzo Lucas, 2008. Potencial energético de biomasa residual de tabaco y ají en el municipio de Coronel Moldes (Salta-Argentina). Descargado de <http://www.cricyt.edu.ar/lahv/asades/modulos/averma/trabajos/2008/2008-t006-a013.pdf> el 12 de Noviembre del 2012.

Martinez Sergio. Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña. Tesis doctoral. Universitat de Girona. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7920/tsml1de1.pdf;jsessionid=45DEB72108D51F736FECFDD43E48EA0E.tdx2?sequence=1>

Mejía Luis, Palencia Gildardo, 2002. Abono Orgánico. Manejo y uso en el cultivo de cacao. CORPOICA. Descargado de <http://www.canacacao.org/contenido.item.19/biblioteca.html> el 19 de noviembre del 2012.

Mielnicki Diana, Canzani Pablo, Drummond James, Skalany Juan, 2005. La quema de biomasa en Sudamerica vista desde el espacio. Anales. Descargado de [http://200.16.86.38/uca/common/grupo72/files/Quema\\_biomasa\\_desde\\_espacio.pdf](http://200.16.86.38/uca/common/grupo72/files/Quema_biomasa_desde_espacio.pdf) el 14 de Noviembre del 2012.

MEER, 2008. Políticas Energéticas del Ecuador 2008 – 2020, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

Mora Rafael 2011. Aprovechamiento de la cáscara de cacao a través de la máquina de molienda para la elaboración de balanceado para bovinos. Descargado de <http://es.scribd.com/doc/71979536/Cascara-de-Cacao> el 15 de noviembre del 2012.

Nossa Hernández, M.O.; Moreno Hoyos, O.; Pedraza, C., 1994 Suplementación de vacas en lactancia con cáscara de cacao. CORPOICA. Descargado de <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Default.asp> el 30 de octubre del 2012

Naciones Unidas. Protocolo de Kyoto, 1998. Descargado de [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/items/6215.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php) el 5 de noviembre del 2012

Oddoye Enmanuel, Agyente Christian, Gyedu Esther, 2012. Cocoa and its by-products: identification and utilization. Nutrition and health, volume 7, part 1, 23-37. Descargado de doi: 10.1007/978-1-61779-803-0\_3 el 20 de junio del 2012.

OECD, 2010. Organisation for Economic Co-operation and Development. Descargado de <http://www.oecd.org/> el 20 de noviembre del 2012.

OLADE, 2010. Guía práctica de la energía para América Latina y el Caribe. Consumo eficiente y responsabilidad ambiental. Descargado de [http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjmbr/v32\\_2/old0120.pdf](http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjmbr/v32_2/old0120.pdf) el 20 de junio del 2012

OLADE, 2010. Eficiencia energética y energías renovables para el desarrollo industrial. Situación energética en América Latina y el Caribe.

OLADE, 2011. Manual de Estadísticas Energéticas. Descargado de [http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjmbr/v32\\_2/old0179.pdf](http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjmbr/v32_2/old0179.pdf) el 10 de noviembre del 2012

OLADE, 2011. Observatorio de Energías Renovables en América Latina y el Caribe. Caso Ecuador. Descargado de [http://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Ecuador\\_Producto\\_1\\_y\\_2\\_\\_Esp\\_.pdf](http://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Ecuador_Producto_1_y_2__Esp_.pdf) el 10 de septiembre del 2012

Ollé Josep, Colás Carlos, Alabern Xavier, 2003. Instalaciones de gas domésticas y comerciales. Pag.11

Osorio Martha, Salazar Efrain, Zambrano Asia, Demey J. R., 2003. Diversidad genética de una colección de cacao mediante RAPDS. Scielo. Descargado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2003000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2003000100001&script=sci_arttext) el 20 de mayo del 2012.

Our common Future, 1987. Descargado de [http://iwr.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-ressourcen/ARA\\_Lectures/ARA\\_Lectures\\_Brundtland.pdf](http://iwr.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-ressourcen/ARA_Lectures/ARA_Lectures_Brundtland.pdf) el 10 de enero del 2013

Padrón Gabriela, Arias Eduardo, Romero Jorge, Benavides Adalberto, Zamora Josefina, García Sandra, 2004. Efecto de la cáscara de cacao en la obtención de espumas de poliuretano para uso hortícola. Propiedades físicas y de biodegradabilidad. Revista de la Sociedad Química de México. Descargado de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/475/47548209.pdf> el 14 de noviembre del 2012

SPIEGEL, Murray & SCHILLER, John & SRINIVASAN, ALU Probabilidad y Estadística. Edición Segunda. Año 2003. Editorial Mc Graw-Hill.

Parra Dercy, Pérez Simón, Sosa Daynet, Rumbos Raisia, Gutiérrez Bárbara, Moya Adriana, 2009. Avances en las investigaciones venezolanas sobre enfermedades del cacao RET. Revista de Estudios Transdisciplinarios, vol. 1, núm. 2, julio-diciembre, 2009, pp. 56-75. Descargado de <http://redalyc.uaemex.mx/.../ForazarDescargaArchivo.jsp?el> el 22 de marzo del 2012.

Pelaez-Samaniego, M.R., (2008) Combustión de la cascarilla de arroz para producir Energía, Trabajo de consultoría para el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable bajo Contrato 472–SJ–2008.

Petrotecnica, 2011. Perspectivas de la demanda energética global. Instituto de planeamiento estratégico. Descargado de <http://www.petrotecnica.com.ar/febrero2011/sin/demanda.pdf> el 15 de mayo del 2012

Ploetz Randy C., 2007. Cacao Diseases: Important Threats to chocolate production worldwide. Descargado de <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdfplus/10.1094/PHYTO-97-12-1634> el 20 de agosto del 2012.

Pokou N.D., Goran J.A.K.N., Kebe I., Eskes A., Tahi M. and Sangare A., 2008. Levels of resistance to *Phytophthora* pod rot in cocoa accessions selected on-farm in Cote d'Ivoire. Crop Prot., 27: 302-309.

