



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: USO DE CÁSCARA DE COCO PARA LA  
REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LEÑA, EN EL SECTOR  
RESIDENCIAL DEL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

**Ilse Karina Laib López**

Asesorado por la MSc. Licda. Mariela Lizeth Benavides Lázaro

Guatemala, junio de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: USO DE CÁSCARA DE COCO PARA LA  
REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LEÑA, EN EL SECTOR  
RESIDENCIAL DEL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ILSE KARINA LAIB LÓPEZ**

ASESORADO POR LA MSC. LICDA. MARIELA LIZETH BENAVIDES LÁZARO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Angel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran          |
| VOCAL IV   | Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez      |
| VOCAL V    | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez       |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |                                       |
|-------------|---------------------------------------|
| DECANO      | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco    |
| EXAMINADORA | Inga. Rocío Carolina Medina Galindo   |
| EXAMINADORA | Inga. Miriam Patricia Rubio Contreras |
| EXAMINADOR  | Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos |
| SECRETARIA  | Inga. Lesbia Magalí Herrera López     |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: USO DE CÁSCARA DE COCO PARA LA REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LEÑA, EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 4 de mayo de 2017.

**Ilse Karina Laib López**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



ADSE-MEAPP-012-2017

Guatemala, 04 de mayo de 2017.

Director  
Francisco Gómez Rivera  
Escuela de Ingeniería Industrial  
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **Ilse Karina Laib López** carné número 1998-12092, quien opto la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Energía y Ambiente.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

MSc. Licda. Mariela Lizeth Benavides Lázaro  
Asesor (a)

Ing. Juan C. Fuentes M.  
M.Sc. Hidrología  
Colegiado No. 2,504

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.  
Coordinador de Área  
Desarrollo social y energético

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
/la

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.083.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: USO DE CÁSCARA DE COCO PARA LA REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LEÑA, EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por la estudiante universitaria Ilse Karina Laib López, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

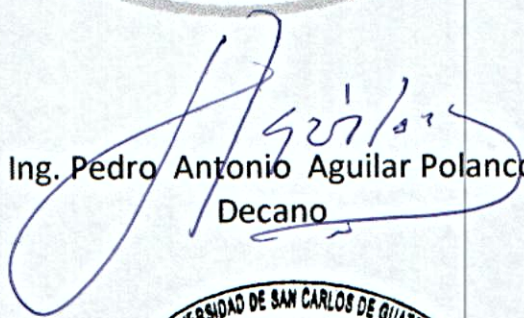


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 273.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: USO DE CÁSCARA DE COCO PARA LA REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LEÑA, EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por la estudiante universitaria: **Ilse Karina Laib López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, junio de 2017

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Gracias por el regalo más valioso, la vida. Su infinita bondad e incontables bendiciones me permiten estar hoy acá agradeciéndole, por la satisfacción y alegría que me invaden por llegar a la meta.

### **Mis padres**

Por aceptar la responsabilidad de formarme, protegerme y guiarme. Su amor, nobleza y muchos sacrificios son las bases sobre las que he ido forjando mi camino. Especialmente a ti mami, por esa fortaleza inquebrantable.

### **Mi esposo**

Tu amor, paciencia, apoyo y comprensión han sido ingredientes esenciales para lograr esta meta; porque has sido y sigues siendo alguien muy importante en mi vida y en la formación de nuestra familia.

### **Mi hija**

Tu vida transformó mi vida, dándole un nuevo y maravilloso sentido, tengo una y mil razones para continuar con alegría, entusiasmo y buen humor, esforzándome por ser mejor persona cada día y pidiendo a Dios me permita ser el mejor ejemplo para ti.



**Mis hermanas**

Los sueños son el inicio de grandes éxitos y las batallas libradas para realizarlos es lo que hace nuestra vida interesante. Nunca es tarde para soñar y menos para retomar los sueños.

**Mis amigos**

Todo mi cariño, apoyo, respeto y agradecimiento, por cada momento compartido, por alegrar mis días y motivarme a realizar mis sueños.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Principalmente a la Facultad de Ingeniería por darme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria dentro de sus aulas y en especial a todos los catedráticos que con sus conocimientos me prepararon y formaron como profesional de la Ingeniería Industrial.

**Mi asesora**

El conocimiento, tiempo y apoyo que me has brindado han sido muy valiosos e importantes en la realización de mi trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

|  |    |
|--|----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....                       | V  |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                              | 1  |
| 2. ANTECEDENTES .....                              | 3  |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                | 7  |
| 3.1. Descripción del problema .....                | 7  |
| 3.1.1. Preguntas de investigación.....             | 9  |
| 3.1.1.1. Pregunta central .....                    | 9  |
| 3.1.1.2. Preguntas auxiliares .....                | 9  |
| 4. JUSTIFICACIÓN .....                             | 11 |
| 5. OBJETIVOS .....                                 | 13 |
| 5.1. General.....                                  | 13 |
| 5.2. Específicos .....                             | 13 |
| 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN..... | 15 |
| 7. MARCO TEÓRICO.....                              | 17 |
| 7.1. Aspectos generales <i>del coco</i> .....      | 17 |
| 7.1.1. Descripción.....                            | 18 |
| 7.1.2. Propiedades de la cáscara de coco.....      | 18 |
| 7.2. Distribución nacional .....                   | 19 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 7.2.1. | Volumen de estopa .....  | 19 |
| 7.3.   | Biomasa .....  | 21 |
| 7.4.   | Parámetros energéticos y unidades reguladas para la<br>evaluación de la bioenergía ..... | 22 |
| 7.4.1. | Factores de conversión .....   | 27 |
| 7.5.   | Briquetas .....  | 28 |
| 7.5.1. | Composición.....   | 29 |
| 7.5.2. | Ventajas del producto.....   | 29 |
| 7.5.3. | Ventajas ambientales .....   | 30 |
| 7.5.4. | Definiciones y términos relacionados .....   | 31 |
| 7.6.   | Componentes del análisis para la producción de briquetas .....                           | 34 |
| 7.6.1. | Situación actual del departamento de<br>Suchitepéquez.....                               | 34 |
| 7.7.   | Amenazas .....   | 50 |
| 7.7.1. | Amenazas crónicas/frecuentes .....   | 50 |
| 7.7.2. | Amenazas potenciales/periódicas .....  | 50 |
| 7.8.   | Estrategias de Respuesta .....   | 51 |
| 7.8.1. | Expansión de estrategias existentes .....  | 51 |
| 7.8.2. | Estrategias en momentos de crisis.....   | 52 |
| 7.8.3. | Indicadores de Crisis Inminentes .....   | 52 |
| 7.8.4. | Demanda energética y balance de energía.....   | 53 |
| 7.8.5. | Residuos agrícolas .....   | 58 |
| 7.9.   | Análisis tecno-económico y socio-económico .....   | 65 |
| 8.     | PROPUESTA ÍNDICE DE CONTENIDOS .....   | 67 |
| 9.     | METODOLOGÍA .....  | 69 |
| 9.1.   | Variables e indicadores .....  | 69 |
| 9.2.   | Tipo de estudio.....   | 69 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 9.2.1. | Investigación documental (fase 1) .....                | 70 |
| 9.2.2. | Recolección de datos (fase 2) .....                    | 71 |
| 9.2.3. | Análisis e interpretación de resultados (fase 3) ..... | 71 |
| 10.    | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....           | 83 |
| 11.    | CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....                        | 85 |
| 12.    | RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....   | 87 |
| 12.1.  | Recursos necesarios .....                              | 87 |
| 12.2.  | Factibilidad del estudio .....                         | 88 |
| 13.    | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                       | 89 |
| 14.    | ANEXOS .....   | 91 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Figura. Efecto de la humedad (referida al producto en húmedo) sobre el valor térmico .....                      | 25 |
| 2.  | Porcentaje de pobreza y pobreza extrema 2006 y 2011 .....   | 35 |
| 3.  | Variación interanual del IPC por división de gasto, región VI 2013.....   | 36 |
| 4.  | Precio medio mensual del consumo de energía eléctrica de 101 a 300kwh, región VI 2013.....                      | 37 |
| 5.  | Generación de residuos sólidos (toneladas) Serie histórica 2009 – 2013 .....                                    | 39 |
| 6.  | Distribución porcentual de defunciones asociadas a factores ambientales, clasificadas por enfermedad 2013 ..... | 40 |
| 7.  | Descripción de la zona .....  | 41 |
| 8.  | División por grupo socioeconómico.....  | 45 |
| 9.  | Información del grupo socioeconómico .....  | 47 |
| 10. | Fuentes de alimentos .....  | 48 |
| 11. | Ingreso estimado anual de cada hogar .....  | 49 |
| 12. | Matriz energética.....  | 57 |
| 13. | Oferta total de energía por tipo de combustible (2014) .....  | 57 |
| 14. | Áreas aptas para el desarrollo del cultivo de coco ( <i>Cocos nucifera</i> )....                                | 59 |

### TABLAS

|     |   |    |
|-----|---|----|
| I.  | Leña necesaria para la producción de carbón vegetal .....     | 26 |
| II. | Datos energéticos de determinados subproductos agrícolas..... | 26 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| III.   | Parámetros básicos para contabilizar los biocombustibles.....                                    | 28 |
| IV.    | Variables, indicadores y cifras estadísticas importantes del departamento.....                   | 34 |
| V.     | Calendario de temporadas.....  | 44 |
| VI.    | Balance oferta/demanda de leña por departamento .....  | 54 |
| VII.   | Tamaño del mercado: consumidores de leña por departamento .....                                  | 55 |
| VIII.  | Tamaño del mercado: compradores de leña por departamento .....                                   | 56 |
| IX.    | Oferta total de energía por tipo de combustible .....  | 58 |
| X.     | Producción de coco .....   | 60 |
| XI.    | Toneladas de coco que se exportan .....  | 61 |
| XII.   | Generación de desechos sólidos domiciliarios en ton/m 2002 .....                                 | 63 |
| XIII.  | Cobertura de servicio de desechos y destino final de los mismos por departamento ton/m 2002..... | 64 |
| XIV.   | Identificación de botaderos y disposición final de los desechos .....                            | 65 |
| XV.    | Ecuaciones de costos de insumos.....   | 74 |
| XVI.   | Ecuaciones de costo de mano de obra y misceláneos .....  | 75 |
| XVII.  | Ecuaciones de costo de transporte de la materia prima y de las briquetas .....                   | 75 |
| XVIII. | Cálculo de costo de almacenamiento .....   | 76 |
| XIX.   | Ecuaciones de costos fijos.....  | 76 |
| XX.    | Ecuaciones de otros costos .....   | 77 |
| XXI.   | Ecuaciones de costos totales de producción .....   | 78 |
| XXII.  | Comparación de las briquetas con otros combustibles.....   | 78 |
| XXIII. | Ecuaciones de demanda de briquetas.....  | 78 |
| XXIV.  | Ecuaciones del ingreso del proyecto .....  | 79 |
| XXV.   | Tecnología de briqueta. Comparación de tecnologías de briquetas .....                            | 80 |
| XXVI.  | Base de datos para análisis financiero. Costos de inversión para el sistema de briquetas.....    | 81 |
| XXVII. | Recursos necesarios para la investigación.....   | 87 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La información presentada en el último balance energético (2012), elaborado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), muestra la alta dependencia que tiene Guatemala, en cuanto a la utilización de leña como principal fuente energética, representado con 56,84 %, le siguen los derivados del petróleo (33,66 %) y la energía eléctrica (9,5 %). Las zonas residenciales presentan la mayor demanda de leña y ésta es utilizada principalmente para la cocción de los alimentos; lo cual ocasiona que el uso abundante de leña en el país sea insostenible y refleja una problemática muy compleja porque involucra variables como elevados niveles de pobreza, falta de cobertura eléctrica, acceso a otras alternativas energéticas, aspectos socio culturales y poco interés político para desarrollar instrumentos públicos, para la gestión y utilización eficiente de los recursos naturales que resulten en un balance energético sostenible y garanticen mejorar la vida de los guatemaltecos.

Todos estos hechos motivan y obligan a investigar otras fuentes alternativas para generar energía y muestran la necesidad de desarrollar tecnologías que permitan aprovechar el potencial calorífico de desechos y contribuyan en reducir la demanda energética de leña, así como minimizar los graves daños que provoca en el ambiente la utilización de leña como fuente energética.

Existen medidas eficientes y viables que podrían apoyar el desarrollo y la economía en las áreas rurales del departamento de Suchitepéquez; por lo que, en la presente investigación se analizan los dendroenergéticos, específicamente el uso de la cáscara de coco como sustituto de leña para



contribuir en el desarrollo de propuestas para reducir la demanda energética de leña en el país.

El trabajo de investigación se desarrollará en cuatro capítulos, el primero consistirá en el marco teórico y conceptual, el cual abordará aspectos generales del coco, distribución nacional, biomasa y briquetas; en el segundo se presentará la recolección de datos, en el cual se empleará análisis estadístico y modelación matemática para definir la viabilidad de utilizar cáscara de coco para la producción de briquetas que permitan reducir la demanda energética de leña; en el tercer capítulo, se presentarán y analizarán los resultados, y se planteará una propuesta; por último, en el cuarto capítulo se discutirán los resultados.

Los resultados que se obtengan de la investigación permitirán contar con una evaluación potencial para desarrollar la producción de briquetas, a partir de la cáscara de coco; asimismo se podrá plantear una propuesta para implementar el estudio en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez.

Se pretende determinar herramientas técnicas para el monitoreo e implementación del estudio, y presentar un análisis técnico de los procedimientos empleados. También se establecerán los insumos para que en el futuro pueda analizarse la posibilidad de realizar cambios, siempre procurando la disminución de los impactos nocivos al ambiente. Por lo tanto, se presentarán las conclusiones del estudio y las recomendaciones de llevarse a cabo la implementación de lo propuesto.

## 2. ANTECEDENTES

Aunque el uso predominante del cocotero es la copra (la carne seca del coco), de la cual se extrae aceite que es bastante cotizado en industrias alimenticias y de cosméticos; y los restos que quedan sirven para pasto animal. La parte dura del coco o endocarpo es utilizada como combustible por el gran valor calorífico que posee (7500–7600 cal/g), asimismo sirve de materia prima en la fabricación de carbón activado (Carbón activado a partir de la cáscara de coco, Luna, González, Gordon y Martín, México 2007).

Según estudio preliminar del potencial energético de huesco de palma y cáscara de coco en Colombia (Forero-Núñez, Cediell-Ulloa, Rivera-Gil, Suaza-Moltalvo, Sierra-Vargas; 2012), de la cáscara de coco se puede utilizar la fibra para elaborar aislantes térmicos y fibras textiles y el endocarpo puede usarse como recipiente, combustible y en artesanías. La cáscara de coco puede ser aprovechada como biomasa (fuente de energía), debido a que el valor calorífico de la capa fibrosa es de 14,70 MJ/kg, siendo el 33 % del fruto, el cual frecuentemente es eliminado como residuo sólido; asimismo, la capa dura cuenta con un valor calorífico de 23,01 MJ/kg, constituyendo el 15 % del fruto, contando con mayor poder calorífico. Considerando que toda la cáscara se desecha como residuo sólido y que se puede utilizar como biomasa sin perjudicar la seguridad alimentaria, y sabiendo que es un recurso considerado renovable, lo convierte en una excelente opción para ser utilizado en la generación de energía.

Un estudio de la FAO realizado en la República del Camerún (FAO, 2006), demostró que con mejorar el rendimiento en la producción de carbón vegetal y

usando mejores hornillos, se pueden rescatar al año y para otros fines 1,9 millones de m<sup>3</sup> de combustible de madera. Países en desarrollo como Brasil, están redescubriendo técnicas industriales de la madera, como la gasificación. Algunas compañías brasileñas utilizan los gasificadores para el funcionamiento de vehículos, alimentar hornos y elaborar cal, logrando reducir el consumo de madera de 2.5 a 0.8 toneladas por tonelada de cal producida. En Brasil, el carbón vegetal sirve de combustible para los gasificadores, también pueden utilizarse cortezas de coco para su funcionamiento, con lo cual se logra reducir el costo del equipo.

El potencial estimado de la biomasa es de 100 EJ/año, representando más del 30 % del consumo de energía primaria global y de los cuales el 41,6 EJ/año provienen de la madera. Para evaluar el potencial que posee la biomasa se deben considerar varios aspectos, entre ellos, las propiedades fisicoquímicas como el contenido de humedad, de carbono, poder calorífico y la densidad, que determinan el uso y aplicación real de determinados tipos de biomasa. A pesar de que la biomasa tiene valores ligeramente inferiores a los del carbón, produce significativas cantidades de energía por kilogramo de sustancia en el proceso de combustión. En particular, el mayor poder calorífico de la cáscara de coco como fuente de biomasa es de 18 a 19 HHV (Producción y uso de pellets de biomasa para la generación de energía térmica: una revisión a los modelos del proceso de gasificación - Forero, Guerrero y Sierra, julio 2012).

Al activar la cáscara de coco a alta temperatura (800 °C) en presencia de vapor de agua puede obtenerse un carbón hidrofílico (afinidad con el agua), microporoso (con ultramicroporos de diámetros < 0,7 nm), adecuado para aplicaciones que involucren separación de gases; pero, activándola a una temperatura menor (450 °C) y empleando un agente químico, como ácido fosfórico o cloruro de zinc, puede obtenerse un carbón hidrofílico de poros más

anchos (con mesoporos  $> 2$  nm) el cual puede utilizarse para aplicaciones en fase líquida (Reinoso, 2005).

Los cocos se clasifican como frutas tropicales y se pueden encontrar en grandes cantidades en las costas de Guatemala, su producción no es muy tecnificada y las familias, en su mayoría, los siembran para utilizarlos como sombra o cercos de potreros. El lugar de mayor concentración de los cocos es la Terminal, zona 4 de la Ciudad Capital, convirtiéndose en un lugar con gran concentración de desecho del coco, debido a que la mayoría de negocios vende los cocos ya pelados; se calcula que diariamente se pelan de 5,000 a 7,000 cocos (dos camionadas de desecho, 20 metros cúbicos de estopa aproximadamente). Para recolectar el fruto existen intermediarios que llegan a cada región y compran el coco por bultos, de familia en familia; y uno de los municipios en los que regularmente se realizan las compras es San Antonio Suchitepéquez (Caracterización física, mecánica y química de fibras de desecho del fruto del coco, para utilización en matrices fibro-reforzadas; Oscar David Toj Atz, Guatemala septiembre 2008).



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Descripción del problema**

La leña como recurso energético e insumo para preparar los alimentos, principalmente en las poblaciones del área rural del país, está siendo utilizada de manera irresponsable. Según estudio desarrollado por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar (IARNA, 2012), el 95,3 % de las familias del área rural dependen de la leña, y el uso promedio por familia asciende a 2,7 metros cúbicos al año.

El balance de la oferta y demanda de leña del país tiene un déficit anual de 5 725 290 toneladas con base seca, lo cual indica que para satisfacer la demanda se está avanzando sobre las reservas forestales del país. Según estudio de oferta-demanda de leña en la República de Guatemala realizado por el INAB en alianza con la URL-IARNA y la FAO (INAB, IARNA-URL, FAO,2012), existen 142 municipios con déficit crítico de oferta de leña y se puede predecir que la demanda seguirá aumentando, debido al crecimiento poblacional y a la agudización de las condiciones de pobreza en el país.

En el caso específico del departamento de Suchitepéquez, en el balance oferta/demanda de leña, presenta un déficit de 48 000 Ton/biomasa/anual; así como para el resto del país, exceptuando Petén, Izabal y Alta Verapaz, también el balance es negativo, lo cual señala un déficit en el abastecimiento sostenible de leña.

Siendo el crecimiento poblacional un factor importante directamente relacionado al consumo de leña, Suchitepéquez según proyecciones de población (Caracterización Departamental Suchitepéquez 2012), el número de habitantes fue de 529,096, representando el 3,5 % de la población total estimada para ese año (15,073,375). Siendo su incidencia de pobreza total, según resultados de la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2014, de 63,8 %. Entre los años 2006 y 2014 el aumento de la pobreza en Suchitepéquez fue de 9.1 puntos porcentuales.

Por lo que, es inminente que el uso de leña con fines energéticos sea insostenible, generando una serie de problemas asociados a la salud, ambiente, recursos naturales y a la seguridad energética, al ser dependientes de un solo recurso como fuente energética primaria.

En el país no existe un estudio sobre la cáscara de coco y el uso que podría dársele como biomasa alternativa para la reducción de la demanda energética de leña, a través de la elaboración de briquetas. Guatemala cuenta con extensas áreas aptas para el desarrollo del cultivo de coco (2697.79 km<sup>2</sup>), de los cuales 174,97 Km<sup>2</sup> se ubican en Suchitepéquez. Lo cual demuestra que el coco es un cultivo importante en el país, pero la falta de estudios sobre el manejo y utilización eficiente de los desechos de este fruto provocan un desaprovechamiento del potencial energético de la cáscara de coco, que podría ser parte de la solución en la reducción de la demanda de leña en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez.

### **3.1.1. Preguntas de investigación**

#### **3.1.1.1. Pregunta central**

¿Qué alternativas de proyectos para la reducción del consumo energético de leña en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez, podrían ser viables técnica y financieramente, mediante el uso eficiente de la cáscara de coco como biomasa alternativa?

#### **3.1.1.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Qué potencial energético se puede obtener con el uso de la cáscara de coco como fuente alternativa de biomasa, en la región de Suchitepéquez para la sustitución de leña?
- ¿Qué proyectos se podrían implementar técnicamente en el sector residencial de Suchitepéquez, para la gestión y uso eficiente de la cáscara de coco?
- ¿Cuál es la viabilidad financiera de la implementación de dichos proyectos con fines energéticos?
- ¿Cuáles serían los beneficios ambientales asociados a la reducción de leña, en el departamento de Suchitepéquez?





## **4. JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de la presente investigación, se realiza en armonía a la línea de investigación “Gestión y uso eficiente de la leña en Guatemala”, del Programa de maestría en Energía y Ambiente, contribuirá a la investigación y desarrollo de propuestas para abordar uno de los mayores problemas del país, en el ámbito energético y ambiental.

Desde hace algunos años, organismos nacionales e internacionales han realizado diversos estudios sobre el uso de leña, estufas de leña, impactos ambientales, daños a la salud, cambio climático, sustitución de combustibles, y algunos otros temas sobre el combustible para cocinar alimentos. Dichos estudios, en su mayoría, coinciden en la necesidad de disminuir el uso tradicional de la leña y su participación en el consumo energético, mejorar su uso, manejo y aprovechamiento; reducir los efectos nocivos del humo en la salud de las personas; facilitar la adopción de tecnologías apropiadas para el uso eficiente de la leña; favorecer la conservación de los bosques; garantizar la provisión de energía sustentable y contribuir a mitigar los efectos del cambio climático.

Actualmente se cuenta con estudios e investigaciones sobre la oferta y demanda de leña en Guatemala, en los cuales se identifican los departamentos y municipios con mayor déficit de leña; asimismo, como parte de la Política Energética, se han implementado algunos proyectos piloto de estufas ahorradoras de leña y programas de educación en el uso eficiente de la leña; sin embargo, estas acciones están lejos de ser una solución a la problemática

del consumo de leña en el país, porque el problema implica aspectos sociales, culturales, tecnológicos, ambientales, económicos y políticos.

En el sector residencial del área rural del departamento de Suchitepéquez existe alta demanda de leña (según datos ENCOVI-2011), en el cual el 94 % de los hogares consumen leña. Considerando que este departamento cuenta con 174.97 km<sup>2</sup> de áreas aptas para el cultivo del coco. Una posible solución a la problemática expuesta, sería el análisis del uso de la cáscara de coco como alternativa para la reducción de la demanda energética de leña en dicho sector del departamento de Suchitepéquez, ya que por su alto poder calorífico puede ser utilizada en la generación de energía.

Es importante realizar un estudio que presente una evaluación potencial para desarrollar la producción de briquetas, a partir de la cáscara de coco, con el fin de suplir energía para las cocinas en el sector residencial del área rural del departamento de Suchitepéquez. Para lo cual, es necesario analizar varios aspectos que permitan determinar la viabilidad de la materia prima, las escalas de producción a considerar para obtener las briquetas, los costos de producción y de inversión, la cantidad de hogares que podrían ser suplidos con briquetas, la cantidad de trabajos que se generarían; así como, algunos indicadores financieros para evaluar la factibilidad financiera de implementar la producción de briquetas.

Con la implementación del presente estudio, se estaría beneficiando al sector residencial del departamento de Suchitepéquez, principalmente en salud y economía; asimismo, dicho departamento y el país como tal serían beneficiados, con la reducción de la demanda energética de leña, se contribuye con la disminución de la contaminación ambiental y el fortalecimiento de suelos y bosques, adicional a esto se generarían empleos.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Determinar la factibilidad técnica y financiera de proyectos para la reducción del consumo energético de leña en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez, mediante el uso eficiente de la cáscara de coco como biomasa alternativa.

### **5.2. Específicos**

1. Evaluar el potencial energético de la cáscara de coco como biomasa alternativa y las variables asociadas a la demanda de leña, en el departamento de Suchitepéquez.
2. Determinar la factibilidad técnica para la implementación del uso de biomasa proveniente de la cáscara de coco, en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez.
3. Calcular la factibilidad financiera para el desarrollo del proyecto de uso eficiente de la cáscara de coco con fines energéticos.
4. Determinar los beneficios ambientales asociados a la reducción del uso de la leña, en el departamento de Suchitepéquez.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

Actualmente, en el país no existen estudios sobre el uso de la cáscara de coco como biomasa alternativa, para la reducción de la demanda energética de leña; Por lo que, la presente investigación se enfocará en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez, el cual tiene un consumo promedio per cápita de leña de 1.1 mt<sup>3</sup>/persona/año en el área urbana y 3.6 mt<sup>3</sup>/persona/año en el área rural, siendo uno de los mayores consumidores per cápita de leña del país.

El presente trabajo pretende generar información útil que permita determinar la cantidad de desecho del coco que podría utilizarse como biomasa; así como proponer y analizar la fabricación de briquetas de cáscara de coco, como posible sustituto de la leña.

Con lo que se espera plantear una propuesta que pueda servir para ensayo a pequeña escala de la elaboración de briquetas de la cáscara de coco, como alternativa para reducir la demanda energética de leña, en el departamento de Suchitepéquez.

Los alcances de esta investigación están dirigidos a documentar técnica y financieramente la factibilidad de implementar un proyecto de producción de briquetas, a partir de la cáscara de coco en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez, a partir de métodos exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo, que permitan despertar el interés en personas visionarias que deseen mejorar las condiciones de los hogares y contribuir con el ambiente, implementando lo propuesto en el presente estudio.



## 7. MARCO TEÓRICO

### 7.1. Aspectos generales *del coco*

El fruto conocido como coco ofrece muchas utilidades, desde combustible hasta medicina. Hace miles de años que el hombre conoce sus utilidades, pero la investigación para desarrollar su potencial todavía está en una fase inicial.

El nombre científico de la planta de coco es *Cocos nucifera*, es una especie única en su género. La planta de coco fue cultivada por muchos siglos en el sureste asiático, por lo que se cree que dicha planta es originaria de esa región; pero existen discusiones al respecto, ya que existen evidencias que demuestran que el coco también se ha cultivado en América y Nueva Zelanda, desde hace mucho tiempo.

El árbol de coco es relativamente grande, su altura puede llegar hasta los 30 metros, y actualmente pueden encontrarse en la mayoría de las zonas costeras tropicales del mundo. El coco, técnicamente, es una drupa, significa que su fruto está protegido por una cubierta dura, la cual contiene un “hueso” leñoso y “pulpa” fibrosa. Como ejemplo de drupas, se pueden mencionar el mango, la aceituna, la ciruela y la nuez.

El coco cuenta con dos partes comestibles. La cáscara está formada por dos capas, una capa superior externa que es fibrosa y normalmente es retirada y desechada para comercializar los cocos; y la otra capa, la cual es rígida, es la cáscara interior, pertenece al “hueso” y envuelve a las partes comestibles, que son la pulpa y el agua.



### **7.1.1. Descripción**

La palma cocotera es cultivada principalmente en países tropicales y es apreciada mundialmente por su fruto, conocido como coco, el cual es muy utilizado y valorado en la industria alimentaria.

La planta es aprovechada en su mayoría; la madera de la palma es utilizada en la fabricación de muebles y la raíz es valorada por sus propiedades medicinales; el agua de coco es una bebida natural refrescante e hidratante; de la nuez se obtienen varios subproductos como el aceite, el cual es utilizado en cosmetología y para generar biocombustibles líquidos; la harina de coco se aprovecha para alimentar ganado; y la cáscara se puede utilizar en la producción de briquetas, gracias a su alto poder calorífico.

### **7.1.2. Propiedades de la cáscara de coco**

La cáscara de coco consta de dos capas, la fibra y el endocarpo (parte dura del coco), las cuales recubren el endoesperma. La fibra se aprovecha para fabricar aislantes térmicos y fibras textiles, el endocarpo se puede utilizar como recipiente, combustible o en artesanías. La cáscara de coco tiene propiedades que la convierten en materia prima apta para ser aprovechada como fuente de energía. La capa fibrosa tiene un poder calorífico de 14,70 MJ/kg y constituye el 33 % del fruto; regularmente es desechada como residuo sólido, por lo que podría usarse como biomasa. La capa dura posee un poder calorífico de 23,01 MJ/kg y constituye el 15 % del fruto, presentando poder calorífico más alto que la capa fibrosa. Tomando en cuenta que la cáscara es desechada completamente como residuo sólido, podría hacerse uso de ella como biomasa sin afectar la seguridad alimentaria. Asimismo, este recurso se considera

renovable; por lo que es un excelente candidato para utilizarse en la generación de energía.

## **7.2. Distribución nacional**

Los cocos son frutas tropicales que se obtienen en grandes cantidades en las áreas costeras de Guatemala, el proceso productivo no está tecnificado y generalmente las familias los siembran para utilizarlos como cercos o sombra, llegan a tener de 10 a 20 cocoteros en sus terrenos.

La venta de cocos en grandes cantidades se observa principalmente en la Terminal de la zona 4 de la Ciudad Capital, su principal uso es para la producción de helados y en menor porcentaje se ofrece o comercializa como bebida. Los intermediarios dedicados a la recolección de coco lo compran por bultos en varias regiones del país y de familia en familia. Las regiones más importantes donde se realizan las compras de este fruto son:

- Escuintla (La Gomera, La Nueva Concepción, Tecojate, El Chontal, Puerto de San José, El Semillero y Tiquisate).
- San Antonio Suchitepéquez.
- Chiquimulilla, Santa Rosa.
- Puerto Barrios, Izabal.

### **7.2.1. Volumen de estopa**

En el país no existe información estadística o registros que permitan conocer con mayor exactitud la cantidad de desechos de cáscara de coco que a diario se genera; sin embargo, un pequeño recorrido por algunos mercados

locales, en los que se generan desperdicios por la venta de cocos, muestra suficiente cantidad de material disponible.

Además, tomando en cuenta que en toda la Costa Sur este fruto es altamente consumido, se puede estar seguro de contar con una cantidad suficiente para poner en marcha un proyecto como el expuesto en este trabajo de investigación. Las cáscaras de coco pueden obtenerse en algunos mercados de varios departamentos del país, principalmente en los lugares de mayor consumo de la fruta y donde la carnaza es aprovechada para fabricar dulces.

El punto de venta más importante de este fruto, como ya se había indicado, se localiza en la Terminal de la zona 4 capitalina, convirtiéndose en el lugar con mayor concentración de desecho del coco; ya que los negocios, en su mayoría, venden el coco ya pelado y se calcula que alrededor de 5,000 a 7,000 cocos se pelan diariamente, esto arroja un volumen de desecho de dos camionadas, aproximadamente 20 metros cúbicos de estopa.

Aproximadamente el total de los desechos del coco termina en los basureros y en mínima parte es recolectado por personas que se dedican a cultivar plantas en viveros, pero lo aprovechado no es significativo si se compara con todo el desecho obtenido.

Los anteriores datos se obtuvieron mediante la observación en el lugar mencionado y gracias a la colaboración de los vendedores que accedieron a entrevistas. Un resumen de las entrevistas se detalla a continuación:

Los puestos de venta son seis en total, tres son mayoristas y tres son minoristas, todas se concentran en un punto específico de la Terminal, llamado El Cocotero. Dos de los mayoristas también se dedican a buscar y comprar

cocos por toda la costa sur de Guatemala, según expresan, estos no conocen fincas que se dediquen al cultivo del coco y menos a la venta, únicamente son familias que ya conocen el día que pasará el camión que recolecta y ellos sacan sus bultos de cocos a la calle para que se los compren.

La venta de cocos es diaria, de lunes a domingo de 5:00 a 17:00 horas, normalmente el pelado solamente se realiza por la mañana, y el criterio generalizado es pedir pelado el coco, porque si no se estarían llevando un peso adicional que prácticamente sería basura.

También existen los revendedores que, por su condición, si se llevan el producto tal y como se encuentra para ofrecerlos en los mercados cantonales. Las temporadas de mayor demanda son para el verano, específicamente para la semana santa y también en diciembre por motivo de las fiestas de fin de año, pues es el fruto básico para la elaboración del tradicional ponche de frutas navideño.

Según la experiencia de los vendedores la cáscara puede utilizarse en remedios caseros, abono para flores, algunas artesanías, como sustituto de la leña y también se hace carbón con el hueso del coco.

### **7.3. Biomasa**

Se define como biomasa a la cantidad de materia orgánica, de origen animal o vegetal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos que pueden ser aprovechados como fuente energética. Su definición es muy amplia, por lo tanto, la biomasa abarca un vasto conjunto de materias orgánicas que se caracterizan por su diversidad, tanto por su naturaleza como por su origen.

La biomasa, en un contexto energético, se puede considerar como la materia orgánica resultado de un proceso biológico, espontáneo o inducido, aprovechable como fuente de energía. Los recursos biomásicos se pueden agrupar en agrícolas y forestales. La materia orgánica de las aguas residuales, los lodos de depuradora, la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y algunos otros residuos de las industrias, también son considerados biomasa.

Para hacer la valoración de la biomasa existen cuatro procesos básicos, mediante los cuales puede transformarse en calor y electricidad: combustión, digestión anaerobia, gasificación y pirolisis.

#### **7.4. Parámetros energéticos y unidades reguladas para la evaluación de la bioenergía**

Las fuentes y productos energéticos se pueden medir por su masa, peso o volumen, pero el elemento principal es el contenido de energía de esas fuentes y productos. El valor de la energía debe evaluarse con respecto a parámetros energéticos, utilizando siempre unidades reguladas. A continuación, se presentan las dos relaciones básicas para la evaluación de la bioenergía, teniendo en cuenta que tanto el poder calorífico como la densidad dependen principalmente de la humedad del combustible de madera.

$$\text{Energía} = \text{masa} \times \text{poder calorífico}$$

$$\text{Masa} = \text{volumen} \times \text{densidad}$$

- Masa: el carbón vegetal y el licor negro (combustibles de madera) se miden en unidades de masa. Las principales unidades de masa que se utilizan para medir los productos energéticos son el kilogramo y la

tonelada métrica. La tonelada métrica (1 000 kg) es la unidad más utilizada regularmente.

- Volumen: las unidades de volumen se utilizan habitualmente para medir la madera en rollo y la leña. Las unidades básicas de volumen (SI) son el litro y el kilolitro, que equivale al metro cúbico. El estéreo o volumen apilado, que se considera como equivalente a 0.65 metros cúbicos sólidos, se ha utilizado frecuentemente en el pasado para medir el volumen de combustible de madera. Actualmente, la FAO, los forestales y otros expertos prefieren medir la madera y la leña utilizando unidades de volumen sólido, generalmente el metro cúbico.
- Densidad: la densidad de la madera (peso por unidad de volumen) varía considerablemente entre diferentes especies y tipos de madera. Las especies más utilizadas para obtener leña suelen tener un peso de 650 a 750 kg/mt<sup>3</sup>. Es importante observar la influencia del contenido de humedad en la densidad de la madera. Cuanto mayor sea el agua por unidad de peso menor será la cantidad de leña. Por ello, es imperativo precisar con exactitud del contenido de humedad al establecer el peso de la leña.
- Humedad: la energía aprovechable de cada biocombustible se ve afectada por la cantidad de agua existente en el biocombustible. Habitualmente, se utilizan dos métodos, referido al producto en seco (ref.pr.seco) y referido al producto en húmedo (ref.pr.húm.) para establecer el contenido de humedad, según el procedimiento utilizado para contabilizar la masa de agua. Es importante distinguirlos, especialmente cuando el contenido de humedad es elevado.

$$Humedad_{ref. pr.seco} = 100x \left( \frac{Peso\ en\ húmedo - Peso\ en\ seco}{Peso\ en\ seco} \right)$$

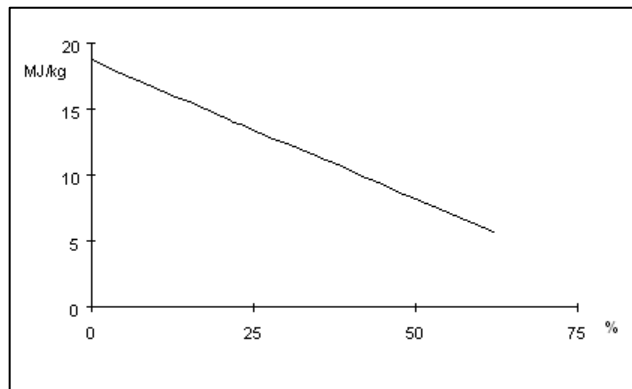
$$Humedad_{ref. pr.húmedo} = 100x \left( \frac{Peso\ en\ seco - Peso\ en\ húmedo}{Peso\ en\ húmedo} \right)$$

En las expresiones anteriores, el peso en húmedo se refiere a la madera quemada y el peso en seco a la madera después de haber sido sometida a un proceso normalizado de secado. Generalmente, la humedad del biocombustible se mide en seco, aunque a veces también se mide en húmedo.