PROECUADOR, 2011. Análisis sectorial de cacao y elaborados. Descargado de <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/plugins/download-> el 15 de septiembre del 2012.

Quingaísa Eugenia, Riveros Hernando, 2007. Estudio de caso: Denominación de origen “Cacao Arriba”. Consultoría realizada para la FAO y el IICA en el marco del estudio conjunto sobre los productos de calidad vinculada al origen. IICA. Descargado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7704E/A7704E.PDF> el 20 de junio del 2012.

Quintero María, Díaz Katty, 2004 . El mercado mundial del cacao. Scielo. Descargado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S13160354200400010004&lng=en&nrm=iso&ignore=.html](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S13160354200400010004&lng=en&nrm=iso&ignore=.html) el 15 de junio del 2012.

REN21, 2008. “Renewables 2007 Global Status Report” (Paris: REN21 Secretariat and Washington, DC: Worldwatch Institute). Copyright © 2008 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Descargado de [http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/RE2007\\_Global\\_Status\\_Report\\_Spanish.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/RE2007_Global_Status_Report_Spanish.pdf) el 5 de noviembre del 2012

REN21, 2011. “Renewables 2011 Global Status Report” (Paris: REN21 Secretariat. Descargado de [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/110929\\_GSR2011\\_FINAL.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/110929_GSR2011_FINAL.pdf)

Registro Oficial. Edición Especial N°146. <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/1-2-Estructura-Organica-Acuerdo-171.pdf>

Pelaez-Samaniego, M.R., (2008) Combustión de la cascarilla de arroz para producir Energía, Trabajo de consultoría para el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable bajo Contrato 472–SJ–2008

Regulación N°CONELEC . 004/11 Descargado de: [http://www.conelec.gob.ec/normativa/004\\_11%20ERN%20CODIFICADA%2001%20NOV%202012.docx](http://www.conelec.gob.ec/normativa/004_11%20ERN%20CODIFICADA%2001%20NOV%202012.docx) el 12 de septiembre del 2012

RITE, 2007. Reglamento de Instalaciones térmicas en los edificios. Colección Normativa Técnica. Segunda edición. Liteam. Real Decreto 1027/2007. Descargado de <http://books.google.com.ec/books?isbn=8492558172> el 29 de junio de 2013

Romero Arturo, 2007. Contribución de la catálisis al cumplimiento de los objetivos de Kioto. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. 101, N°2 pag. 347-360. Descargado de <http://www.rac.es/ficheros/doc/00549.pdf> el 22 de Diciembre del 2012.

Salazar Y, 1997. Aprovechamiento de la cáscara de cacao en la elaboración de jabones. Consejo Nacional para la Investigación, la Ciencia y la Tecnología, Caracas (Venezuela). Descargado de <http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2008/VE/VE0601.xml;VE2006400312> el 01 de noviembre del 2012.

Salinas Zenia, Hernández Paulo, 2008. "Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Descargado de <http://books.google.com.ec/books?id=fyAOAQAAIAAJ> el 28 de junio del 2013

Schoijet Mauricio, 1995. Historia de la energía. Redalyc. Descargado de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/294/29404510.pdf> el 14 de enero del 2012.

Simo C., Djocgoue P., Mbouobda H. D., Effa P., Boudjeko, T., Omokolo, D. N., 2011. Variation and Heritability of Polyphenoloxidase Activities in Two Hybrid Families of *Theobroma cacao* L. after Cocoa Pods Inoculation with *Phytophthora megakarya* Bras, et Grif. *Plant Pathology Journal*; Sep2011, Vol. 10 Issue 3, p88-98, 10p. Descargado de <http://scialert.net/fulltext/?doi=ppj.2011.89.98&org=11> el 21 de junio del 2012.

Solla F., Taboada M., Rodriguez R. Merino A., 2004. Respuesta inicial del aporte de cenizas de biomasa arbórea en el estado nutricional de una plantación joven de *Pinus radiata* D. Don. *Dialnet* Vol. 13, N°2, pag. 281 – 294. Descargado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=930065> el 28 de Diciembre del 2012.

Suárez Jaime, Aranzazu Fabio, 2010. Manejo de las enfermedades del cacao (*theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en monilia (*moniliophthora roreri*). Colombia. Corpoica. 90 p. Descargado de <http://www.fedecacao.com.co/cw/ca/doctecnicos/fedecacao-dt-manejo-enfermedades-enfasis-cacao-monilia.pdf> el 20 de mayo del 2012.

Toscano Luis, Barriga Alfredo, Nicolas Alfredo, 2009. Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa. *Revista Tecnológica ESPOL*. Descargado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/337/1/619.pdf> el 26 de junio del 2013.

Torre, 2011. Instalación térmica con biomasa residual en una industria del sector maderero. Descargado de [http://www.eis.uva.es/energiasrenovables/trabajos\\_06/TorreMinguela.pdf](http://www.eis.uva.es/energiasrenovables/trabajos_06/TorreMinguela.pdf) el 20 de Julio del 2012.

USDE, ESDA, U.S., 2005. Department of Energy, U.S. Department of Agriculture. Biomass as Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The technical Feasibility of a Billion – Ton Annual Supply. Descargado de [http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/final\\_billionton\\_vision\\_report2.pdf](http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/final_billionton_vision_report2.pdf) el 10 de noviembre del 2012

Wood, G., and Lass, r. 1985. Cocoa. 4-th ed. Longman, Essex, England.