- Contenido de ceniza: otro factor importante del contenido de energía del biocombustible es el contenido de ceniza, que se mide siempre con referencia al producto en seco y se refiere al residuo sólido que persiste tras una combustión total. Si bien el contenido de ceniza de la leña es generalmente del 1 %, algunas especies de agrocombustibles pueden tener un contenido de ceniza muy elevado. Esto influye en el valor energético de los biocombustibles, dado que las sustancias que forman las cenizas no tienen, por lo general, valor energético. Así, los combustibles de madera con un contenido de ceniza del 4 % tienen un 3 % menos de energía que la biomasa cuyo contenido de ceniza es del 1 %.
- Poder calorífico: el biocombustible es un material para quemar o para utilizar como fuente térmica de energía. Se puede medir la cantidad de energía térmica almacenada mediante el valor térmico o calorífico. El poder calorífico superior (PCS) o poder calorífico bruto (PCB) mide la cantidad total de calor que se producirá mediante la combustión. Sin embargo, una parte de ese calor permanecerá en el calor latente de la evaporación del agua existente en el combustible durante la combustión.

El poder calorífico inferior (PCI), o poder calorífico neto (PCN), excluye el calor latente. Por consiguiente, el valor térmico más bajo es la cantidad de calor disponible realmente en el proceso de combustión para captarlo y utilizarlo. Cuanto mayor sea el contenido de humedad de un combustible mayor será la diferencia, entre el PCB y el PCN y menor será la energía total disponible, como se muestra en la figura. Estos parámetros se expresan generalmente en megajulios (MJ/kg) o kilojulios por kg (kJ/kg).

Figura 1. **Figura. Efecto de la humedad (referida al producto en húmedo) sobre el valor térmico**



Fuente: elaboración propia.

- Productividad del carbón vegetal: cuando se registra estadísticamente la conversión de leña (o de combustibles de madera) en carbón vegetal, es necesario tener en cuenta tres aspectos principales: la densidad de madera, el contenido de humedad de la madera y el medio de producción del carbón vegetal. En el siguiente cuadro, se presenta la cantidad de carbón vegetal obtenida a partir de la leña utilizando diferentes tipos de



horno (FAO, Woodfuel Survey, 1983). Generalmente, se considera que un metro cúbico de leña produce 165 kg de carbón vegetal.

Tabla I. **Leña necesaria para la producción de carbón vegetal**

(MCU/tonelada de carbón)

| Tipo de horno           | Humedad de la leña (% , en seco) |     |    |    |    |     |
|-------------------------|----------------------------------|-----|----|----|----|-----|
|                         | 15                               | 20  | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Horno de tierra         | 10                               | 13  | 16 | 21 | 24 | 27  |
| Horno de acero portátil | 6                                | 7   | 9  | 13 | 15 | 16  |
| Horno de ladrillo       | 6                                | 6   | 7  | 10 | 11 | 12  |
| Autoclave               | 4,5                              | 4,5 | 5  | 7  | 8  | 9   |

Fuente: elaboración propia.

- Agrocombustibles: los valores energéticos de los subproductos agrícolas se determinan por el contenido de humedad y de ceniza. Generalmente, los datos correspondientes a esas fuentes de energía no se compilan directamente, sino que derivan de la relación cultivo/desecho o producto final/desecho. En el cuadro siguiente figuran datos correspondientes a los subproductos agrícolas utilizados habitualmente.

Tabla II. **Datos energéticos de determinados subproductos agrícolas**

| Producto         | Humedad      | Contenido aproximado de ceniza | PCI      |
|------------------|--------------|--------------------------------|----------|
|                  | (%, en seco) | (%)                            | (MJ/kg)  |
| Bagazo           | 40-50        | 10-12                          | 8,4-10,5 |
| Cáscaras de maní | 3-10         | 4-14                           | 16,7     |
| Cáscaras de café | 13           | 8-10                           | 16,7     |

Continuación de la tabla II.

|                             |       |       |           |
|-----------------------------|-------|-------|-----------|
| Cáscaras de algodón         | 5-10  | 3     | 16,7      |
| Cáscaras de coco            | 5-10  | 6     | 16,7      |
| Cáscaras de arroz           | 9-11  | 15-20 | 13,8-15,1 |
| Olivas (prensadas)          | 15-18 | 3     | 16,7      |
| Fibras de palma de aceite   | 55    | 10    | 7,5-8,4   |
| Cáscaras de palma de aceite | 55    | 5     | 7,5-8,4   |
| Mazorcas de maíz            | 15    | 1-2   | 19,3      |
| Paja y cáscaras de arroz    | 15    | 15-20 | 13,4      |
| Paja y cáscaras de trigo    | 15    | 8-9   | 19,1      |

Fuente: elaboración propia.

#### 7.4.1. Factores de conversión

A continuación, se resumen los principales factores que deben utilizarse para contabilizar la bioenergía; se tienen en cuenta los distintos tipos de biocombustible y se considera la información que facilitan habitualmente las fuentes de datos primarios. Cabe señalar que el objetivo es obtener el valor energético de una masa o volumen de un determinado biocombustible, de manera que deben utilizarse las expresiones de energía y masa, referidas con anterioridad. Sin embargo, teniendo en cuenta las variaciones sustanciales del valor térmico y del volumen por efecto de la humedad, es aconsejable expresar los valores de los biocombustibles en seco y sin ceniza, especialmente a efectos de su contabilización en los balances de energía. En el siguiente cuadro, se presentan los valores correspondientes a la densidad (necesarios cuando sólo se presenta el volumen del biocombustible) y el valor térmico para un contenido normal de humedad.

Tabla III. **Parámetros básicos para contabilizar los biocombustibles**

| <b>Biocombustible</b>               | <b>Datos primarios</b> | <b>Densidad</b>  | <b>PCI</b> | <b>Humedad</b> |
|-------------------------------------|------------------------|--|------------|----------------|
|                                     |                        | (kg/mcu)   | (MJ/kg)    | (%, en seco)   |
| Carbón vegetal                      | Volumen                | 0,725  | 13,8       | 30             |
| Carbón vegetal                      | Masa, volumen          |  | 30,8       | 5              |
| Combustibles de madera indirectos   | Masa, volumen          | 0,725  | 13,8       |                |
| Combustibles de madera recuperados  | Masa, volumen          | 0,725  |            |                |
| Combustibles derivados de la madera | Masa                   | -  |            |                |
| Licor negro                         | Masa                   |  |            |                |
| Metanol                             | Masa                   |  | 20,9       | 0              |
| Biocombustibles forestales no       | Masa                   | -  |            |                |
| Etanol                              | Masa                   |  | 27,6       | 0              |
| Subproductos agrícolas              | Masa                   | (Véase Cuadro Leña necesaria para la producción de carbón vegetal) |            |                |
| Subproductos de origen animal       | Masa                   | -  | 13,6       |                |
| Subproductos agroindustriales       | Masa                   | -  |            |                |
| Bagazo                              | Masa                   | -  | 8,4        | 40             |
| Residuos de origen municipal        | Masa                   | -  | 19,7       | -              |

Fuente: elaboración propia.

## 7.5. Briquetas

Las briquetas o bloque sólido son bio-combustibles, ecológicos y renovables, y se catalogan como biomasa sólida, sirven para generar calor y son utilizados en estufas, hornos, chimeneas, salamandras y calderas. Es un producto fabricado en forma cilíndrica o de ladrillo, sustituye a la leña y cuenta con muchas ventajas. Briqueta es un término confuso, ya que éstas pueden

estar fabricadas con varios materiales compactados. La materia prima a utilizar en la fabricación de briquetas puede ser biomasa forestal, la cual se puede obtener en fábricas de puertas, muebles, tableros de partículas, aserraderos, etc.; así como, biomasa residual industrial, urbana y carbón vegetal o una combinación de todas. Generalmente están fabricadas con residuos, como cascarilla de arroz, madera, bagazo de caña de azúcar, residuos de pulpa de papel, papel, cáscara de coco, residuos de algodón, cartón, carbón, etc., los cuales se unen con agua y en algunos casos con otros residuos orgánicos.

#### **7.5.1. Composición**

La briketa que más ha sido utilizada es la fabricada con leña de aserrín, conocida como leñetas, éstas no utilizan aglomerante porque la humedad y la propia lignina de la madera sirven como pegamento natural. Son totalmente naturales y ecológicas, debido a que están hechas de residuos forestales como el serrín, ramas, viruta, restos de poda, raleo fino, chips, etc. Estos residuos son molidos, secados a un 10 % de humedad y por último, son compactados para formar las briquetas, que regularmente son cilíndricas o cuadradas. El poder calorífico de la leña de aserrín compactado es mayor que el de la leña tradicional, prenden más rápido, no desprenden humos ni olores y su uso disminuye la tala indiscriminada de árboles.

#### **7.5.2. Ventajas del producto**

- Poder calorífico mayor que el de la leña
- Enciende más fácil y rápido
- Baja humedad
- Alta densidad
- Ocupa menor espacio

- Limpias
- Homogéneas
- Fácil manipulación
- No despiden olores, humos ni chispas
- No se necesitan aglutinantes ni aditivos
- El porcentaje de cenizas es mínimo
- Totalmente ecológicas y naturales

### **7.5.3. Ventajas ambientales**

- Energía limpia no contaminante
- Fuente renovable
- Producidas con residuos forestales
- Favorece la limpieza del medio ambiente
- 100% reciclado
- Natural, no tóxico
- No necesita de conservantes, químicos ni aditivos
- Ocasionan muy poco humo
- No despiden malos olores
- Menos ceniza
- CO<sub>2</sub> neutro, evitando el efecto invernadero, cambio climático y calentamiento global
- Sin impactos ambientales
- Ayuda a preservar el ambiente

#### **7.5.4. Definiciones y términos relacionados**

- Briqueta: es un proceso de compactación o densificación para incrementar la baja consistencia aparente de la biomasa a una densidad mayor (de 150-200 kg/m<sup>3</sup> a 900 - 1300 kg/m<sup>3</sup>).
- Tecnología Manual de Briquetas: se utiliza cuando se trabaja a capacidades de producción a pequeña escala. La tecnología consiste en diseños simples de fácil construcción como el extrusor de tornillo accionado a mano, prensa briqueteadora de palanca, prensa briqueteadora car Jack, etc. (Dahlman & Forst, 2001; Hite & Smith, 2011a, 2011b, 2011c, 2012; Lockard, n.d.).
- Prensa de tornillo: es una tecnología de procesamiento donde la biomasa es extruida continuamente por un tornillo a través de un “taper die” (S C Bhattacharya & Kumar, 2005; S.C. Bhattacharya, 2002; Grover & Mishra, 1996; Poudel, Shrestha, & Singh, 2012; SNNPRs Investment Expansion Process, 2012; Tumuluru, Wright, Kenney, & Hess, 2010; Tumuluru, Wright, Kenny, & Hess, 2010).
- Pretratamiento de la Biomasa: generalmente, el tamaño de la biomasa debe estar entre los 6-8 mm de tamaño con 10-20 % de contenido de polvo (< maya 4) y con un contenido de humedad que no exceda el 10 % (Grover & Mishra, 1996). Sin embargo, debido al diverso rango de biomásas disponibles para la fabricación de briquetas, y las propiedades particulares asociadas a cada tipo (por ejemplo, valor de calentamiento, tamaño, contenido de humedad y composición química), normalmente es necesario un pretratamiento para asegurar las condiciones apropiadas de la biomasa para la producción de briquetas. En este contexto, el proceso

de pretratamiento puede involucrar secado para remover el exceso de humedad, reducción de tamaño (cortado, molienda) y precalentamiento de la biomasa (no mayor a 300 °C) para ayudar en la pérdida de fibras de la biomasa y ablandar su estructura para reducir el desgaste de la prensa de tornillo (Grover & Mishra, 1996). El precalentamiento también puede ahorrar la energía eléctrica necesaria en la fabricación de briquetas. Por ejemplo, para la cascarilla de arroz, por lo menos el 10 % de la energía es ahorrada en máquinas eléctricas convencionales accionadas a motor para la fabricación de briquetas (S.C. Bhattacharya, 2002). Dependiendo del tipo de biomasa, generalmente se requieren tres tipos de procesos, los cuales involucran los siguientes pasos:

- Tamizado – Secado – Precalentamiento – Densificación – Enfriamiento – Empaque.
  - Tamizado – Molienda – Precalentamiento – Densificación – Enfriamiento – Empaque.
  - Secado – Molienda – Precalentamiento – Densificación – Enfriamiento – Empaque.
- Enfriamiento de la briketa: la temperatura superficial del procesamiento de las briquetas en la prensa de tornillo caliente puede exceder los 200°C. El enfriamiento de las briquetas, se realiza en la banda transportadora, la cual mueve las briquetas desde la producción hasta el almacenamiento. El sistema de enfriamiento se basa, en una banda transportadora de acero perforada, para la cual se requiere una longitud apropiada. El ancho de esta banda transportadora debe ser por lo menos 30% mayor que la longitud máxima de las briquetas. La banda transportadora debe ser de por lo menos 5 metros (Grover & Mishra, 1996). Se requiere una cubierta cerca a la salida de la máquina y en

parte de la banda transportadora para ventilar humos tóxicos y mantener el área segura (Grover & Mishra, 1996).

- Empaque y almacenamiento de las briquetas: las briquetas son apiladas en sentido longitudinal y protegidas del agua, idealmente en un cobertizo (Grover & Mishra, 1996). El empaque se requiere para el transporte y la venta de las briquetas en el mercado.
- Eficiencia de transformación del sistema de briquetas: con relación a la conversión del proceso de densificación donde la biomasa es convertida de una densidad aparente baja (80–100 kg/m<sup>3</sup>) a una densidad aparente alta (900 a 1300 kg/m<sup>3</sup>). En general, se ha reportado que cuando la biomasa tiene un contenido de biomasa de 8-10%, las briquetas tendrán una humedad de 6-8% (Grover & Mishra, 1996). Por lo tanto, la masa no cambia mucho comparada con el volumen.
- Trabajador calificado: se considera personal con destrezas particulares o experiencia especializada como operador de maquinaria, supervisor y técnico.
- Trabajador no calificado: se considera personal sin habilidades particulares que soporta las operaciones como ayudantes o personal que lleva a cabo tareas que pueden ser aprendidas fácilmente con un entrenamiento de pocos días.



## 7.6. Componentes del análisis para la producción de briquetas

### 7.6.1. Situación actual del departamento de Suchitepéquez

El departamento de Suchitepéquez se encuentra situado en la región VI o región Sur Occidental, su cabecera departamental es Mazatenango, está a 371.13 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de 165 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala. Cuenta con una extensión territorial de 2,510 kilómetros cuadrados, con los siguientes límites departamentales: al Norte con Quetzaltenango, Sololá y Chimaltenango, al Sur con Océano Pacífico, al Este con Escuintla; y al Oeste Retalhuleu. Se ubica en la latitud 14° 32' 02" y longitud 91° 30' 12". Con un clima generalmente cálido, aunque el departamento posee una variedad de climas debido a su topografía, su suelo es naturalmente fértil, inmejorable para toda clase de cultivos.

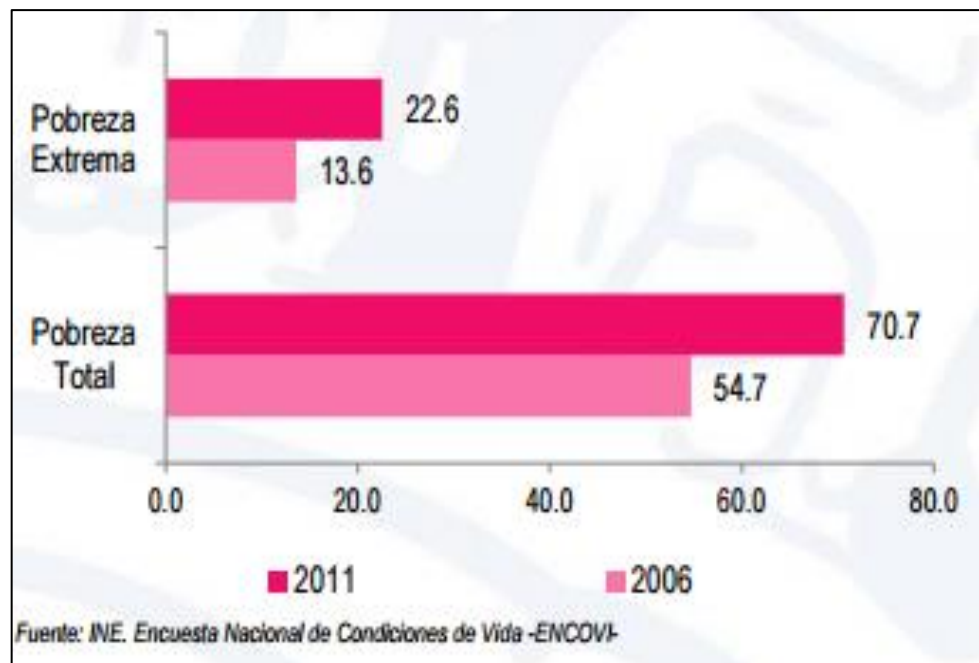
Tabla IV. **Variables, indicadores y cifras estadísticas importantes del departamento**

| <b>Variables e Indicadores del Departamento<br/>2014</b> |             |
|--|-------------|
| <b>Cabecera</b>  | Mazatenango |
| <b>Municipios</b>  | 21          |
| <b>Población total</b>                                   | 529,096     |
| <b>Hombres %</b>   | 48.9        |
| <b>Mujeres %</b>   | 51.1        |
| <b>Población Maya %</b>                                  | 23.5        |
| <b>Población Rural %</b>                                 | 55.1        |
| <b>Índice de Analfabetismo %</b>                         | 17.7        |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE-, Comité Nacional de Alfabetización –CONALFA-

- Pobreza: el departamento de Suchitepéquez presentó en 2011, un aumento de 9.0 puntos porcentuales en el porcentaje de pobreza extrema. La pobreza total, aumentó en 16.0 puntos porcentuales respecto a 2006. En 2011, Suchitepéquez registró una incidencia mayor de pobreza total respecto del promedio Nacional (53,7 %).

Figura 2. **Porcentaje de pobreza y pobreza extrema 2006 y 2011**



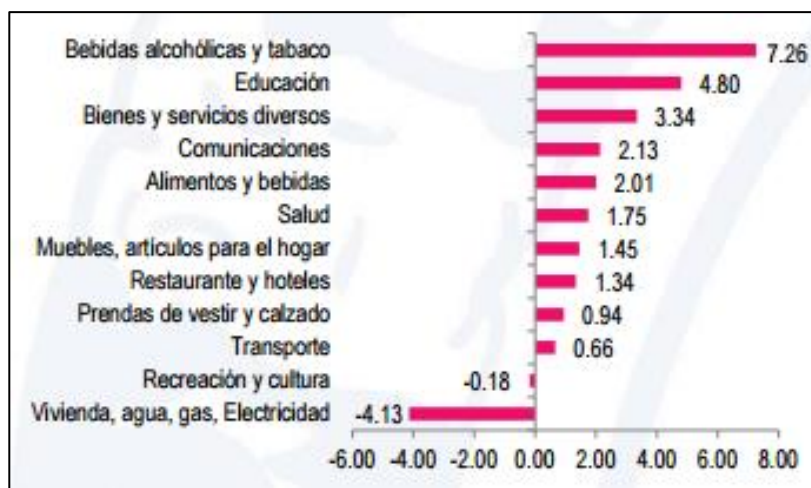
Fuente: INE. Escuela Nacional de Condiciones de Vida –ENCOVI-

- Economía: en Suchitepéquez, la economía está basada principalmente en su producción agropecuaria. Cuenta con una ventaja extraordinaria, la fertilidad y humedad que poseen sus terrenos. Por la existencia de buenas tierras y la abundancia de variedades de pastos, también se cuenta con gran variedad de razas de ganado vacuno, y por ende también empresas que procesan los productos lácteos de buena calidad.

Entre sus industrias sobresalen los ingenios azucareros, beneficios de café, fábricas de hielos y licores, artículos de cemento, fábricas de aceites esenciales, sin faltar también la alfarería y la producción artesanal en algunos de sus municipios.

En cuanto a estadísticas se refiere, de las doce divisiones de gasto que integraron el IPC, en 2013 presentaron las mayores variaciones en la región: bebidas alcohólicas y tabaco, con 7,26 % y educación, con 4,80 %. Por otra parte, la división de: vivienda, agua, gas y electricidad, presentó la variación negativa más baja, con -4,13 %.

Figura 3. **Variación interanual del IPC por división de gasto, región VI 2013**

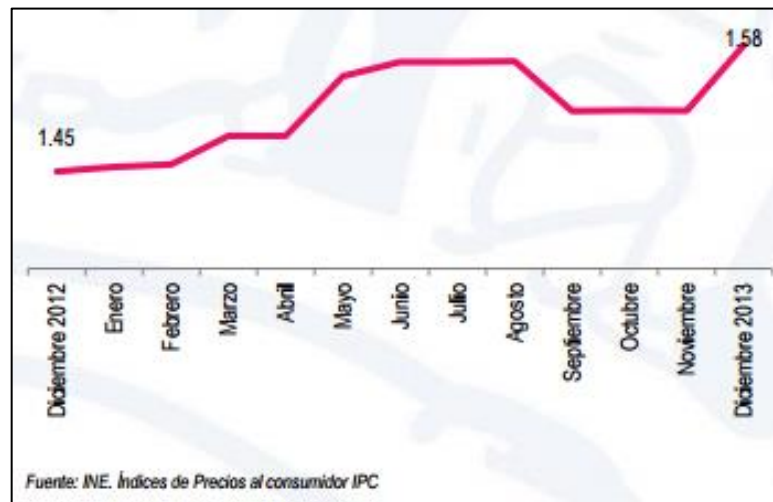


Fuente: INE. Escuela Nacional de Condiciones de Vida –ENCOVI-

El servicio de energía eléctrica presentó a diciembre de 2013, un precio medio en la región VI de Q1,58 por kwh. En comparación con diciembre de

2012 el precio medio del kwh (Q1,45), registró una variación interanual de 8,97 %.

Figura 4. **Precio medio mensual del consumo de energía eléctrica de 101 a 300kwh, región VI 2013**

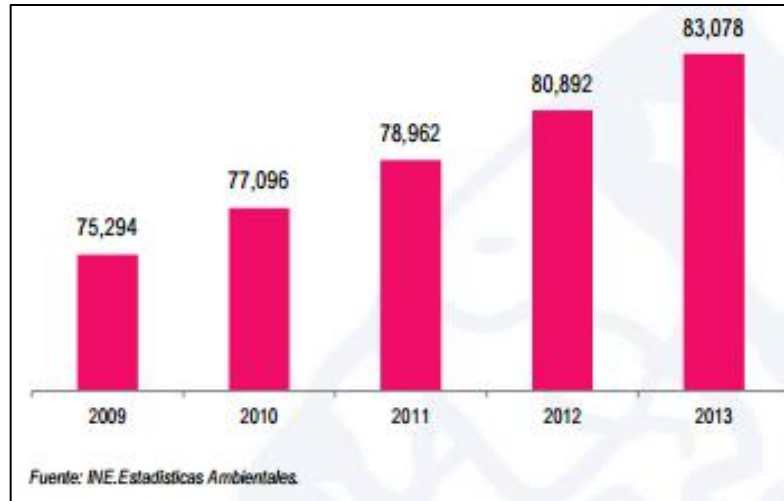


Fuente: INE. Índices de Precios al consumidor IPC.

- Agricultura: en Suchitepéquez, la principal riqueza es la agricultura, siendo sus producciones múltiples, su comercio muy activo y en gran escala, lo que unido a la laboriosidad de sus habitantes lo hacen uno de los departamentos más ricos del país. Por la existencia de buenas tierras y la abundancia de variedades de pastos. Existe gran variedad de verduras, entre las que figuran el güisquil, el tomate, cebolla, culantro, el limón que representa el 11 % del total de la producción nacional, el tomate, la papa, papa malanga, ejote, entre otras verduras que por escasa producción no se exporta a países del extranjero, estas verduras son utilizadas para la venta en mercados locales, consumo familiar y una parte para mercados circunvecinos.

- Producción de frutas: el departamento de Suchitepéquez, produce variedad de frutas como el banano, plátano, la naranja, lima, el mango cuya producción ocupa el 10 % de la producción total nacional, la caña de azúcar ocupa el 8 % de la producción nacional, el plátano que ocupa el 12 % del total de la producción nacional, la caña de azúcar que ocupa el 8 % del total de la producción a nivel nacional, las otras frutas se producen en cantidades pequeñas solo para el consumo familiar, y consumo en mercados locales y de los municipios circunvecinos. Por las cantidades pequeñas que se producen de otras frutas no es posible exportar hacia países del extranjero.
- Infraestructura vial: el departamento de Suchitepéquez cuenta con un total de 534 kilómetros de red vial, de los cuales 266 son carreteras asfaltadas primarias y secundarias. En lo referente a caminos terciarios de terracería el departamento cuenta con un total de 261 kilómetros; también cuenta con 6.42 kilómetros correspondientes a caminos clasificados como rurales.
- Ambiente: en los últimos cinco años, la generación de residuos sólidos presentó una tendencia creciente, alcanzando en 2013 un total de 83,078 toneladas, volumen superior en 2,7 % al total generados en 2012, cuando se registraron 80 892 toneladas.

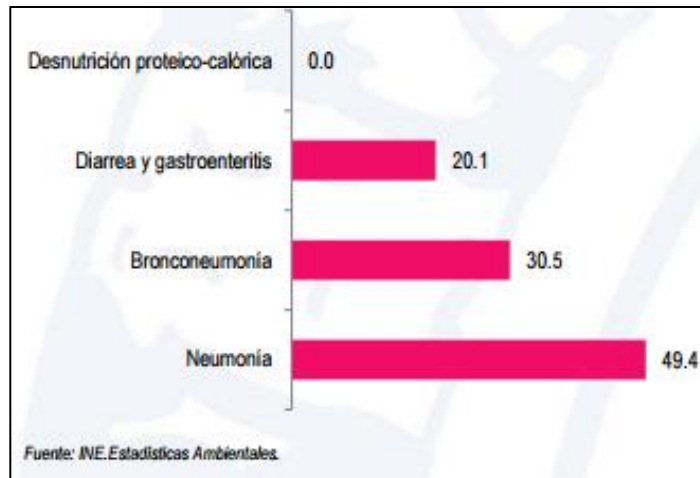
Figura 5. **Generación de residuos sólidos (toneladas) Serie histórica  
2009 – 2013**



Fuente: INE. Estadísticas ambientales.

En 2013, la principal causa de defunciones asociadas a factores ambientales, fue: Neumonía, con 49,4 %; en tanto que la que presentó una menor incidencia fue: Diarrea y gastroenteritis, con 20,1 %.

Figura 6. **Distribución porcentual de defunciones asociadas a factores ambientales, clasificadas por enfermedad 2013**



Fuente: INE. Estadísticas ambientales.

- Perfil de medios de vida de Guatemala, Zona 13, Pesquera y Agricultura de Subsistencia: la zona está ubicada en la franja costera del Pacífico, dedicada a la pesca artesanal para consumo y subsistencia de parte de la población y a la agricultura de subsistencia en cultivos como maíz, ajonjolí, papaya, plátano y coco por algunos grupos socioeconómicos. Se encuentran en la zona tres grupos socioeconómicos: pobres, medios y acomodados que se diferencian entre sí por la posesión de bienes productivos y la tenencia de la tierra, siendo los pobres agricultores que alquilan tierra para su producción de autoconsumo, y venden su mano de obra. Los medios, como cuentan con algunos bienes productivos, se dedican a la pesca artesanal y a la agricultura de subsistencia para venta y consumo. El último grupo, los acomodados, se dedican a actividades similares, pero con algún grado de tecnificación agrícola y pesquera

(botes con motor, atarrayas) que les permite tener volúmenes de producción mayores.

Por tanto, una intervención en la zona debe estar dirigida a la tecnificación y diversificación agrícola y pesquera, así como al establecimiento de cooperativas para la comercialización. También, la explotación turística es un alto potencial de desarrollo.

Figura 7. Descripción de la zona



Fuente: INE. Estadísticas ambientales.

Descripción de la zona: la zona está ubicada al sur de la capital, comprendida por toda la Costa Pacífica del país. Su clima es cálido-húmedo, con temperaturas promedio entre 32 °C – 37 °C. (89 °F – 98 °F) y cuenta con vegetación latifoliada, pastos, manglares, palmas, entre otros. El 80 % está formado por superficies planas y el área restante es ondulada. Presenta alta riqueza hídrica, constituida por los ríos Samalá, Naranjo, Ococito, Sis, Nahualate, Coyolate, Achiguate, Bolas, Madre Vieja y Sigüacán, además del



Océano Pacífico, principal recurso para la pesca y el área de manglares hospedero natural, para la producción de larvas de camarón.

Las principales actividades de la población en la zona son la agricultura. Las principales fuentes de empleo son las agro exportadoras, los propietarios de equipos de pesca y las constructoras; cabe anotar que tanto la pesca como la agricultura están amenazadas constantemente por fenómenos naturales, tales como sequías, inundaciones y marea roja, impactando directamente en los medios de vida de la mayoría de la población y obligándolos a emigrar en busca de mejores opciones y oportunidades de generación de ingresos, en otras zonas.

Durante los meses de enero a abril, se migra a los cortes de caña en la zona 12, también a realizar oficios domésticos y actividades de construcción a los centros urbanos de la misma zona en Mazatenango, Retalhuleu y Escuintla, además de los centros turísticos que están teniendo auge en la zona. Existe también migración hacia los Estados Unidos, debido a la falta de oportunidades de empleo y opciones de generación de ingresos, por parte de los pobres y los medios, que tienden más a emigrar. Otra actividad importante en la zona es la caza de animales silvestres (iguanas, pericos, huevos de tortuga) que constituye una fuente de alimentos e ingresos muy importante, al igual que la extracción de leña y madera de los manglares, por los extremadamente pobres y pobres. Las actividades que realizan los diferentes grupos están en dependencia de sus bienes productivos, no teniendo los pobres acceso a tierras, ni a medios de producción, por lo que recurren al alquiler (de hasta ½ ha) para producir. El grupo medio cuenta con tierra (0,25 ha) y el 15 % de ellos son dueños de los equipos (botes, trasmallos) y el 85 % restante solo cuenta con equipos de pesca artesanales (cañas de pescar y atarrayas). Los acomodados arriendan tierras a los pobres y medios a cambio de dinero (Q800-

Q1000/mz) o de la producción de ajonjolí, empleando la tierra para dos ciclos agrícolas; el primero de maíz para su uso y el segundo ciclo de ajonjolí para el arrendador.

Mercados: los mercados principales para la zona son los mercados de las cabeceras departamentales de Jutiapa, Cuilapa, Escuintla, Mazatenango, Retalhuleu y San Marcos. La comercialización se realiza a través de intermediarios que generalmente pertenecen a los acomodados; y se movilizan a las comunidades para comprar directamente al productor. La mayoría de los productos son comprados por la población más pobre en los mercados locales, puesto que hay muchas dificultades de acceso a los mismos, debido al mal estado de las carreteras de terracerías, además del costo del transporte público marítimo y terrestre.

La zona es un importador neto de alimentos básicos: el frijol es traído de la zona 2 y 8, el azúcar, arroz, aceite, y otros de la capital y las verduras de la zona 5. El único cultivo para consumo y venta dentro de la zona es el maíz. Los mayores mercados de empleo dentro de la zona son las empresas agroindustriales de plátano, banano, papaya, hule y la industria camaronera; el grupo acomodado cuenta con los medios productivos para generar empleo a los pobres y medios.

La falta de trabajo, debido a la estacionalidad de las actividades productivas trae consigo la migración temporal de los medios, durante los meses de enero a abril a la zona 12 para los cortes de caña de azúcar; y para los oficios domésticos y actividades de construcción a la zona 12 (Mazatenango, Retalhuleu, Escuintla) y a la ciudad de Guatemala. También existe migración permanente hacia los Estados Unidos, debido a la falta de oportunidades de empleo y opciones de generación de ingresos en la zona,

siendo los pobres y los medios los de mayor tendencia a emigrar, enviando remesas a sus familias.

Tabla V. **Calendario de temporadas**

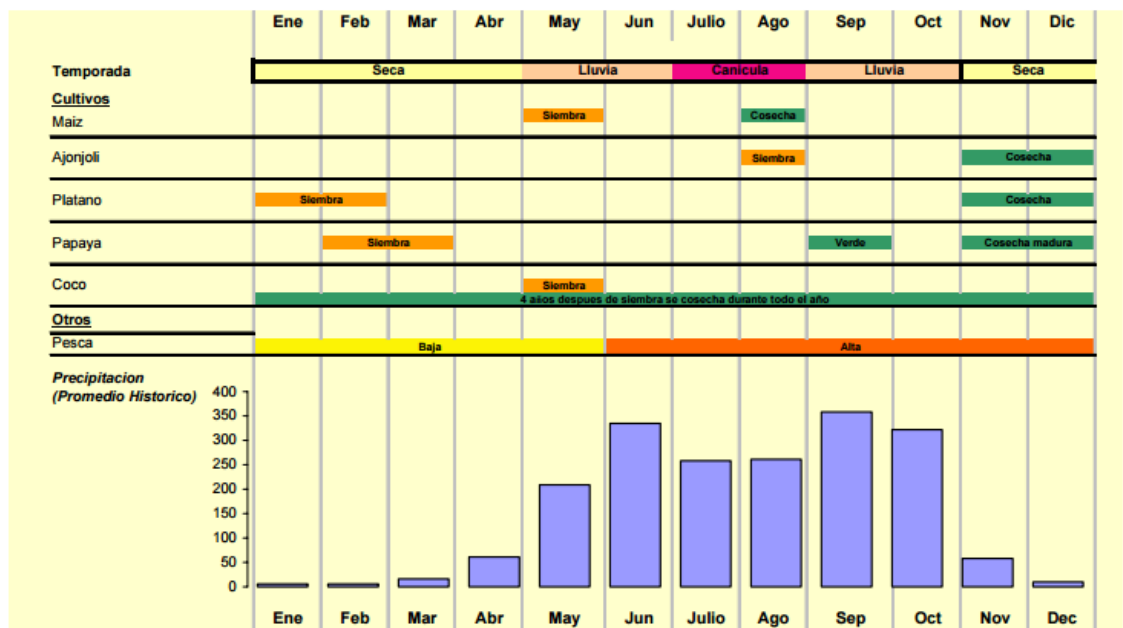
| <b>Población 2002</b> |                              | <b>232.099</b> |
|-----------------------|------------------------------|----------------|
| <b>Por Municipios</b> | <b>La Democracia</b>         | <b>3.673</b>   |
|                       | <b>Masagua</b>               | <b>19.347</b>  |
|                       | <b>Tiquisate</b>             | <b>6.747</b>   |
|                       | <b>La Gomera</b>             | <b>23.986</b>  |
|                       | <b>San José</b>              | <b>41.804</b>  |
|                       | <b>Iztapa</b>                | <b>10.993</b>  |
|                       | <b>Nueva Concepción</b>      | <b>44.672</b>  |
|                       | <b>Chiquimulilla</b>         | <b>13.087</b>  |
|                       | <b>Taxisco</b>               | <b>6.786</b>   |
|                       | <b>Guazacapán</b>            | <b>2.097</b>   |
|                       | <b>Santo Domingo</b>         | <b>4.830</b>   |
|                       | <b>San Lorenzo</b>           | <b>1.482</b>   |
|                       | <b>Mazatenango</b>           | <b>6.540</b>   |
|                       | <b>Retalhuleu</b>            | <b>10.571</b>  |
|                       | <b>Champerico</b>            | <b>6.320</b>   |
|                       | <b>San Andrés Villa Seca</b> | <b>8.205</b>   |
|                       | <b>Ocós</b>                  | <b>8.777</b>   |
|                       | <b>Moyuta</b>                | <b>10.515</b>  |
|                       | <b>Pasaco</b>                | <b>1.669</b>   |

Fuente: INE. Estadísticas ambientales.

Calendario de temporadas: la temporada más importante es la época de lluvia, tanto para la pesca como para la siembra, igual que la entrada de la época seca; y estas constituyen las épocas de más abundancia para la población. La primera y única cosecha de maíz representa el 100 % de la

producción anual, puesto que en la segunda época la tierra se usa para la siembra del ajonjolí. La producción de plátano, papaya y banano es constante, pero aumenta durante diciembre y abril. La migración en la zona no es significativa y se da al cultivo de la caña de azúcar principalmente y la migración constante hacia Estados Unidos.