## ANEXOS

## Anexo 1.

Productores, exportadores e importadores de petróleo a nivel mundial<sup>1</sup> (Miles de toneladas Mt)

Productores	Mt	Exportadores	Mt	Importadores	Mt
Arabia Saudita	517	Arabia Saudita	333	Estados Unidos	513
Rusia	510	Rusia	246	China	235
Estados Unidos	346	Nigeria	129	Japón	181
Irán	215	Irán	126	India	164
China	203	Emiratos Árabes Unidos	105	Corea	119
Canadá	169	Iraq	94	Alemania	93
Emiratos Árabes Unidos	149	Venezuela	87	Italia	84
Venezuela	148	Angola	84	Francia	64
México	144	Noruega	78	Países Bajos	60
Nigeria	139	México	71	Singapur	57
Resto del mundo	147	Otros	609	Otros	483
	1				
<b>Total Mundial</b>	<b>401</b>	<b>Total</b>	<b>196</b>	<b>Total</b>	<b>205</b>
	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>

Fuente y elaboración: AEI, 2012

<sup>1</sup> Incluye el petróleo crudo, LGN, materias primas, aditivos y otros hidrocarburos

**Anexo 2.**

Productores exportadores e importadores de gas natural a nivel mundial. (Billones de metros cúbicos Bcm)

<b>Productores</b>	<b>Bmc</b>	<b>Exportadores</b>	<b>Bmc</b>	<b>Importadores</b>	<b>Bmc</b>
Rusia	677	Rusia	196	Japón	116
Estados Unidos	551	Qatar	119	Italia	70
Canadá	160	Noruega	99	Alemania	68
Qatar	151	Canadá	63	Estados Unidos	55
Eran	149	Argelia	49	Corea	47
Noruega	106	Indonesia	46	Ucrania	44
China	103	Países Bajos	33	Turquía	43
Arabia Saudí	92	Turkmenistán	29	Francia	41
Indonesia	92	Nigeria	26	Reino Unido	37
Países Bajos	81	Malasia	22	España	34
Resto del mundo	1126	Otros	152	Otros	279
<b>Total Mundial</b>	<b>3388</b>	<b>Total</b>	<b>834</b>	<b>Total</b>	<b>834</b>

Fuente y elaboración: AEI, 2012

**Anexo 3.**

Productores, exportadores e importadores de Carbón a nivel mundial<sup>2</sup>.

<b>Productores</b>	<b>Mt</b>	<b>Exportadores</b>	<b>Mt</b>	<b>Importadores</b>	<b>Mt</b>
República Popular de China	3576	Indonesia	309	República Popular de China	177
Estados Unidos	1004	Australia	285	Japón	175
India	586	Rusia	99	Corea	129
Australia	414	Estados Unidos	85	India	101
Indonesia	376	Colombia	76	Taiwán	66
Rusia	334	Sudáfrica	70	Alemania	41
Sudáfrica	253	Kazajistán	34	Reino Unido	32
Alemania	189	Canadá	24	Turquía	24
Polonia	139	Vietnam	23	Italia	23
Kazajistán	117	Mongolia	22	Malasia	21
Resto del mundo	795	Otros	14	Otros	213
<b>Total Mundial</b>	<b>7783</b>	<b>Total</b>	<b>1041</b>	<b>Total</b>	<b>1002</b>

Fuente y elaboración: AEI, 2012

<sup>2</sup> Incluye carbón térmico, carbón de coque, el lignito y el carbón recuperado

**Anexo 4.**

Estados típicos de la biomasa.

Recursos de Biomasa	Tipo de residuo	Características físicas
Residuos forestales	Restos de aserrío: corteza, aserrín, astillas.	Polvo, sólido, HR >50%
	Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas.	Polvo sólido ,HR 30-45 %
	Restos de plantaciones: ramas, corteza, raíces.	Sólido, HR >55 %
Residuos agropecuarios	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales	Sólido, alto contenido de humedad
	Cáscara y polvo de granos secos(arroz, café)	Polvo, HR < 25%
	Estiércol	Sólido alto contenido de humedad
	Residuos de cosechas: tallos y hojas, cascaras, maleza, pastura	Sólido, HR < 55%
Residuos industriales	Pulpa y cáscara de frutas y vegetales.	Sólido, humedad moderada
	Residuos de procesamiento de carnes.	Sólido, alto contenido de humedad.
	Aguas de lavado y precocido de carnes y vegetales.	Líquido.
	Grasas y aceites vegetales	Líquido grasoso

Residuos urbanos	Aguas negras. Desechos domésticos orgánicos (cáscara de vegetales) Basura orgánica(madera)	Líquido. Sólido, alto contenido de humedad. Sólido, alto contenido de humedad.
------------------	--	--

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de información de Manuales sobre energía renovable: primera ed. -San José, C.R. Biomass Users Network (BUN-CA), 2002.

**Anexo 5.**

Número de Unidades de Producción Agropecuaria UPA por tamaños y superficie plantada, cultivo permanentes de cacao. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua ESPAC.

CULTIVO		TOTAL	TAMAÑOS DE UPA				
			MENOS DE 1 has	DE 1 HASTA 2 has	DE 2 HASTA 3 has	DE 3 HASTA 5 has	DE 5 HASTA MENOS DE 10 has
<b>CACAO</b>	<b>UPAS</b>	58466	2817	4146	4088	6271	11395
	<b>HECTAREAS</b>	243146	1133	3792	5697	12469	35393
			<b>DE 10 HASTA MENOS DE 20 has</b>	<b>DE 20 HASTA MENOS DE 50 has</b>	<b>DE 50 HASTA MENOS DE 100 has</b>	<b>DE 100 HASTA MENOS DE 200 has</b>	<b>DE 200 has y más</b>
<b>CACAO</b>	<b>UPAS</b>		9941	12082	5504	1576	646
	<b>HECTAREAS</b>		43825	69843	37680	16145	17170

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC, 2010

**Anexo 6.**

Número de UPAS por tamaños y superficie plantada, cultivo permanente asociado

CULTIVO		TOTAL	TAMAÑOS DE UPA				
			MENOS DE 1 has	DE 1 HASTA 2 has	DE 2 HASTA 3 has	DE 3 HASTA 5 has	DE 5 HASTA MENOS DE 10 has
<b>CACAO</b>	<b>UPAS</b>	38363	1596	2337	2812	4449	7540
	<b>HECTAREAS</b>	191272	638	2278	4601	10549	28613
CULTIVO			DE 10 HASTA MENOS DE 20 has	DE 20 HASTA MENOS DE 50 has	DE 50 HASTA MENOS DE 100 has	DE 100 HASTA MENOS DE 200 has	DE 200 has Y MAS
<b>CACAO</b>	<b>UPAS</b>		7808	7925	2774	805	316
	<b>HECTAREAS</b>		41127	58921	25612	10125	8809

Fuente y elaboración: La autora a partir de datos del III Censo Nacional Agropecuario

**Anexo 7.**

Superficie, producción y ventas según cultivos cacao

	TIPO	SUPERFICIE PLANTADA (has)	EN EDAD PRODUCTIVA (has)	SUPERFICIE COSECHADA (has)	Producción (t)	VENTAS (t.).
<b>CACAO</b>	<b>SOLO</b>	243146	236402	227756	46582	44216
	<b>ASOCIADO</b>	191272	185085	175080	18409	17331

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos del III Censo Nacional Agropecuario

**Anexo 8.**

Superficie, producción y ventas, según región y provincia cacao.

REGIÓN Y PROVINCIA	SUPERFICIE (has.)		PRODUCCIÓN (t.)	VENTAS (t.)	
	Plantada	Cosechada			
<b>TOTAL NACIONAL</b>	470054	360025	132100	129680	
<b>REGIÓN SIERRA</b>	64609	49937	14451	13478	
<b>REGIÓN COSTA</b>	372860	287804	111635	110532	
<b>REGIÓN ORIENTAL</b>	32,585	22284	6013	5670	
<b>REGIÓN SIERRA</b>					
<b>AZUAY</b>	<b>Solo</b>	2279	1469	409	388
	<b>Asociado</b>	568	479	104	91
<b>BOLÍVAR</b>	<b>Solo</b>	3758	3129	487	482
	<b>Asociado</b>	11888	8387	1143	1127
<b>CAÑAR</b>	<b>Solo</b>	4138	3697	2465	2463
	<b>Asociado</b>	2967	2967	635	635
<b>CARCHI</b>	<b>Solo</b>	-	-	-	-
	<b>Asociado</b>	-	-	-	-
<b>COTOPAXI</b>	<b>Solo</b>	4715	4055	1864	1843
	<b>Asociado</b>	9759	8521	2271	1453
<b>CHIMBORAZO</b>	<b>Solo</b>	89	*	*	*
	<b>Asociado</b>	88	88	48	48
<b>IMBABURA</b>	<b>Solo</b>	-	-	-	-
	<b>Asociado</b>	69	-	-	-
<b>LOJA</b>	<b>Solo</b>	84	*	*	*
	<b>Asociado</b>	112	111	13	*
<b>PICHINCHA</b>	<b>Solo</b>	8210	5836	1250	1248
	<b>Asociado</b>	1574	1017	114	111
<b>TUNGURAHUA</b>	<b>Solo</b>	-	-	-	-
	<b>Asociado</b>	-	-	-	-
<b>SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS</b>	<b>Solo</b>	10884	7569	2991	2975
	<b>Asociado</b>	3402	2575	644	599
<b>REGIÓN COSTA</b>					
<b>EL ORO</b>	<b>Solo</b>	17614	13981	3820	3812
	<b>Asociado</b>	1609	1085	296	295

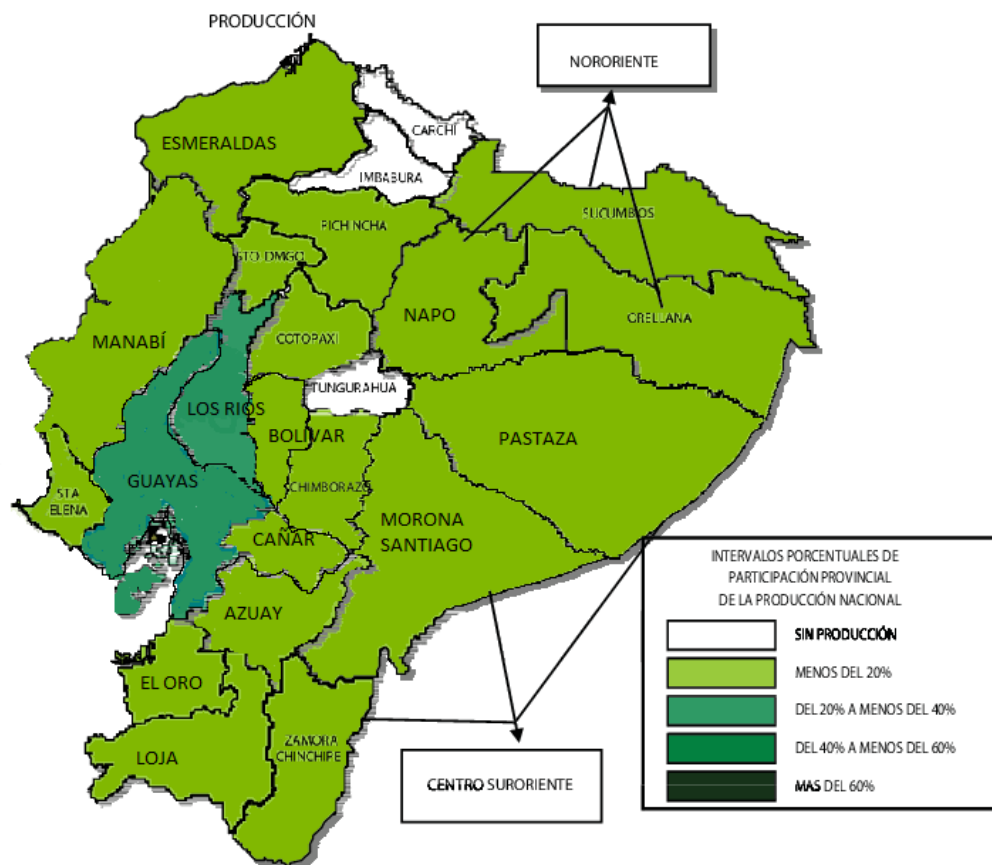
<b>ESMERALDAS</b>	<b>Solo</b>	46611	38266	12551	12518
	<b>Asociado</b>	4366	3366	628	627
<b>GUAYAS</b>	<b>Solo</b>	85238	69800	43951	43629
	<b>Asociado</b>	12205	9708	2137	1796
<b>LOS RIOS</b>	<b>Solo</b>	90355	65793	29621	29371
	<b>Asociado</b>	12176	7805	3208	3204
<b>MANABÍ</b>	<b>Solo</b>	58428	44493	9053	8946
	<b>Asociado</b>	43918	33483	6360	6323
<b>SANTA ELENA</b>	<b>Solo</b>	337	*	11	11
	<b>Asociado</b>	*	*	-	-
<b>REGIÓN ORIENTAL</b>					
<b>NORORIENTE</b>	<b>Solo</b>	26843	18499	5045	4738
	<b>Asociado</b>	1625	1210	243	243
<b>CENTRO-SURORIENTE</b>	<b>Solo</b>	2645	1416	409	373
	<b>Asociado</b>	1472	1159	316	316