Figura 8. División por grupo socioeconómico



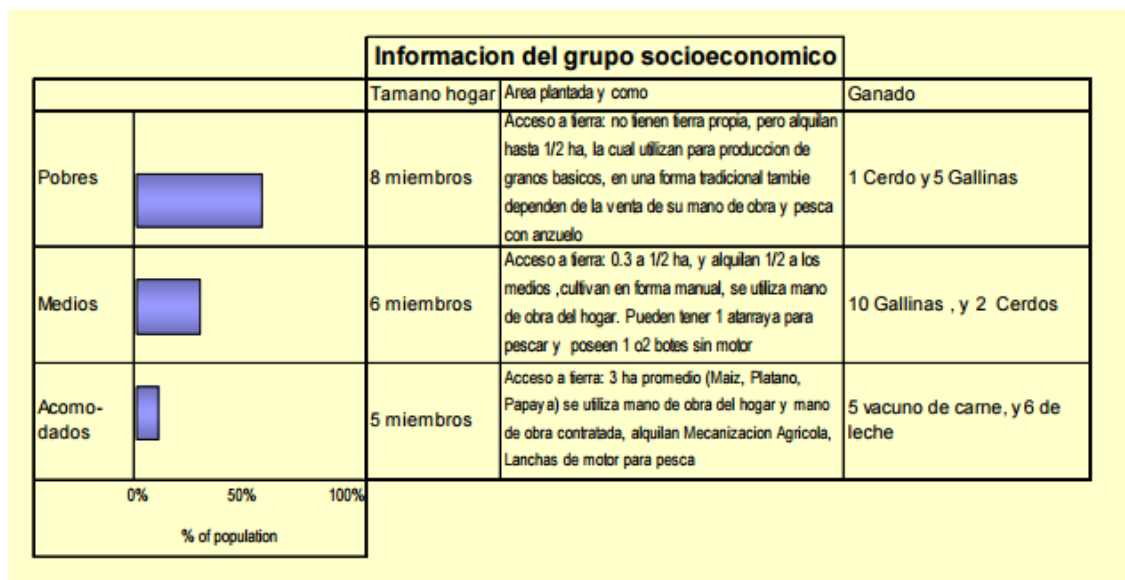
Fuente: INE. Estadísticas ambientales.

División por Grupo Socioeconómico: la población se divide en tres grupos: el 50 % pobre, el 40 % medio y el 10 % que corresponde al grupo acomodado. Los pobres no cuentan con bienes productivos y los medios solo cuentan con una atarraya, a diferencia de los acomodados que poseen sistemas de pesca más completos. El acceso a la tierra también es una limitante para los pobres que tienen que arrendar. Los medios cuentan con 0,3 ha aproximadamente y

arriendan  $\frac{1}{2}$  ha más de los acomodados, quienes ya cuentan con de  $\frac{1}{2}$  a 3 ha. La recepción de remesas como fuente de ingresos adicional es solo para los medios y acomodados. Estas diferencias inciden en el acceso potencial a alimentos e ingresos, ya que los grupos que poseen bienes productivos y acceso a tierra, tienen garantizado el acceso a alimentos e ingresos, a través de la producción, mediante la compra, excepto que ocurra alguna amenaza. Sin embargo, las familias que no poseen ningún bien productivo tienen que vender su mano de obra no calificada para generar ingresos que les permita el acceso mínimo de alimentos básicos; y esta búsqueda de empleo está siempre condicionada por la oferta dentro y fuera de la zona.

La interacción entre los grupos se da donde los acomodados proveen empleo a los medios y pobres y les alquilan tierra. También, los medios contratan a los pobres para que desarrollen las actividades agrícolas en las tierras que alquilan a los acomodados. Se estima que los grupos en la zona son estáticos, debido a que su actividad económica está definida por los bienes productivos con que cuentan. Cabe anotar que el crecimiento poblacional se mantiene, lo que puede constituir un aumento en la pobreza.

Figura 9. Información del grupo socioeconómico



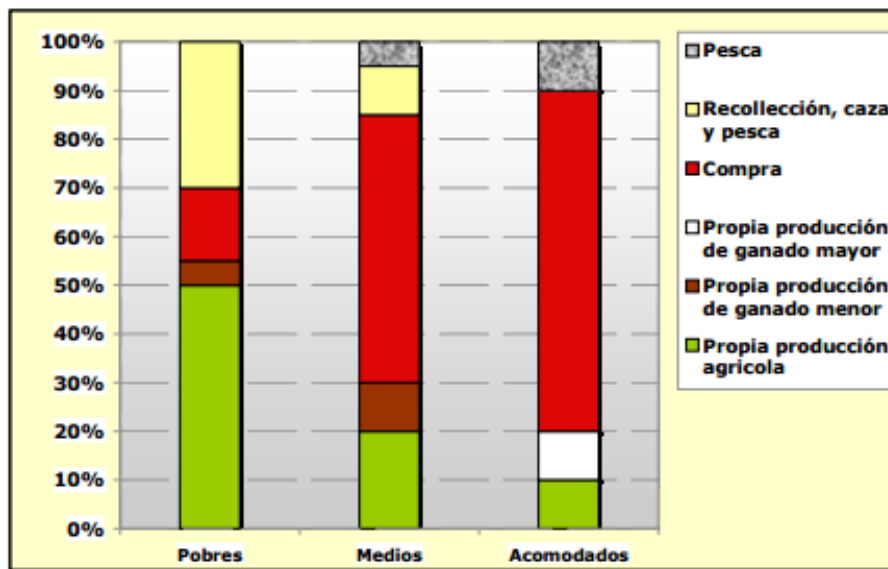
Fuente: INE. Estadísticas ambientales.

Fuentes de alimentos: las principales fuentes de alimento para cada grupo socioeconómico son: para los pobres, la compra, producción propia de cultivos y pecuaria y la recolección; para los medios, igual que el anterior, pero la pesca ya hace parte de sus fuentes de alimentos; y los acomodados tienen como fuentes de alimentos la producción agrícola y pecuaria en mayor escala, al igual que la compra y la pesca. La diversidad de actividades económicas en que están envueltos los acomodados les permite tener mayor acceso a alimentos comparado con los medios y pobres.

Las implicaciones de estas diferencias entre los grupos socioeconómicos condicionan la vulnerabilidad de sus fuentes, puesto que los medios y acomodados, al contar con los medios de producción, pueden producir para la venta, generando ingresos lo que les permite comprar más del 50 % de los

alimentos que consumen. Les permite tener mayor capacidad de respuesta ante las diferentes amenazas a las que están expuestos, mientras que, para los pobres, su alta dependencia de los recursos naturales, hace que cualquier amenaza reduzca sus posibilidades; y, al no contar con medios de producción, la capacidad de respuesta es bastante débil.

Figura 10. **Fuentes de alimentos**



*El porcentaje representa el consume estimado de alimentos obtenido de cada fuente.*

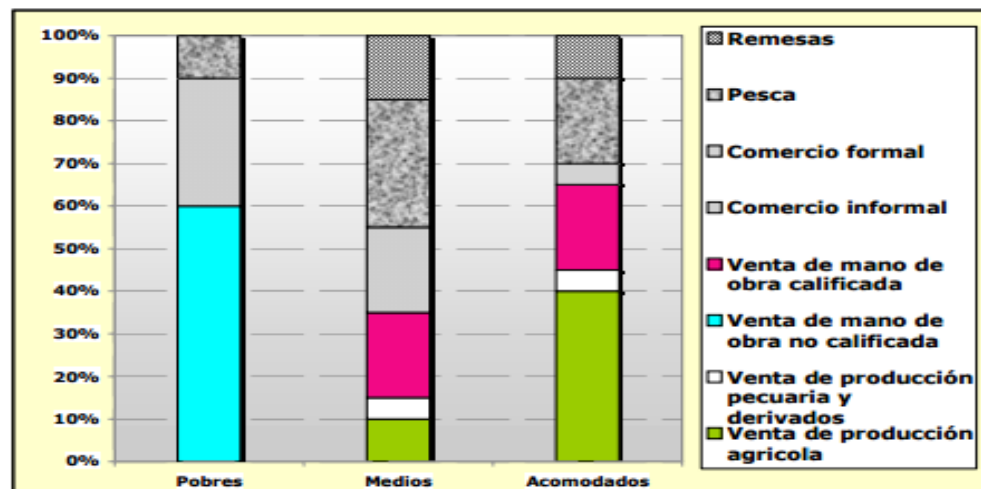
Fuente: INE. Estadísticas ambientales.

Fuentes de ingresos: las fuentes de ingresos para los pobres son en un 60 % ingresos por venta de mano de obra no calificada (agroindustria, construcción y agricultura y también las mujeres en oficios domésticos, venta ambulante de frutas, y huevos). Otra fuente es la venta de animales silvestres y de leña y madera de construcción que extraen de los manglares, tiene un número bien limitado de fuentes de ingreso.

Para los medios, las fuentes son la venta de pesca y animales silvestres, venta de mano de obra calificada y un pequeño grupo de estos que se dedican a la venta de servicios turísticos en Monterrico. Este grupo tiene más fuentes de ingreso, con porcentajes más equilibrados, entre ellos, por lo que su dependencia de una sola fuente es menor.

Para los acomodados la venta de producción agropecuaria, pesca y de mano de obra calificada constituyen sus fuentes de ingreso principales. El grupo pobre, por su carencia de bienes productivos y su calificación para vender su mano de obra, los convierte en un grupo con muy pocas opciones de fuentes de ingresos. Los ingresos que generan son para tratar de cubrir sus necesidades diarias y no les permite prepararse para situaciones difíciles, ante las cuales su capacidad de repuesta es bastante débil y tienen que acudir a ayuda externa (ayuda alimentaria y otras donaciones), a diferencia de los medios y acomodados que tienen otras opciones para contrarrestar el impacto de una crisis, sumado a su mayor capacidad productiva.

Figura 11. Ingreso estimado anual de cada hogar



Fuente: INE. Estadísticas ambientales.



## **7.7. Amenazas**

### **7.7.1. Amenazas crónicas/frecuentes**

- Lluvias: una prolongación de la época de lluvias provoca saturación del suelo y pérdida de cultivos afectando a los pobres especialmente, puesto que su única fuente de ingresos es la agricultura.
- Plagas: la presencia de plagas tiene efecto en la situación económica de los pobres que a veces no cuentan con los recursos para combatirlos o tienden a vender ganado menor para adquirirlos, dejándolos más vulnerables a una amenaza futura.
- Bajos precios de la producción pesquera: la estación de pesca es intensa; y es también cuando los precios son bajos, por tanto, el margen de ganancia no es ventajoso.
- Enfermedades de las personas: se presentan enfermedades como el dengue y la malaria que son evidentes en la época de mayor pesca.

### **7.7.2. Amenazas potenciales/periódicas**

- Sequía: las variaciones en la duración de la canícula provocan pérdidas en cultivos por ausencia de lluvias.
- Sobreexplotación de los recursos: lo que está exterminando la fauna y la flora de la zona, pues estos recursos están siendo empleados como fuente de ingresos por los grupos socioeconómicos más pobres.

- Las técnicas modernas de producción pesquera: han creado una súper producción de pesca en ciertas especies con una reducción de los recursos marinos básicos que son de los que depende la población.
- No existe una política nacional con respecto a los pescadores tradicionales: la legislación actual solo cubre a la industria camaronera.
- Acceso limitado a servicios básicos: pocas comunidades tienen acceso a escuelas, sanidad y electricidad, lo que disminuye sus posibilidades de desarrollo.
- Falta de equipos para la pesca: debido a la demanda alta de inversiones en equipos para la industria pesquera comercial, las oportunidades para los pescadores artesanales dependen de las condiciones de empleo ofrecidas por los dueños de los barcos.

Estas amenazas afectan el acceso a alimentos e ingresos puesto que provocan pérdidas de cosechas para la venta y para consumo propio y provocan incrementos en los precios de los alimentos básicos. De esta manera, el impacto de la amenaza condicionará el fenómeno de migración, puesto que, si su impacto negativo es alto, esta es la alternativa que tiene la población para contrarrestarla.

## **7.8. Estrategias de respuesta**

### **7.8.1. Expansión de estrategias existentes**

Para las principales amenazas periódicas, las principales estrategias de respuesta de los diferentes grupos socioeconómicos son:

- Emigración hacia otras zonas (temporal y flotante) y a Estados Unidos (permanente, solo grupo de clase media).
- Incremento en la pesca artesanal en el caso de sequías y las lluvias excesivas.
- Incremento en el uso de productos orgánicos para las plagas.
- Para el fenómeno de sobreexplotación de los recursos a nivel estatal se recurre a un monitoreo más agresivo de la explotación.

### **7.8.2. Estrategias en momentos de crisis**

- El incremento en la pesca artesanal como única estrategia que tienen los pobres en los momentos de crisis ocasiona la despoblación de esta especie lo que indica en un futuro cercano no se contará con este recurso tan importante en la zona.

### **7.8.3. Indicadores de Crisis Inminentes**

- Se identifican como indicadores para la sobreexplotación de los recursos animales, la disminución en la población de gaviotas que indica baja en los niveles de pesca.
- La presencia de una sequía se identifica si las lluvias no se presentan en el periodo comprendido entre el 15 al 30 de abril y, para detectar la llegada de plagas, un aumento en la temperatura de 33 °C a 40 °C (91°F – 104 °F) indica la probable presencia de estas.

- La baja en los precios de la pesca se identifica en los meses de junio a diciembre cuando se presenta el mayor período de pesca que va acompañado de bajas en los precios de venta del mismo.

#### **7.8.4. Demanda energética y balance de energía**

La leña es la principal fuente energética para la cocción de alimentos para más de nueve millones de guatemaltecos, principalmente del área rural. La Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2006 encontró que nueve de cada 10 guatemaltecos del área rural y cinco de cada 10 en las áreas urbanas, dependen de la leña como fuente energética (CEPAL 2011). El consumo de leña también está estrechamente asociado a las condiciones de pobreza imperantes en el país. Según el Perfil Ambiental 2008-2009 (URL/IARNA 2009), el 74 % de la población guatemalteca tiene un vínculo directo con el bosque, y de ésta el 45 % vive en condiciones de pobreza y el 21 % de pobreza extrema; para esta población la leña constituye su principal fuente de energía para la cocción de alimentos. Esas estadísticas muestran que el bosque es importante para una alta proporción de la población guatemalteca por ser una fuente importante de bienes y servicios, sobre todo como fuente de energía.

Según estimaciones realizadas en el marco de la Cuenta Integrada de Bosques (URL/IARNA 2009) para el año 2006; sobre la utilización de productos forestales maderables por diferentes sectores; fueron los hogares los principales usuarios de los bienes maderables del bosque, consumiendo más de 20 millones de metros cúbicos, de los cuales más del 90 % fueron utilizados para leña. El consumo de leña es generalizado en todo el país (URL – IARNA, 2009).

Existen 142 municipios que presentan déficit crítico de oferta de leña y es predecible que la demanda seguirá aumentando, debido al crecimiento poblacional y a la agudización de las condiciones de pobreza en el país y el incremento en los derivados del petróleo (Figura 2). La leña constituye uno de los principales aportes de los bosques a la economía del país. Según la cuenta integrada de Bosques (BANGUAT/IARNA-URL) el aporte que los bosques al sector energético del país, en términos monetarios puede estimarse de tres diferentes maneras: como generador de riqueza, como generador de empleo y por la sustitución de importaciones.

Tabla VI. **Balance oferta/demanda de leña por departamento**

| Departamento   | Ton/biomasa/anual |
|----------------|-------------------|
| Alta Verapaz   | 421,231           |
| Baja Verapaz   | -36,729           |
| Chimaltenango  | -484,891          |
| Chiquimula     | -281,323          |
| El Progreso    | -23,138           |
| Escuintla      | -415,837          |
| Guatemala      | -431,681          |
| Huehuetenango  | -1,594,847        |
| Izabal         | 354,715           |
| Jalapa         | -289,247          |
| Jutiapa        | -409,610          |
| Peten          | 2,512,559         |
| Quetzaltenango | -752,780          |
| Quiche         | -817,737          |
| Retalhuleu     | -266,436          |
| Sacatepéquez   | -115,991          |
| San Marcos     | -1,624,792        |
| Santa Rosa     | -191,371          |
| Sololá         | -521,920          |
| Suchitepéquez  | -48,000           |
| Totonicapan    | -594,120          |
| Zacapa         | -38,319           |
| Total general  | -5,650,263        |


Fuente: INAB, IARNA-URL, FAO/GEP. 2012.


Tabla VII. **Tamaño del mercado: consumidores de leña por departamento**

2.1 millones de hogares consumen leña  
(1.3 millones en áreas rurales, 0.8 millones en áreas urbanas)

|                | RURAL          |                  |                                 |                  | URBANO        |                  |                                 |                  |
|----------------|----------------|------------------|---------------------------------|------------------|---------------|------------------|---------------------------------|------------------|
|                | Consumen leña  | No consumen leña | Consumen leña                   | No consumen leña | Consumen leña | No consumen leña | Consumen leña                   | No consumen leña |
|                | Hogares        |                  | Proporción de todos los hogares |                  | Hogares       |                  | Proporción de todos los hogares |                  |
| Guatemala      | 63614          | 24026            | 73%                             | 27%              | 161732        | 496057           | 25%                             | 75%              |
| El Progreso    | 18958          | 2771             | 87%                             | 13%              | 9401          | 5188             | 64%                             | 36%              |
| Sacatepéquez   | 8852           | 1191             | 88%                             | 12%              | 31979         | 25467            | 56%                             | 44%              |
| Chimaltenango  | 51847          | 191              | 100%                            | 0%               | 49169         | 12427            | 80%                             | 20%              |
| Escuintla      | 64396          | 11006            | 85%                             | 15%              | 45897         | 37282            | 55%                             | 45%              |
| Santa Rosa     | 42980          | 1507             | 97%                             | 3%               | 27035         | 4804             | 85%                             | 15%              |
| Sololá         | 35301          | 564              | 98%                             | 2%               | 36761         | 2810             | 93%                             | 7%               |
| Totonicapán    | 44432          | 1431             | 97%                             | 3%               | 39128         | 3025             | 93%                             | 7%               |
| Quetzaltenango | 58129          | 3688             | 94%                             | 6%               | 67492         | 33531            | 67%                             | 33%              |
| Suchitepequez  | 50263          | 3159             | 94%                             | 6%               | 29748         | 17570            | 63%                             | 37%              |
| Retalhuleu     | 34368          | 1476             | 96%                             | 4%               | 16713         | 8166             | 67%                             | 33%              |
| San Marcos     | 127073         | 3227             | 98%                             | 2%               | 42546         | 11701            | 78%                             | 22%              |
| Huehuetenango  | 136902         | 2382             | 98%                             | 2%               | 47091         | 18373            | 72%                             | 28%              |
| Quiché         | 109511         | 1307             | 99%                             | 1%               | 47404         | 7739             | 86%                             | 14%              |
| Baja Verapaz   | 36725          | 1351             | 96%                             | 4%               | 14809         | 3717             | 80%                             | 20%              |
| Alta Verapaz   | 139885         | 1577             | 99%                             | 1%               | 36676         | 10015            | 79%                             | 21%              |
| Petén          | 78081          | 2732             | 97%                             | 3%               | 28954         | 12381            | 70%                             | 30%              |
| Izabal         | 46527          | 6328             | 88%                             | 12%              | 18809         | 19555            | 49%                             | 51%              |
| Zacapa         | 25014          | 3571             | 88%                             | 12%              | 12148         | 9557             | 56%                             | 44%              |
| Chiquimula     | 51030          | 1452             | 97%                             | 3%               | 9233          | 11756            | 44%                             | 56%              |
| Jalapa         | 39939          | 1360             | 97%                             | 3%               | 11808         | 9946             | 54%                             | 46%              |
| Jutiapa        | 61008          | 1825             | 97%                             | 3%               | 21233         | 13753            | 61%                             | 39%              |
| <b>Total</b>   | <b>1324835</b> | <b>78122</b>     | <b>94%</b>                      | <b>6%</b>        | <b>805766</b> | <b>774820</b>    | <b>51%</b>                      | <b>49%</b>       |

Leyenda:

pocos hogares consumen leña  muchos hogares consumen leña

% reducido de consumidores de leña  % alto de consumidores de leña


Fuente: Datos ENCOVI-2011, en análisis del mercado de estufas y combustibles de Guatemala realizado por Energía sin Fronteras, Fundación Solar, Universidad Politécnica de Madrid, para la Alianza Global 2013.