**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC, 2010

\* Dato oculto por confiabilidad y confidencialidad estadística

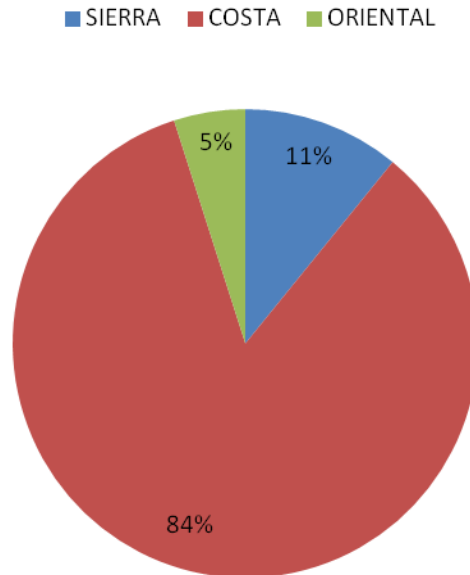
**Anexo 9.**

Producción de cacao en almendra seca por provincias correspondientes al año 2010. (INEC,2010)



## Anexo 10

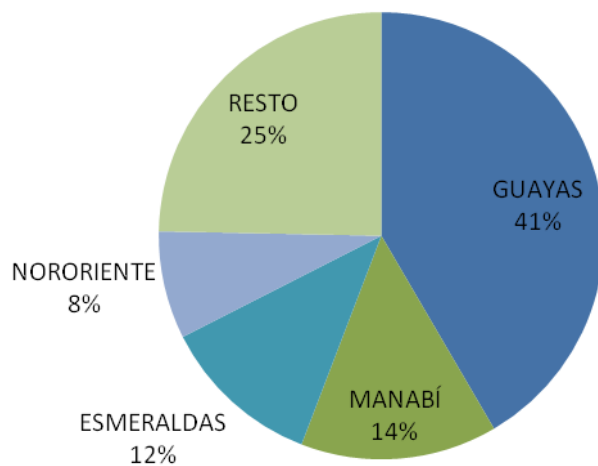
BRAC por regiones del Ecuador



**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC, 2010

**Anexo11.**

BRAC por principales provincias productoras de cacao



**Fuente y elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC, 2010

**Anexo 12.**

## Análisis elemental



**FACULTAD DE QUÍMICA - UNAM**  
 UNIDAD DE SERVICIOS DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN  
**LAB. DE ANÁLISIS ELEMENTAL**  
**INFORME DE SERVICIO ANALÍTICO**  
 FR-USAI-FQ-GN-022 REV.02



Informe: 10768-10769

**Q. JOHANNA PATRICIA SÁNCHEZ QUEZADA**  
 UNIVERSIDAD DE CUENCA, ECUADOR  
 P R E S E N T E.

De acuerdo a su petición de análisis de dos muestras mediante la técnica de *Análisis Elemental*, le presentamos a continuación el reporte de los resultados obtenidos.

**1. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS**

Las muestras se recibieron en bolsas de plástico etiquetados como NAC1 y CCN1.

Fecha de recepción: 31 de agosto de 2012  
 Fecha de análisis: 05 de septiembre de 2012

**2. OBJETIVO DEL ANÁLISIS**

Determinar el contenido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre de las muestras descritas previamente.

**3. MÉTODO ANALÍTICO UTILIZADO**

La determinación analítica se llevó a cabo por duplicado en un Analizador Perkin Elmer PE2400 que da información del contenido porcentual de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre si están presentes en la muestra (PT-USAI-FQ-AE-001). Para ello se pesó aproximadamente 2 mg de muestra y adicionalmente se fijaron los valores de los parámetros analíticos siguientes: tipo de programa utilizado, temperatura de la columna cromatográfica, así como temperatura del reactor de combustión y tiempo de medición como se muestra a continuación:

*Condiciones analíticas del Analizador Elemental Perkin Elmer modelo PE2400:*

Gas acarreador / gas de referencia:	Helio
Temperatura de la columna cromatográfica:	82.2 °C

Av. Universidad 3000, Cd. Universitaria, Circuito Escolar, Facultad de Química Edif. "B"

Tel.: Lab. 56.23.25.23, Ofna. 56.23.25.21 y Fax 56.23.25.22

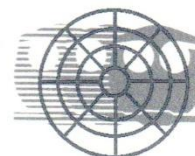
No se autoriza su reproducción total o parcial sin la previa autorización por escrito de la USAI

Pág. 1 de 3

Johanna Patricia Sánchez Quezada



**FACULTAD DE QUÍMICA - UNAM**  
 UNIDAD DE SERVICIOS DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN  
**LAB. DE ANÁLISIS ELEMENTAL**  
**INFORME DE SERVICIO ANALÍTICO**  
 FR-USAI-FQ-GN-022 REV.02



U.S.A.I.