Tabla VIII. Tamaño del mercado: compradores de leña por departamento

1.3 millones de hogares compran toda o un parte de la leña que consumen  
(0.7 millones en áreas rural es, 0.6 millones áreas urbanas)

|                | RURAL  |                            |                               | URBANO                                       |                            |                               |
|----------------|--|----------------------------|-------------------------------|--|----------------------------|-------------------------------|
|                | Compran toda o parte de la leña que consumen |                            |                               | Compran toda o parte de la leña que consumen |                            |                               |
|                | Hogares                                      | Proporción Compran / Todos | Proporción Compran / Consumen | Hogares                                      | Proporción Compran / Todos | Proporción Compran / Consumen |
| Guatemala      | 45076  | 51%                        | 71%                           | 144103                                       | 22%                        | 89%                           |
| El Progreso    | 6225   | 29%                        | 33%                           | 5190   | 36%                        | 55%                           |
| Sacatepéquez   | 6441   | 64%                        | 73%                           | 24803  | 43%                        | 78%                           |
| Chimaltenango  | 29352  | 56%                        | 57%                           | 39236  | 64%                        | 80%                           |
| Escuintla      | 33828  | 45%                        | 53%                           | 37266  | 45%                        | 81%                           |
| Santa Rosa     | 21453  | 48%                        | 50%                           | 18724  | 59%                        | 69%                           |
| Sololá         | 16882  | 47%                        | 48%                           | 26747  | 68%                        | 73%                           |
| Totonicapán    | 26398  | 58%                        | 59%                           | 30152  | 72%                        | 77%                           |
| Quetzaltenango | 41518  | 67%                        | 71%                           | 54339  | 54%                        | 81%                           |
| Suchitepequez  | 34088  | 64%                        | 68%                           | 25497  | 54%                        | 86%                           |
| Retalhuleu     | 22378  | 62%                        | 65%                           | 13439  | 54%                        | 80%                           |
| San Marcos     | 80451  | 62%                        | 63%                           | 36007  | 66%                        | 85%                           |
| Huehuetenango  | 82797  | 59%                        | 60%                           | 27441  | 42%                        | 58%                           |
| Quiché         | 60906  | 55%                        | 56%                           | 40186  | 73%                        | 85%                           |
| Baja Verapaz   | 15138  | 40%                        | 41%                           | 10925  | 59%                        | 74%                           |
| Alta Verapaz   | 42366  | 30%                        | 30%                           | 27911  | 60%                        | 76%                           |
| Petén          | 22717  | 28%                        | 29%                           | 19418  | 47%                        | 67%                           |
| Izabal         | 15765  | 30%                        | 34%                           | 13126  | 34%                        | 70%                           |
| Zacapa         | 6736   | 24%                        | 27%                           | 5473   | 25%                        | 45%                           |
| Chiquimula     | 13879  | 26%                        | 27%                           | 6387   | 30%                        | 69%                           |
| Jalapa         | 15411  | 37%                        | 39%                           | 6079   | 28%                        | 51%                           |
| Jutiapa        | 28348  | 45%                        | 46%                           | 13333  | 38%                        | 63%                           |
| <b>Total</b>   | <b>668153</b>                                | <b>48%</b>                 | <b>50%</b>                    | <b>625782</b>                                | <b>40%</b>                 | <b>61%</b>                    |

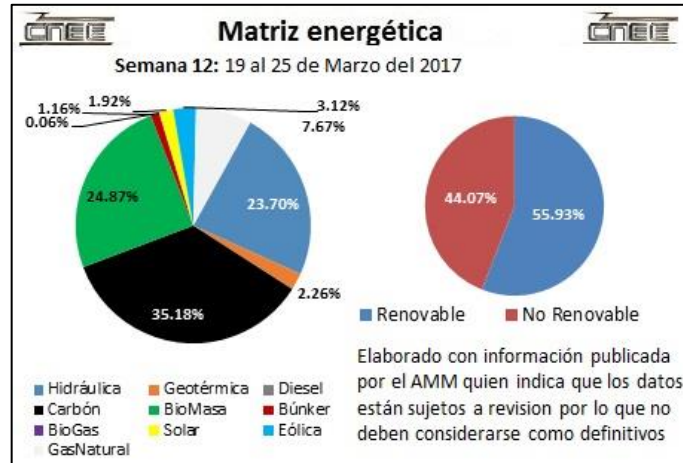
Legenda:

pocos hogares compran la leña  muchos hogares compran la leña

% reducido de hogares que compran leña  % alto de hogares que compran leña

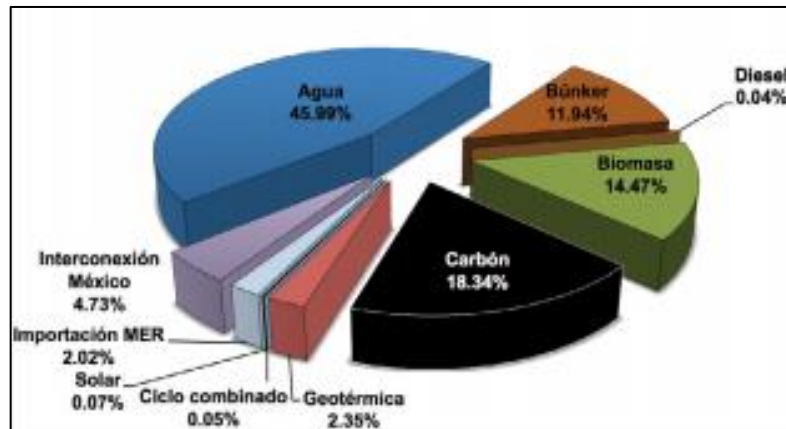
Fuente: Datos ENCOVI-2011, en análisis del mercado de estufas y combustibles de Guatemala realizado por Energía sin Fronteras, Fundación Solar, Universidad Politécnica de Madrid, para la Alianza Global 2013.

Figura 12. **Matriz energética**



Fuente: Datos ENCOVI-2011, en análisis del mercado de estufas y combustibles de Guatemala realizado por Energía sin Fronteras, Fundación Solar, Universidad Politécnica de Madrid, para la Alianza Global 2013.

Figura 13. **Oferta total de energía por tipo de combustible (2014)**



Fuente: Datos ENCOVI-2011, en análisis del mercado de estufas y combustibles de Guatemala realizado por Energía sin Fronteras, Fundación Solar, Universidad Politécnica de Madrid, para la Alianza Global 2013.



Tabla IX. **Oferta total de energía por tipo de combustible**

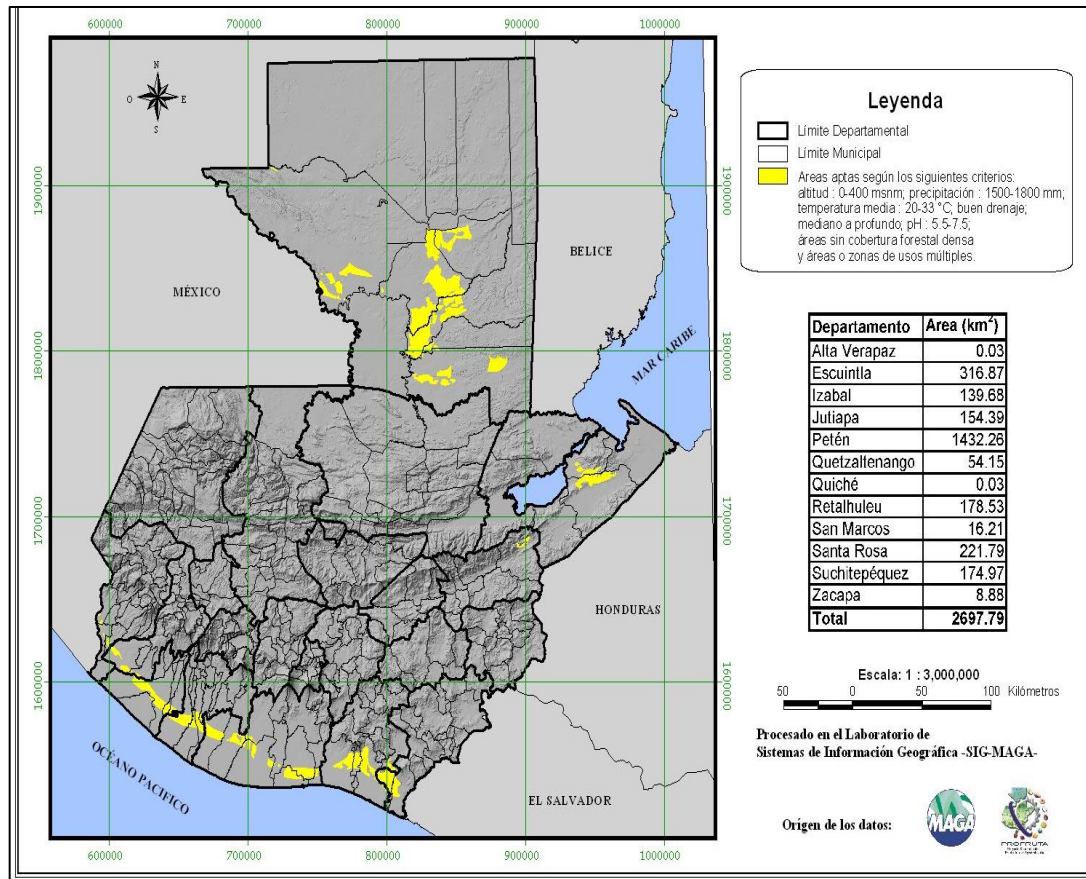
| <b>Tecnología 2014</b>      | <b>GWH</b>       |
|-----------------------------|------------------|
| <b>Agua</b>                 | <b>4,823.66</b>  |
| <b>Búnker</b>               | <b>1,252.57</b>  |
| <b>Diésel</b>               | <b>3.70</b>      |
| <b>Biomasa</b>              | <b>1,517.64</b>  |
| <b>Carbón</b>               | <b>1,923.86</b>  |
| <b>Geotérmica</b>           | <b>246.60</b>    |
| <b>Ciclo combinado</b>      | <b>5.53</b>      |
| <b>Solar</b>                | <b>7.10</b>      |
| <b>Importación MER</b>      | <b>211.74</b>    |
| <b>Interconexión México</b> | <b>496.46</b>    |
| <b>Total</b>                | <b>10,488.85</b> |

Fuente: Datos ENCOVI-2011, en análisis del mercado de estufas y combustibles de Guatemala realizado por Energía sin Fronteras, Fundación Solar, Universidad Politécnica de Madrid, para la Alianza Global 2013.

#### **7.8.5. Residuos agrícolas**

Áreas aptas para el desarrollo del cultivo de coco: el departamento de Suchitepéquez cuenta con un área de 174.97 km<sup>2</sup> para el desarrollo del cultivo de coco.

Figura 14. **Áreas aptas para el desarrollo del cultivo de coco (*Cocos nucifera*)**



Fuente: Datos ENCOVI-2011, en análisis del mercado de estufas y combustibles de Guatemala realizado por Energía sin Fronteras, Fundación Solar, Universidad Politécnica de Madrid, para la Alianza Global 2013.

Cosecha del coco: varía, según el tipo de producción, pero va generalmente de enero a julio. Si se comercializa como fruta fresca o se destina a la industria con fines de envasar agua, la cosecha se efectúa cuando el coco tiene entre 5 y 7 meses. En esta época, el contenido de azúcar y agua es máximo y el sabor es más intenso. Si se destina a la producción de coco

rallado, deshidratado o copra para la extracción de aceite, la cosecha se realiza cuando los cocos caen al suelo o cuando uno de los cocos de un racimo está seco, estos cocos permanecen en la planta durante 12 meses.

Producción de coco: en el año 1999 la producción mundial fue de 47.479.000 t (donde se observa que en el 2000 la producción fue un poco en aumento) y se distribuyó de la siguiente forma:

Tabla X. **Producción de coco**

| <b>Continente</b>               | <b>Miles de toneladas</b> |
|---------------------------------|---------------------------|
| África                          | 1.835                     |
| Asia                            | 40.764                    |
| Norteamérica y<br>Centroamérica | 1.905                     |
| Oceanía                         | 1.931                     |
| Sudamérica                      | 1.044                     |
| Total                           | 47.479                    |

Fuente: Fresh Produce Desk Book (2001)

Como se observa, el principal productor mundial en el año 2000 es Asia con 40.773.399 t, seguido de Sudamérica con 2.114.422 t. Europa no produce este tipo de fruto.

Mundialmente se exportan 191.300 toneladas de cocos, según datos del año 1999 de la FAO. Los principales países exportadores son en primer lugar Indonesia, República Dominicana y Malasia. Los diez primeros países exportadores del mundo se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla XI. **Toneladas de coco que se exportan**

| <b>País</b>          | <b>Toneladas</b> |
|----------------------|------------------|
| Indonesia            | 38,136           |
| República Dominicana | 29,408           |
| Malasia              | 25,548           |
| Sri Lanka            | 22,712           |
| China                | 13,181           |
| México               | 12,404           |
| Cote d'Ivoire        | 11,000           |
| Tailandia            | 8,840            |
| Países Bajos         | 8,496            |
| Guatemala            | 5,300            |

Fuente: FAOSTAT Database Results (1999)

Sistemas de manejo de residuos y desechos sólidos: en la actualidad existen sistemas de tratamiento para los desechos sólidos; funcionan adecuadamente: la Planta del IRTRA en Retalhuleu y el Relleno Sanitario del kilómetro 22,5 en Villa Nueva. Los sistemas ubicados en Almolonga (Quetzaltenango) y San Antonio Aguas Calientes (Sacatepéquez) funcionan parcialmente, mientras que las ubicadas en Flores y San Marcos no se utilizan, Adicionalmente existen otros proyectos de manejo de desechos sólidos (rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de desechos) con distintos grados de avance en algunos municipios.

Problemática: el acelerado crecimiento poblacional, la urbanización y los patrones de producción y consumo de la sociedad guatemalteca, han ocasionado como resultado un incremento en la generación de residuos y desechos sólidos y una particular composición de los mismos. Si bien parece ser un problema urgente de resolver y que preocupa a la mayoría de sectores (autoridades municipales, gobierno, iniciativa privada, sociedad civil, ONGs), las acciones por abordar la problemática de manera integral, responsable y

eficiente son escasas a nivel nacional; un ejemplo de ello es la existencia de apenas 10 Sistemas de Manejo Desechos sólidos al 2009, las cuales no operan en su totalidad. Los datos más recientes evidencian, no obstante, importantes mejoras en lo concerniente a la cobertura de recolección de residuos y desechos, particularmente en el área urbana. La recolección de los residuos y desechos sólidos se ve dificultada en el área rural por la alta dispersión de los poblados y comunidades y los hábitos culturales de quemar y enterrar los mismos, Sin embargo, esta es únicamente una de las etapas del manejo integrado de los residuos y desechos sólidos. No existe ninguna experiencia, a nivel municipal, de una clasificación eficiente y sistematizada de los desechos, mientras los porcentajes de reciclaje y reutilización de residuos a nivel nacional son muy bajos aún,

Por otro lado, existe bastante desinformación e incertidumbre acerca de la generación y disposición final de los desechos sólidos industriales, a la vez que proliferan por todo el país una cantidad alarmante de botaderos ilegales. Los sitios de disposición final utilizados por los municipios, por su parte, no reúnen los requisitos mínimos, distancia al poblado más cercano, recubrimientos para proteger el suelo, tratamiento e infraestructura de tecnología avanzada o apropiada,

En este sentido, se hace necesario que los gobiernos asuman acciones que permitan un manejo eficiente de los residuos y desechos a todo nivel, a la vez que se promueva una cultura que permita una mayor eficiencia en la utilización de las materias primas en los procesos industriales, Las experiencias de la utilización de los propios residuos por parte de algunos sectores productivos del país permiten argumentar que es viable un mejor manejo y utilización de los mismos,

Tabla XII. **Generación de desechos sólidos domiciliarios en ton/m 2002**

| Departamento    | ZONAS URBANAS    |                 |                   | ZONAS RURALES    |                |                   | Total Generado |
|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|
|                 | Población        | Generación      |                   | Población        | Generación     |                   | %              |
|                 |                  | t/día           | t/año             |                  | t/día          | t/año             |                |
| Guatemala       | 2186669          | 1091.77         | 398,494.98        | 354,912          | 158.87         | 57,988.8          | 29.48          |
| Quetzaltenango. | 344,858          | 148.33          | 54,140.95         | 279,858          | 85.95          | 31,372.28         | 5.52           |
| Escuintla       | 256,972          | 110.61          | 40,372.92         | 281,774          | 100.51         | 36,684.59         | 4.98           |
| Chimaltenango   | 217,922          | 90.83           | 33,152.71         | 228,211          | 75.94          | 27,717.59         | 3.93           |
| Sacatepéquez    | 208,876          | 98.27           | 35,869.46         | 39,143           | 17.04          | 6,218.5           | 2.72           |
| Huehuetenango.  | 192,099          | 71.98           | 26,272.27         | 654,445          | 193.03         | 70,454.61         | 6.25           |
| San Marcos      | 173,332          | 61.65           | 22,501.16         | 621,619          | 171.61         | 62,639.38         | 5.5            |
| Suchitepéquez   | 165,871          | 68.16           | 24,877.33         | 238,074          | 76.75          | 28,013.92         | 3.42           |
| Alta Verapaz    | 163,012          | 59.47           | 21,706.32         | 613,234          | 174.37         | 63,646.33         | 5.51           |
| El Quiché       | 161,591          | 52.00           | 18,978.90         | 493,919          | 127.12         | 46,398.81         | 4.22           |
| Sololá          | 150,134          | 50.31           | 18,362.94         | 157,527          | 41.52          | 15,154.82         | 2.16           |
| Totonicapán     | 121,617          | 36.49           | 13,317.06         | 217,637          | 54.41          | 19,859.38         | 2.14           |
| El Petén        | 110,399          | 50.42           | 18,404.76         | 256,336          | 90.64          | 33,081.92         | 3.33           |
| Jutiapa         | 105,648          | 45.29           | 16,529.82         | 283,437          | 102.20         | 37,034.45         | 3.48           |
| Santa Rosa      | 105,061          | 44.31           | 16,172.48         | 196,309          | 70.20          | 25,621.38         | 2.70           |
| Izabal          | 90,508           | 40.44           | 14,759.79         | 223,798          | 79.83          | 29,139.13         | 2.84           |
| Retalhuleu      | 87,749           | 41.39           | 15,106.96         | 153,662          | 57.33          | 20,925.41         | 2.33           |
| Chiquimula      | 78,631           | 30.30           | 11,058.58         | 223,854          | 68.99          | 25,181.78         | 2.34           |
| Zacapa          | 77,935           | 37.02           | 13,511.01         | 122,232          | 49.62          | 18,111.03         | 2.04           |
| Jalapa          | 76,689           | 28.77           | 10,502.24         | 166,237          | 52.85          | 19,291.89         | 1.92           |
| Baja Verapaz    | 58,962           | 25.12           | 9,169.8           | 156,953          | 55.08          | 20,104.23         | 1.89           |
| El Progreso     | 50,300           | 22.25           | 8,119.93          | 89,190           | 32.76          | 11,958.08         | 1.3            |
| <b>Total</b>    | <b>5,184,835</b> | <b>2305,160</b> | <b>841,382.37</b> | <b>6,052,361</b> | <b>1936.63</b> | <b>706,868.31</b> | <b>100</b>     |

Fuente: elaboración propia, con datos del XI censo de población y VI de habitación 2002.