Detector:	Conductividad Térmica
Presión:	116.2 mm Hg
Temperatura del reactor de combustión:	975 °C
Temperatura del reactor de reducción:	500 °C
Programa analítico:	CHNS
Tiempo de análisis:	430 segundos
Compuestos de Calibración:	Cistina, Reactivo analítico marca Perkin Elmer.

#### 4. RESULTADOS

Los resultados generados se representan como porcentaje en peso. En la siguiente tabla se describen los porcentajes para cada elemento determinado:

Clave de la muestra	Cantidad de muestra analizada (mg)	% Experimental (1er. análisis)	% Experimental (2°. análisis)	Promedio (%)
CCN51	2.040 2.042	N= 0.890	N= 0.91	N= 0.900
		C= 41.58	C= 41.68	C= 41.630
		H= 5.42	H= 5.47	H= 5.445
		S= -0.29	S= -0.21	S= -0.250
NAC1	1.965 2.001	N= 1.29	N= 1.24	N= 1.257
		C= 41.64	C= 42.12	C= 42.370
		H= 5.13	H= 5.26	H= 5.287
		S= -0.2	S= -0.28	S= -0.197

Debido a a la falta de homogeneidad de la muestra NAC1, se realizó un tercer análisis como se muestra a continuación:

Clave de la muestra	Cantidad de muestra analizada (mg)	% Experimental (3er. análisis)
NAC1	2.069	N= 1.24 C= 43.35 H= 5.47 S= -0.11



**FACULTAD DE QUÍMICA - UNAM**  
 UNIDAD DE SERVICIOS DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN  
**LAB. DE ANÁLISIS ELEMENTAL**  
**INFORME DE SERVICIO ANALÍTICO**  
 FR-USAI-FQ-GN-022 REV.02



Se entregan anexos a este documento una cuartilla correspondientes a los porcentajes experimentales de Nitrógeno, Carbono, Hidrógeno y Azufre de las muestras NAC1 y CCN51.

Sin más por el momento quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
 Ciudad Universitaria a 07 de septiembre de 2012

M. en C. Nayeli López Balbiaux  
 Responsable del servicio de Análisis Elemental

QFB. Víctor Hugo Lemus Neri  
 Analista del servicio de Análisis Elemental

M. en C. Humberto Gómez Ruíz  
 VoBo. Jefe de la USAI

Nota: Los resultados analíticos generados en la USAI tienen solo el alcance de las muestras entregadas en nuestras instalaciones, por lo que no asumimos responsabilidad alguna por el origen de las mismas.



entidad mexicana  
de acreditación, a.c.

Número de acreditación No INV-0357-002/12. Acreditado a partir de 2012-03-29

Av. Universidad 3000, Cd. Universitaria, Circuito Escolar, Facultad de Química Edif. "B"  
 Tel.: Lab. 56.23.25.23, Ofna. 56.23.25.21 y Fax 56.23.25.22

No se autoriza su reproducción total o parcial sin la previa autorización por escrito de la USAI

Pág. 3 de 3

**Anexo 13.****Análisis del poder calorífico**

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS  
 LABORATORIO DE FISICO-QUIMICA  
 RESULTADO DE ANALISIS

Nº 001

ANALISIS DE: PODER CALORIFICO

SOLICITADO POR: ING. JOHANA SANCHEZ

NUMERO DE MUESTRAS: 2 MUESTRAS POR DUPLICADO

FECHA: 24-25 DE SEPTIEMBRE DE 2012

PROCEDENCIA: PLANTACIONES DE CACAO

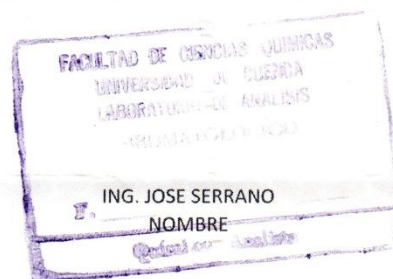
MUESTRA DE: CASCARAS DE CACAO

Nº DE MUESTRA	CONDICION	CODIGO	RESULTADO (J/g)	MEDIA (J/g)
1		CCN-51	14158	14001
2	REPLICA	CCN-52	13844	
3		NACIONAL	15435	15289,5
4	REPLICA	NACIONAL	15144	

VALOR DE ANALISIS UNITARIO: 25,00 + IVA

VALOR DEL ANALISIS: \$ 100,00 + IVA

ANALISTA



Johanna Patricia Sánchez Quezada

**Anexo 14.**

Análisis de K, Ca, Mg



**C E S E M I N**  
 Centro de Servicios y Análisis de Minerales  
 Metálicos y No Metálicos  
**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

REPORTE DE RESULTADOS

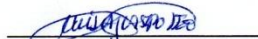
**CLIENTE:** Ing. Johanna Sánchez  
**MUESTRAS:** 2 MUESTRAS  
**FECHA:** 2013-01-11

**ANÁLISIS QUÍMICO**

% Elemento	Nacional	CCN-51
K	4,98	5,16
Ca	0,33	0,40
Mg	0,27	0,30

**OBSERVACIONES:**

- Método: Calcinación seca.  
Espectroscopía de Absorción Atómica.

  
 Ing. Cecilia Castro  
 Responsable análisis

  
 Ing. Catalina Peñaherrera  
 Directora

cc. archivo

**Anexo 15. Humedad, Cenizas, Volátiles.**

Manual de Calidad (Standard Operating Procedure) SOP 5: Requisitos Técnicos 5.5: Procedimientos analíticos 5.5.1: Manual de procedimientos de análisis proximal	UNIVERSIDAD DE CUENCA Laboratorio de Alimentos y Nutrición-Facultad de Ciencias Químicas 2010  Páginas 23
--	---

**ANÁLISIS FÍSICO E INORGÁNICO****L1. HUMEDAD Y CONTENIDO DE MATERIA SECA (1, 2)****L1.1. Método y Principio**

La humedad y el contenido de materia seca se determinan mediante la medición de la pérdida de peso de la muestra después del tratamiento térmico a 70-130°C. Se puede hacer por calentamiento en una plancha caliente, horno de aire caliente o un horno de vacío. Las interacciones entre las diferentes sustancias y la evaporación de otras sustancias diferentes al agua pueden ocurrir, y esto puede ser frenado por adsorción sobre arena.

**L1.2. Reactivos**

- Arena de mar brillante (lavada)

**L1.3. Equipos y Materiales**

- Plato pequeño de aluminio + varilla de vidrio
- Horno a 105°C
- Desecador
- Balanza analítica

**L1.4. Procedimiento**

- Secar una cápsula de porcelana (+ varilla de vidrio) con arena brillante por varias horas en el horno. Dejar que la cápsula con arena se enfríe a temperatura ambiente en el desecador (30 min).
- Pesar la cápsula (+ varilla de vidrio) con arena con una precisión de 1 mg.
- Pesar 5 g de muestra en la cápsula y mezclarla con la arena (con la varilla de vidrio). Calcular el peso de la muestra por sustracción.
- Secar la cápsula (+ varilla de vidrio) con la muestra durante dos horas a 105 ° C.
- Dejar enfriar en un desecador a temperatura ambiente (30 min.)
- Pesar, con precisión de 1 mg.
- Secar de nuevo durante 30 minutos, enfriar y pesar.
- Repetir este procedimiento hasta alcanzar un peso constante ( $\pm 1$  mg entre dos pesadas consecutivas).

**L1.5. Fórmula**

$$\% \text{ Materia seca} = \frac{P_2 \times 100}{P_1}$$

$P_1$   $\rightarrow$  Peso (g) de la muestra antes de secar

$P_2$   $\rightarrow$  Peso (g) de la muestra después de secar y llegar a peso constante (materia seca)

FNH 3/23

Manual de Calidad (Standard Operating Procedure)

SOP 5: Requisitos Técnicos

5.5: Procedimientos analíticos

5.5.1: Manual de procedimientos de análisis proximal

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Laboratorio de Alimentos y Nutrición-Facultad de Ciencias Químicas

2010

Página: 23

**1.1.6. Cálculos (ejemplo)**

<b>Antes del secado</b>	
Peso de la cápsula	78.7298 g
Peso de la cápsula + muestra ( $P_{CM}$ )	83.7201 g
Peso de la muestra ( $P_1$ )	4.9903 g
<b>Después del secado</b>	
1) ( $P_{CM}$ )	82.5723 g
2) ( $P_{CM}$ )	81.8678 g
3) ( $P_{CM}$ )	81.8677 g
4)...	
Peso de la materia seca ( $P_2$ )	$81.8677 - 78.7298 = 3.1379$ g

$$\% \text{ Materia Seca} = \frac{3.1379 \text{ g}}{4.9903 \text{ g}} \times 100 \% = 62.88 \%$$

$$\% \text{ Humedad} = 100\% - 62.88 \% = 37.12 \%$$

**1.1.7. Expresión de resultados**

Expresar el contenido de materia seca en % de peso. Los porcentajes de materia seca y humedad son complementarios.

**1.1.8. Valores de referencia**

Muestra	% Materia seca
Carne	27 %
Rábano	6.5 %
Pan	60 %

**1.2. CONTENIDO DE CENIZAS (3, 4)****1.2.1. Método y Principio**

El contenido de cenizas de productos alimenticios se considera como el material inorgánico presente en el alimento y se determina como el residuo que queda después de calcinar la muestra. Debido a la volatilización de algunos compuestos, una subestimación del contenido de cenizas puede ocurrir.

Manual de Calidad (Standard Operating Procedure) SOP 5: Requisitos Técnicos 5.5: Procedimientos analíticos 5.5.1: Manual de procedimientos de análisis proximal	UNIVERSIDAD DE CUENCA Laboratorio de Alimentos y Nutrición-Facultad de Ciencias Químicas 2010  Página 23
--	--

### 1.2.2. Reactivos

Ninguno es necesario, aunque en algunos casos un volumen determinado (ml) de una solución de acetato de magnesio puede ser añadido si la muestra es difícil de ser calcinada. Si es necesario, debe ser corregida mediante un blanco porque eso implica la adición de cenizas a la muestra.

### 1.2.3. Equipos y Materiales

- Crisol de porcelana
- Plancha de calentamiento eléctrica
- Desecador
- Horno de calcinación (mufla)
- Balanza analítica

### 1.2.4. Procedimiento

- Secar el crisol de porcelana durante una hora en el horno de calcinación a 500 °C, enfriar en el desecador (30 min) y determinar el peso del crisol vacío.
- Pesar alrededor de 5 g de muestra en el crisol.
- Calentar moderadamente el crisol + muestra en una plancha de calentamiento durante 30 a 60 minutos. Luego poner la plancha a máxima potencia a fin de permitir la carbonización total de la muestra. La muestra se calienta por dos horas más.
- Después de la carbonización, la muestra se coloca en el horno de calcinación durante 4 horas a 500 °C.
- Pesar el residuo que queda en el crisol después de enfriarlo en un desecador.

### 1.2.5. Fórmula

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{P_C (\text{g}) \times 100}{P_M (\text{g})}$$

### 1.2.6. Cálculos (ejemplo)

$P_{\text{cris}}$	Peso crisol vacío	33.1206 g
$P_{\text{cris}+M}$	Peso crisol + muestra	38.2644 g
$P_{\text{cris}+C}$	Peso crisol + ceniza (luego de calcinación)	33.1955
$P_M$	Peso muestra = $(P_{\text{cris}+M}) - P_{\text{cris}}$	5.1438
$P_C$	Peso ceniza = $(P_{\text{cris}+C}) - P_{\text{cris}}$	0.0749

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{0.0749 \text{ g} \times 100}{5.1438} = 1.4561 \%$$

### 1.2.7. Expresión de resultados

Expresar el contenido de cenizas en porcentaje de peso (por ejemplo, 1,4% de cenizas).