Tabla XIII. Cobertura de servicio de desechos y destino final de los mismos, por departamento ton/m 2002

| Departamento   | ZONAS URBANAS                   |                        |                   | ZONAS RURALES                    |                     |                   | Total Recolectado  |            |
|----------------|---------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------|
|                | Cobertura<br>Recolección<br>(%) | Destino<br>(t/año)     |                   | Cobertura<br>Recolección.<br>(%) | Destino (t/año)     |                   | Destino<br>(t/año) |            |
|                |                                 | Botaderos<br>Municipal | Otros*            |                                  | Botad.<br>Municipal | Otros*            | t/año              | %          |
| Guatemala      | 81.3                            | 323,976.42             | 74,518.56         | 29.2                             | 16,932.73           | 41,056.07         | 340,909.15         | 63.41      |
| Quetzaltenango | 62.3                            | 6,889.5                | 4,169.09          | 2                                | 503.64              | 24,678.14         | 7,393.14           | 1.38       |
| Escuintla      | 52.1                            | 18,687.99              | 17,181.47         | 25                               | 1,554.63            | 4,663.88          | 20,242.62          | 3.77       |
| Chimaltenango  | 48.3                            | 6,525.82               | 6,985.19          | 4.3                              | 778.77              | 17,332.26         | 7,304.59           | 1.36       |
| Sacatepéquez   | 47.9                            | 25,933.52              | 28,207.44         | 2.9                              | 909.8               | 30,462.48         | 26,843.32          | 4.99       |
| Huehuetenango  | 46.6                            | 18,813.78              | 21,559.14         | 7.2                              | 2,641.29            | 34,043.3          | 21,445.07          | 3.99       |
| San Marcos     | 45.7                            | 11,368.94              | 13,508.39         | 4.4                              | 1,232.61            | 26,781.3          | 12,601.55          | 2.34       |
| Suchitepéquez  | 44.5                            | 6,722.6                | 8,384.36          | 2.1                              | 439.43              | 20,485.98         | 7,162.03           | 1.33       |
| Alta Verapaz   | 42.3                            | 14,023.6               | 19,129.11         | 4                                | 1,108.7             | 26,608.89         | 15,132.3           | 2.81       |
| El Quiché      | 39.8                            | 5,874.4                | 8,885.39          | 12.9                             | 3,758.95            | 25,380.18         | 9,633.35           | 1.79       |
| Sololá         | 39.7                            | 6,562.34               | 9,967.48          | 1.2                              | 447.65              | 36,856.79         | 7,009.99           | 1.3        |
| Totonicapán    | 39.3                            | 7,216.63               | 11,146.3          | 2.9                              | 439.49              | 14,715.33         | 7,656.12           | 1.42       |
| El Petén       | 37.4                            | 6,048.51               | 10,123.97         | 1.7                              | 435.56              | 25,185.82         | 6,484.07           | 1.21       |
| Jutiapa        | 35.6                            | 3,738.8                | 6,763.45          | 1                                | 192.92              | 19,098.97         | 3,931.72           | 0.73       |
| Santa Rosa     | 35.3                            | 7,662.33               | 14,043.99         | 1.1                              | 700.11              | 62,946.22         | 8,362.44           | 1.56       |
| Izabal         | 33.3                            | 2,703.94               | 5,415.99          | 6.3                              | 753.36              | 11,204.72         | 3,457.3            | 0.64       |
| Retalhuleu     | 32.5                            | 8,538.49               | 17,733.78         | 1.6                              | 1,127.27            | 69,327.34         | 9,665.76           | 1.8        |
| Chiquimula     | 31.8                            | 7,155.37               | 15,345.79         | 1.9                              | 1,190.15            | 61,449.24         | 8,345.52           | 1.55       |
| Zacapa         | 30.2                            | 2,769.28               | 6,400.52          | 1                                | 201.04              | 19,903.19         | 2,970.32           | 0.55       |
| Jalapa         | 21.1                            | 4,004.55               | 14,974.35         | 1.1                              | 510.39              | 45,888.43         | 4,514.94           | 0.84       |
| Baja Verapaz   | 20.9                            | 3,846.6                | 14,558.17         | 1.4                              | 463.15              | 32,618.77         | 4,309.75           | 0.8        |
| El Progreso    | 13.6                            | 1,811.12               | 11,505.94         | 2.1                              | 417.05              | 19,442.33         | 2,228.17           | 0.41       |
| <b>Total</b>   | <b>59.5</b>                     | <b>500,874.49</b>      | <b>340,507.88</b> | <b>5.2</b>                       | <b>36,738.69</b>    | <b>670,129.62</b> | <b>537,613.22</b>  | <b>100</b> |

\* Otras formas de disposición final de los desechos: botaderos clandestinos, quemas y enterramiento de desechos.

Fuente: elaboración propia, con datos del XI censo de población y VI de habitación 2002.

Tabla XIV. **Identificación de botaderos y disposición final de los desechos**

| Departamento   | Origen     |             |                | Agua            |                  | Total       |
|----------------|------------|-------------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
|                | Municipal  | Ilegal      | Insignificante | Sobre Vertiente | Sobre Río o Lago | Basureros   |
| Guatemala      | 1          | 29          |                | --              | --               | 30          |
| El Progreso    | 6          | 15          | 14             | 7               | 0                | 21          |
| Sacatepéquez   | 15         | 89          | 50             | 47              | 7                | 104         |
| Chimaltenango  | 7          | 96          | 73             | 20              | 10               | 103         |
| Escuintla      | 13         | 8           | 21             | 0               | 0                | 21          |
| Santa Rosa     | 0          | 59          | 59             | 0               | 0                | 59          |
| Sololá         | 10         | 19          | 13             | 9               | 7                | 29          |
| Totonicapán    | 6          | 43          | 0              | 41              | 8                | 49          |
| Quetzaltenango | 6          | 33          | 16             | 18              | 5                | 39          |
| Suchitepéquez  | 17         | 44          | 26             | 11              | 24               | 61          |
| Retalhuleu     | 5          | 48          | 32             | 6               | 15               | 53          |
| San Marcos     | 28         | 33          | 35             | 4               | 22               | 61          |
| Huehuetenango  | 36         | 94          | 95             | 20              | 15               | 130         |
| El Quiché      | 18         | 119         | 50             | 26              | 61               | 137         |
| Baja Verapaz   | 5          | 7           | 6              | 5               | 1                | 12          |
| Alta Verapaz   | 3          | 34          | 30             | 7               | 0                | 37          |
| El Petén       | 1          | 21          | 21             | 0               | 1                | 22          |
| Izabal         | 0          | 16          | 16             | 0               | 0                | 16          |
| Zacapa         | 10         | 81          | 74             | 2               | 15               | 91          |
| Chiquimula     | 1          | 70          | 56             | 1               | 14               | 71          |
| Jalapa         | 2          | 29          | 22             | 6               | 3                | 31          |
| Jutiapa        | 0          | 26          | 10             | 6               | 10               | 26          |
| <b>Total</b>   | <b>189</b> | <b>1013</b> | <b>719</b>     | <b>236</b>      | <b>218</b>       | <b>1173</b> |

Fuente. MARN-Sistema de Información Ambiental 2007.

Fuente: MARN-Sistema de información ambiental 2007.

### 7.9. Análisis tecno-económico y socio-económico

Para realizar estos análisis será necesario contar con la siguiente información:

- Materia prima disponible
- Precio de la materia prima
- Costo del transporte
- Distancia requerida para el transporte
- Requerimientos de almacenamiento de materia prima
- Costos de almacenamiento



- Horas operadas por día
- Subsistencia tradicional de producción (tasa, requisito laboral y eficiencia)
- Comercial tradicional de producción (tasa, requisito laboral y eficiencia)
- Costos de mano de obra (profesional especializado, técnico)
- Costos de operación y mantenimiento
- Servicios (agua, electricidad y Diesel)
- Valores financieros (tasa de descuento, proporción de préstamo, tasa de interés del préstamo, plazo del préstamo, índice del costo de la planta)
- Precio de electricidad
- Costo de los materiales del horno

Con esta información se realizarán cálculos intermedios sobre: el costo de producción de briquetas, evaluación financiera, demanda de energía y costos de recolección de materias primas,

Después de realizados los cálculos, se podrá contar con la siguiente información:

- Requerimiento de biomasa por planta
- Costo de inversión
- Número de plantas sostenibles
- Número de hogares que son beneficiados
- Número total de creación de trabajos
- Costo de producción de briquetas
- Valor presente neto (VPN) – rural y urbano
- Tasa interna de retorno (TIR) – rural y urbano

## 8. PROPUESTA ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 1.1. Aspectos generales del coco

##### 1.1.1. Descripción general

##### 1.1.2. Propiedades de la cáscara de coco

##### 1.1.3. Distribución geográfica

#### 1.2. Distribución nacional

##### 1.2.1. Volumen de estopa

#### 1.3. Biomasa

#### 1.4. Parámetros energéticos y unidades reguladas para la evaluación de la bioenergía

##### 1.4.1. Factores de conversión

#### 1.5. Briquetas

##### 1.5.1. Composición

##### 1.5.2. Ventajas del producto

##### 1.5.3. Ventajas ambientales

- 1.5.4. Definiciones y términos relacionados
- 1.6. Componentes del análisis para la producción de briquetas
  - 1.6.1. Situación actual del departamento de Suchitepéquez
  - 1.6.2. Demanda energética y balance de energía
  - 1.6.3. Residuos agrícolas, coco
- 1.7. Análisis tecno-económico y socio-económico

## 2. RECOLECCIÓN DE DATOS

## 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Variables e indicadores**

La investigación está enfocada en analizar la cáscara de coco y su potencial calorífico para ser utilizada como insumo en la elaboración de briquetas, que sirvan como alternativa para la reducción de la demanda energética de leña en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez. Para evaluar el progreso de la investigación y sus resultados, es necesario conocer lo siguiente:

- Cantidad de materia prima (toneladas por año)
- Producción de briquetas (PB), (toneladas por año)
- Aglutinante químico (toneladas por año)
- Consumo de agua (m<sup>3</sup> por año)
- Consumo eléctrico (kWh por año)

### **9.2. Tipo de estudio**

La presente investigación consta de dos etapas; la primera orientada a una investigación exploratoria y descriptiva, con la que se desea mostrar un panorama general sobre la cáscara de coco, al analizar sus características, el volumen de desechos producidos y todos los elementos necesarios para la elaboración de briquetas.

Posteriormente, se planteará la problemática ambiental generada por el uso de leña y se evaluará la información general obtenida, se describirán los

métodos utilizados, algunas situaciones sociales importantes generadas; asimismo, se identificarán las variables más importantes en el proceso de la elaboración de briquetas.

En la segunda etapa, se presenta la metodología y técnicas que se utilizarán en el desarrollo de la investigación, indicando la manera de recolección de información y manejo de datos, esperando alcanzar un estudio inferencial. Se trabajará con un diseño no experimental, ya que se emplearán datos obtenidos de diferentes trabajos de investigación previamente analizados; asimismo, tiene alcance descriptivo porque se desarrollará el proceso de elaboración de briquetas y se presentará un análisis financiero sobre la implementación del mismo.

### **9.2.1. Investigación documental (fase 1)**

Se revisarán publicaciones, tesis e investigaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), del Banco de Guatemala (BANGUAT), del Instituto Nacional de Estadística (INE), del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), del Ministerio de Economía (MINECO), del Ministerio de Energía y Minas (MEM); así como de los entes encargados del sector eléctrico en Guatemala y de programas de desarrollo rural nacional e internacional que hayan implementado proyectos sobre el uso de la cáscara de coco como biomasa alternativa para reducir la demanda energética de leña.

Inicialmente se realizará una investigación documental para tener un panorama general sobre el uso de leña en el departamento de Suchitepéquez y los usos y características de la cáscara de coco para comprender la gravedad

del problema y la posibilidad de disminuirlo con la elaboración de briquetas de cáscara de coco.

Si al analizar las diferentes fuentes de información, lo obtenido resulta ser muy pobre, se definirán lineamientos para obtener información auxiliar a través de entrevistas a expertos o por medio de encuestas.

### **9.2.2. Recolección de datos (fase 2)**

Se solicitará el apoyo de la Municipalidad de Suchitepéquez, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), del Banco de Guatemala (BANGUAT), del Instituto Nacional de Estadística (INE), del Ministerio de Energía y Minas (MEM) y de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica para obtener datos de las variables cuantitativas; por lo que, los datos necesarios para el estudio de correlación serán obtenidos por medio de fuentes secundarias de información.

Los datos referentes al manejo y distribución de los desechos del coco, serán obtenidos, por medio de entrevistas en mercados locales, a empresas, familias, pequeños o grandes distribuidores.

Primero se analizarán las bases de datos para verificar inconsistencias o eliminar valores extremos que puedan generar sesgo en la interpretación de los datos.

### **9.2.3. Análisis e interpretación de resultados (fase 3)**

Se estudiará cada una de las variables involucradas en el estudio enfocado principalmente en la elaboración de briquetas utilizando la cáscara de

coco y se analizarán los resultados en cuanto a los costos de producción e inversión, operación de la planta y análisis financiero; por lo que se espera concluir con los resultados que se obtengan, que la materia prima es factible y disponible para la producción de briquetas.

Con los datos obtenidos puede determinarse la cantidad de energía que se puede producir utilizando briquetas de cáscara de coco y también es comparable con otros combustibles; por lo tanto, se puede determinar la reducción del uso de leña, el ahorro energético y en gastos de salud; así como los beneficios ambientales que se obtendrían.

#### **10.1.1 Ecuaciones para realizar los diferentes cálculos**

Costo de los insumos requeridos: los insumos requeridos consisten en el costo de la materia prima (biomasa), el costo del aglutinante químico, del agua y el consumo de electricidad.

Costo de la mano de obra requerida: las ecuaciones y suposiciones para calcular los costos de mano de obra y misceláneos basados en la capacidad de producción.

Costo del transporte requerido: este paso presenta las ecuaciones de cálculo de los costos de transporte.

Costo de almacenamiento: ecuaciones de cálculo para estimar los costos de almacenamiento.

Costo fijo: el costo fijo consiste en el costo asociado a equipos, construcción, instalación y red de distribución. Se presentan las ecuaciones de cálculo de los costos fijos y su depreciación.

- Otros costos: los gastos generales de la planta se definen como los cargos a la producción por servicios, comodidades, nómina de planta. Los costos generales y administrativos comprenden rentas, seguros, y salarios de directivos, administrativos y ejecutivos.
- Costo de producción total y unitaria de las briquetas: las ecuaciones de cálculo de los costos de operación total, los costos fijos totales, y otros costos, los costos anuales de producción de las briquetas y los costos unitarios de producción por kg.
- Demanda de briquetas: el factor de conversión para calcular el consumo equivalente de briqueta es el valor de 6,11 kg de madera combustible, 1,14 kg de carbón, 0,32 kg de queroseno y 0.26 kg de gas a baja presión comparado con la energía de 1 kg de briqueta.



Tabla XV. Ecuaciones de costos de insumos

| Ítem  | Ecuación y Supuesto  | Observación   |
|---|--|---|
| Producción de briquetas (BP) (tonelada por año) | $BP = \text{Capacidad (kg/h)} \times \text{Horas de operación por año}$<br>Dónde:<br>Las capacidades predefinidas son <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escala manual 4 kg/h,</li> <li>• Mecanizado a pequeña escala 40 kg/h,</li> <li>• Mecanizado a mediana escala 400 kg/h,</li> <li>• Mecanizado a gran escala 3000 kg/h.</li> </ul> $\text{Horas de operación por año} = \text{Días de operación por año} \times \text{Horas de operación por día}$  | El número máximo de días de operación para la producción manual de briquetas es de 300 días y 8 horas por día.            |
| Cantidad de materia prima (tonelada por año)    | $QF = BP / \text{Eficiencia de transformación}$<br>Dónde:<br>QF es cantidad de materia prima (tonelada por año)<br>BP es Briqueta producida (tonelada por año)   | El valor por defecto de la eficiencia de transformación es de 95% pero el usuario puede ingresar otro valor directamente. |
| Aglutinante químico (tonelada por año)          | $CB = BP / BS$<br>Dónde:<br>CB es cantidad de aglutinante químico (tonelada por año)<br>BP es Producción de briquetas (tonelada por año)<br>BS es Consumo específico de aglutinante (kg/kg de briqueta)  | Consumo específico de aglutinante es 1 kg de aglutinante por 10 kg de briqueta (Ferguson, 2012).                          |
| Consumo de agua (m <sup>3</sup> por año)        | $WC = BP * 1000 / WS$<br>Donde:<br>WC es consumo de agua (m <sup>3</sup> por año)<br>BP es producción de briquetas (tonelada por año)<br>WS es consume específico de agua (kg por m <sup>3</sup> )   | Valor por defecto de WS es 4,667 (SNNPRs Investment Expansion Process, 2012).   |
| Consumo eléctrico (kWh por año)                 | $EC = BP * ES$<br>Dónde:<br>EC es el consumo eléctrico (kWh por año)<br>BP es producción de briquetas (tonelada por año)<br>ES es consumo específico eléctrico (kWh por tonelada)  | Valor por defecto para ES es 93.4 (Tumuluru, Wright, Kenney, et al., 2010).   |
| Costo total de insumos (USD por año)            | $TIC = (QF \times Cf) + (CB \times Cb) + (WC \times Cw) + (EC \times Ce)$<br>Dónde:<br>TIC es costo total de insumos (USD por año)<br>QF es cantidad de materia prima (tonelada por año)<br>CB es cantidad de aglutinante químico (tonelada por año)<br>WC es consumo de agua (m <sup>3</sup> por año)<br>EC es consumo eléctrico (kWh por año)<br>Cf es costo unitario de la materia prima (USD por tonelada)<br>Cb es costo unitario del aglutinante (USD por tonelada)<br>Cw costo unitario del agua (USD por m <sup>3</sup> )<br>Ce es costo unitario de la electricidad (USD por kWh) |   |

Fuente: MARN-Sistema de información ambiental 2007.