FNH 5/23

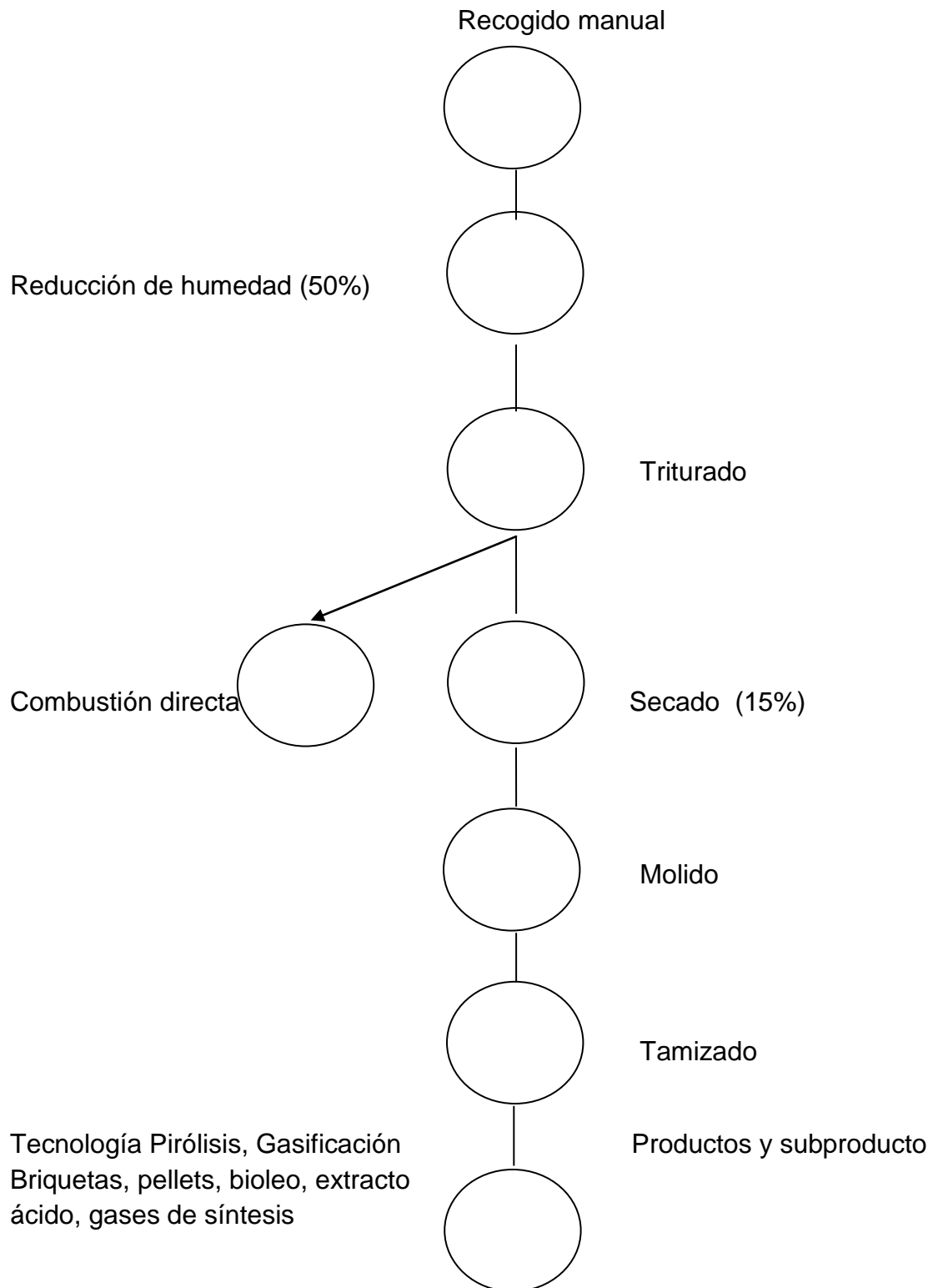
	UNIVERSIDAD DE CUENCA Laboratorio de Alimentos y Nutrición-Facultad de Ciencias Químicas 2010
Manual de Calidad (Standard Operating Procedure)	
SOP 5: Requisitos Técnicos	
5.5: Procedimientos analíticos	
5.5.1: Manual de procedimientos de análisis proximal	Página 23

### **1.2.8. Interpretación**

El contenido mineral de los alimentos puede ser determinado por calcinación o incineración. Esto destruye los compuestos orgánicos y deja los minerales.

**Anexo 16.**

Diagrama de flujo de biomasa residual agrícola de cacao BRAC



**Anexo 17**

Producción total de energía e importaciones

<b>PRODUCCION TOTAL DE ENERGIA E IMPORTACIONES</b>		<b>GWh</b>	<b>%</b>
<b>ENERGÍA RENOVABLE</b>	Hidráulica	11133,09	50,98
	Eólica	3,34	0,02
	Fotovoltaica	0,06	0,00
	Biomasa	278,20	1,27
<b>Total energía renovable</b>		<b>11414,69</b>	<b>52,27</b>
<b>No renovable</b>	Térmica MCI	4375,78	20,04
	Térmica Turbogas	2272,25	10,40
	Térmica Turbo vapor	2481,42	11,36
<b>Total no renovable</b>		<b>9129,45</b>	<b>41,80</b>
<b>Total producción nacional</b>		<b>20544,14</b>	<b>94,07</b>
<b>Interconexión</b>	<b>Importación</b>	<b>1294,59</b>	<b>5,93</b>
<b>Total producción nacional e importación</b>		<b>21838,73</b>	<b>100,00</b>

CONELEC, 2012

## Anexo 18

Ubicación de Centros potenciales de acopio de la BRAC y potenciales centros de ubicación de las plantas de generación termoeléctrica.



**Elaboración:** La autora a partir de datos de la ESPAC, 2010

**Fuente:** ORANGESMILE, 2013