Tabla XVI. **Ecuaciones de costo de mano de obra y misceláneos**

| Ítem  | Ecuación y Supuesto   | Observación   |
|---|---|---|
| Número de empleados no calificados                              | Escala manual es - personas (el dueño es el empleado)<br>Mecanizado a pequeña escala es 6 personas<br>Mecanizado a mediana escala es 64 personas<br>Mecanizado a gran escala es 15 personas | (Ferguson, 2012; Poudel et al., 2012; SNNPRs Investment Expansion Process, 2012; Young & Khennas, 2003)   |
| Número de trabajadores calificados                              | Escala manual es - personas (el dueño es el empleado)<br>Mecanizado a pequeña escala es 2 personas<br>Mecanizado a mediana escala es 12 personas<br>Mecanizado a gran escala es 20 personas | Las suposiciones se realizan con base en la mano de obra no calificada y su relación con la capacidad de producción (SNNPRs Investment Expansion Process, 2012) |
| Costo unitario de mano de obra no calificada (USD/hora/persona) |   |   |
| Costo unitario de mano de obra calificada (USD/hora/persona)    |   |   |
| Horas de operación por año                                      | Horas de operación por año = Días de operación por año x Horas de operación por día   |   |
| Costo total de mano de obra no calificada (USD por año)         | Costo unitario del empleado no calificado x número de empleados no calificados x horas de operación por año   |   |
| Costo de mano de obra calificada (USD por año)                  | Costo unitario del empleado calificado x número de empleados calificados x Horas de operación por año   |   |
| Costos misceláneos* (USD por año)                               | 25% x (Costo total de los empleados no calificados + Costo total de los empleados calificados)  |   |
| Costo de mano de obra total (USD por año)                       | Costo total de mano de obra no calificada + Costo total de mano de obra calificada + Costos misceláneos   |   |

\*Note: Los costos misceláneos consisten en beneficio de la mano de obra, seguro de salud y vida, suministros de operación y/o cargos de laboratorio.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Ecuaciones de costo de transporte de la materia prima y de las briquetas**

| Ítem  | Ecuación y Supuesto   |
|---|---|
| Transporte de materia prima (punto de recolección a planta) (USD por año) | Costo unitario de transporte x Distancia de transporte x QF |
| Transporte de las briquetas (planta a mercado) (USD por año)              | Costo de transporte unitario x Distancia de transporte x BP |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Cálculo de costo de almacenamiento**

| Ítem   | Ecuación y Supuesto  |
|--|--|
| Costo de almacenamiento de materia prima (USD por año)                 | Costo unitario de almacenamiento x Capacidad de almacenamiento                   |
| Capacidad de almacenamiento (tonelada/año)                             | La capacidad de almacenamiento es calculada por la calculadora de almacenamiento |
| Costo de almacenamiento de las briquetas (USD por año)                 | Costo unitario de almacenamiento x Capacidad de almacenamiento                   |
| Capacidad de almacenamiento de las briquetas producidas (tonelada/año) | Tasa de stock x BP   |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Ecuaciones de costos fijos**

| Ítem                                       | Ecuación y Supuesto  | Observación   |
|--|--|---|
| Costo de equipos (EC) (USD)                | EC (año base) = Costo unitario del equipo x BP x 20 años<br>EC en el período actual = EC (año base) x [Índice de costo de la planta (período actual) / Índice de costo de la planta (Año base)]      |   |
| Costos de construcción (BC) (USD)          | BC (año base) = Costo unitario de construcción x BP x 20 años<br>BC en el período actual = BC (año base) x [Índice de costo de la planta (período actual) / Índice de costo de la planta (Año base)] |   |
| Costos de instalación (IC) (USD)           | IC (año base) = Costo unitario de instalación x BP x 20 años<br>IC en el período actual = IC (año base) x [Índice de costo de la planta (período actual) / Índice de costo de la planta (Año base)]  |   |
| Inversión total (USD)                      | Costo de equipos + Costo de construcción + Costo de instalación  | Tiempo de vida del proyecto es 20 años                      |
| Depreciación de equipos (USD por año)      | Costo de equipos dividido por el tiempo de vida del proyecto   | Método de la línea recta para el cálculo de la depreciación |
| Depreciación de construcción (USD por año) | Costo de construcción dividido por el tiempo de vida del proyecto  | Método de la línea recta para el cálculo de la depreciación |
| Depreciación de instalación (USD por año)  | Costo de instalación dividido por el tiempo de vida del proyecto   | Método de la línea recta para el cálculo de la depreciación |
| Depreciación total (USD por año)           | Depreciación de equipos + Depreciación de construcción + Depreciación de instalación   | Método de la línea recta para el cálculo de la depreciación |

Continuación de la tabla XIX.

|                                      |   |  |
|--------------------------------------|---|--|
| Costo de mantenimiento (USD por año) | Porcentaje de costo de mantenimiento (%) x Depreciación total |  |
| Costos fijos totales (USD por año)   | Depreciación total + Costo de mantenimiento                   |  |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Ecuaciones de otros costos**

| Ítem   | Ecuación y Supuesto   | Observación   |
|--|---|---|
| Gastos generales de la planta (USD por año)              | Porcentaje de gastos generales de planta (%) x (Costo total de mano de obra + Costo de mantenimiento)   | Valor por defecto 30%.  |
| Costos administrativos y generales (USD por año)         | Porcentaje de costos generales & administrativos (%) x (Costo total de insumos + costo total de mano de obra + Gastos generales de planta)  | Valor por defecto 5%.   |
| Pago promedio de los intereses de préstamo (USD por año) | <p>Cantidad de préstamo = Relación de préstamo (%) x Costo de inversión total</p> <p>Pago de préstamo (USD/mes) = <math>PMT([Tasa\ de\ interés\ de\ préstamo/12],[12x\ Plazo\ de\ préstamo],\ Cantidad\ prestada)</math></p> <p>Pago anual de préstamo = Pago de préstamo (USD/mes) x 12 meses</p> <p>Pago total del préstamo = Pago anual de préstamo x Plazo del préstamo</p> <p>Pago de intereses de préstamo = Pago total de préstamo - Cantidad prestada</p> <p>Pago promedio de los intereses de préstamo = Pago de intereses de préstamo dividido por el tiempo de vida del proyecto</p> | PMT es la función financiera en Microsoft Excel para calcular el pago por préstamo con base en pagos constantes y en tasas de interés constantes. |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Ecuaciones de costos totales de producción**

| Ítem                                       | Ecuación y Supuesto  |
|--|--|
| Costos totales de operación (USD por año)  | Costo anual de insumos + costo anual de mano de obra + costo anual de transporte + costo anual de almacenamiento                 |
| Costos fijos totales (USD por año)         | Costo fijo de depreciación + costo anual de mantenimiento  |
| Otros costos totales (USD por año)         | Gastos generales de planta anuales + Costos generales y administrativos + Pago anual de préstamo + impuesto sobre la renta anual |
| Costos totales de producción (USD por año) | Costos totales de operación + Costos fijos totales + Otros costos totales  |
| Costo de producción por kg                 | Costo total de producción dividido por la producción de briquetas  |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Comparación de las briquetas con otros combustibles**

|                    | Valor calorífico (CV) | Eficiencia de la estufa | Energía útil | Factor de conversión (CF)<br>kg de combustible* |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|---|
|                    | MJ/kg                 | %                       | MJ/kg        |   |
| Briquetas          | 15.4                  | 50%                     | 7.7          | 1.00  |
| Madera combustible | 6.3                   | 20%                     | 1.3          | 6.11  |
| Carbón             | 27.0                  | 25%                     | 6.8          | 1.14  |
| Keroseno           | 44.0                  | 55%                     | 24.2         | 0.32  |
| Gas a baja presión | 49.0                  | 60%                     | 29.4         | 0.26  |

Nota: \*Comparado con la energía de 1 kg de briqueta

Fuente: Young & Khennas, 2003.

Tabla XXIII. **Ecuaciones de demanda de briquetas**

| Ítem  | Ecuaciones y Supuestos  | Observaciones          |
|---|---|------------------------|
| Consumo anual de combustible i (tonelada por año) | $AF_i = \text{Combustible } i \times 365 / 1000$ Dónde:<br>$AF_i = \text{Consumo anual del combustible } i$ $\text{Combustible } i = \text{Consumo del combustible } i \text{ (kg/día)}$ $i = \text{briqueta, madera combustible, carbón, queroseno, gas a baja presión}$ | Combustible i (kg/día) |

Continuación de la tabla XXIII.

|   |  |   |
|---|--|---|
| Consumo equivalente anual de briquetas (tonelada por año) | $ABe = \sum(AFi/CFi)$<br>Dónde:<br>ABe = Equivalente anual de briquetas<br>AFi = Consumo anual de combustible i<br>CFi = Factor de conversión del combustible i<br>i = briqueta, madera combustible, carbón, queroseno, gas a baja presión   | CF de briqueta = 1 kg/ kg briqueta<br>CF de madera combustible = 6.11 kg/ kg briqueta<br>CF de carbón = 1.14 kg/ kg briqueta<br>CF de queroseno = 0.32kg/ kg briqueta<br>CF de gas a baja presión = 0.26 kg/ kg briqueta<br>(Young & Khennas, 2003) |
| Gasto energético del combustible i (USD por año)          | $E Ei = \text{precio unitario del combustible } i \times A Fi \times 1000$<br>Dónde:<br>E Ei = Gasto energético del combustible i<br>Precio unitario del combustible i (USD/kg)<br>AFi = Consumo anual de combustible i<br>i = Briqueta, madera combustible, carbón, queroseno, gas a baja presión | Precio unitario del combustible i (USD/kg)  |
| Precio competitivo de la briqueta (USD por kg)            | $CPb = (\sum EEi) / ABe$<br>Dónde:<br>CPb = Precio competitivo de la briqueta<br>E Ei = Gasto energético del combustible i<br>ABe = Equivalente anual de briqueta<br>i = Briqueta, madera combustible, carbón, queroseno, gas a baja presión   |   |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Ecuaciones del ingreso del proyecto**

| Ítem                            | Ecuaciones y Supuestos   | Observaciones  |
|---------------------------------|--|--|
| Ingreso potencial (USD por año) | Producción de briquetas x Precio de las briquetas en el mercado x 1000 | Producción de briquetas (tonelada por año), Precio en el mercado de las briquetas (USD/kg) |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Tecnología de briqueta. Comparación de tecnologías de briquetas

| Tecnología de briquetas                      | Tornillo de presión     | Pistón de presión       | Rollo de presión          | Pelletizado               | Aglomerador               | Manual           |
|--|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| Capacidad de producción (kg/h)               | 150 kg/h                | 200 - 2,500 kg/h        | 900-1,500 kg/h            | 200 - 8,000 kg/h          | Sin información           | 6 kg/h           |
| Humedad óptima de la materia prima           | 8-9%                    | 10-15%                  | 10-15%                    | 10-15%                    | Sin información           | Mayor a 80%      |
| Tamaño de partícula                          | Pequeño                 | Grande                  | Grande                    | Pequeño                   | Polvo - Pequeño           | Pequeño-fibra    |
| Desgaste de las partes de contacto           | Alto                    | Bajo                    | Alto                      | Alto                      | Bajo                      | Bajo             |
| Salida de la máquina                         | Continuo                | Lotes                   | Continuo                  | Continuo                  | Continuo                  | Lotes            |
| Energía de consumo específica (kWh/tonelada) | 36.8-150                | 37.4-77                 | 29.91-83.1                | 16.4-74.5                 | Sin información           | Sin electricidad |
| Rendimiento (tonelada/h)                     | 0.5                     | 2.5                     | 5.0-10.0                  | 5                         | Sin información           | Sin información  |
| Densidad de la briqueta                      | 1-1.4 g/cm <sup>3</sup> | 1-1.2 g/cm <sup>3</sup> | 0.6-0.7 g/cm <sup>3</sup> | 0.7-0.8 g/cm <sup>3</sup> | 0.4-0.5 g/cm <sup>3</sup> | Sin información  |
| Mantenimiento                                | Bajo                    | Alto                    | Bajo                      | Bajo                      | Bajo                      | Bajo             |
| Desempeño de combustión de las briquetas     | Muy bueno               | Moderado                | Moderado                  | Muy bueno                 | Sin información           | Moderado         |
| Carbonización del carbón                     | Hace buen carbón        | No es posible           | No es posible             | No es posible             | No es posible             | Si               |
| Conveniencia en gasificadores                | Apropiado               | Apropiado               | Apropiado                 | Apropiado                 | Apropiado                 | Sin información  |
| Conveniencia para co-combustión              | Apropiado               | Apropiado               | Apropiado                 | Apropiado                 | Apropiado                 | Apropiado        |
| Conveniencia para conversión bioquímica      | No apropiado            | Apropiado               | Apropiado                 | Apropiado                 | Sin información           | Sin información  |
| Homogeneidad de la biomasa densificada       | Homogéneo               | No homogéneo            | No homogéneo              | Homogéneo                 | Homogéneo                 | Homogéneo        |
| Costo (USD)                                  | 1,350                   | 20,000-30,000           | 14,000-19,000             | Sin información           | Sin información           | 150              |

Fuente: Young & Khennas, 2003.

Tabla XXVI. Base de datos para análisis financiero. Costos de inversión para el sistema de briquetas

| Capacidad de producción                                | Unidad                   | Producción de briquetas toneladas por año   |  |   |  |
|--|--------------------------|---|--|---|--|
|  |                          | <20   | <200   | <2000   | <20,000  |
| Costos de inversión en equipos                         | USD                      | 1,000   | 5,000  | 50,000-100,000  | 2,200,000  |
| Tiempo de vida del proyecto                            | Años                     | 5   | 10   | 15  | 20   |
| Costo estimado de los equipos por tonelada de briqueta | USD por tonelada         | 10  | 3  | 3.3   | 6  |
| Equipos  |                          | 1 o 2 máquinas manuales por ejemplo extrusora de palanca / extrusora manual de tornillo<br>Hornos de tambor simple<br>Secado al sol | Máquinas motorizadas que son fabricadas localmente por ejemplo extrusoras de tornillo eléctricas<br>Secado al sol/Secadores solares        | Máquinas motorizadas que son importadas por ejemplo prensa de rodillos/ Prensa largo<br>Secado al sol / Flash seco  | Maquinaria industrial a gran escala, importada por ejemplo 8 toneladas/h prensa hidráulica de pellets<br>Secado acelerado                    |
| Construcción y terreno                                 |                          | Casi siempre en intemperie o jardines<br>Por ejemplo almacenamiento de biomasa, almacenamiento de briquetas, planta de briquetas    | Puede ser a la intemperie o en grandes jardines<br>Por ejemplo almacenamiento de biomasa, almacenamiento de briquetas, planta de briquetas | Se requiere una fábrica dedicada.<br>Aproximadamente 2 acres de tierra<br>Por ejemplo almacenamiento de biomasa, almacenamiento de briquetas, planta de briquetas | Fábrica grande centralizada<br>Por ejemplo almacenamiento de biomasa, almacenamiento de briquetas, planta de briquetas, edificio de oficinas |
|  | Supuesto                 | Estimar al 20% del costo de inversión total   | Estimar al 20% del costo de inversión total  | Estimar al 44% del costo de inversión total   | Estimar al 44% del costo de inversión total  |
| Costo de instalación                                   | USD por tonelada         | 2.50  | 0.63   | 2.62  | 4.32   |
|  | Supuesto                 | Estimar al 10% del costo del equipo   | Estimar al 10% del costo del equipo  | Estimar al 10% del costo del equipo   | Estimar al 10% del costo del equipo  |
| Costos de inversión estimados                          | USD por tonelada por año | 13.50   | 3.38   | 6.29  | 10.37  |
|  | Supuesto                 | Estimar al 10% del costo del equipo   | Estimar al 10% del costo del equipo  | Estimar al 10% del costo del equipo   | Estimar al 10% del costo del equipo  |

Fuente: Young & Khennas, 2003.





## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El trabajo de investigación se desarrollará a través de métodos cuantitativos y se emplearán herramientas para la solución de ecuaciones diferenciales, por medio de análisis numérico empleando datos históricos. También se realizará análisis de regresión y se examinará la correlación de las variables, por medio del coeficiente de correlación.

Para realizar el análisis estadístico y de bases de datos se hará uso del programa IBM SPSS Statistics, así como R dependiendo de la base de datos que se tenga, se realizarán ensayos para la solución numérica de las ecuaciones diferenciales obtenidas mediante Wolfram Mathematica.

Los cálculos a utilizar en los costos de producción de las briquetas son para las capacidades predefinidas 4 kg/h, 40 kg/h, 400 kg/h y 3000 kg/h, y los insumos consisten en el costo de la materia prima (biomasa), el costo del aglutinante químico, del agua y el consumo de electricidad.

Se utilizarán varias herramientas que permitan evaluar la viabilidad de producir briquetas de cáscara de coco, su potencial de desarrollo de producción y que generen información sobre costos de producción, requerimientos de biomasa y parámetros de viabilidad financiera y social.







## 12. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

### 12.1. Recursos necesarios

Los recursos necesarios para la elaboración de la investigación serán proporcionados por el estudiante.

Tabla XXVII. Recursos necesarios para la investigación

| Ítem                  | Descripción   | Monto              | Porcentaje  |
|-----------------------|---|--------------------|-------------|
| 1                     | Asesor  | Q 2,500.00         | 16%         |
| 2                     | Estudiante  | Q -                | 0%          |
| 3                     | Material de oficina   | Q 1,500.00         | 10%         |
| 4                     | Combustible y depreciación de vehículo                      | Q 4,500.00         | 29%         |
| 5                     | Viáticos  | Q 3,000.00         | 19%         |
| 6                     | Gastos de servicios (internet, teléfono, energía eléctrica) | Q 2,500.00         | 16%         |
| 7                     | Imprevistos   | Q 1,500.00         | 10%         |
| <b>TOTAL PROYECTO</b> |   | <b>Q 15,500.00</b> | <b>100%</b> |

Fuente: elaboración propia.

## **12.2. Factibilidad del estudio**

La información que se utilizará en el trabajo de investigación es de carácter público, las instituciones que se mencionan en el trabajo poseen disposición de compartir sus datos y el análisis de las variables físicas es información pública; por lo tanto, se considera factible elaborar la primera fase de la investigación. En las siguientes fases sólo se emplearán fórmulas estadísticas y de programas de análisis numérico, de los cuales no se requiere compra de licencias o permisos.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ferguson, H. (2012). *Briquette Businesses in Uganda The potential for briquette enterprises to address the sustainability of the Ugandan biomass fuel market*. GVEP International, (February).
2. Forero Nuñez C. A. (2012). *Producción y uso de Pellets de biomasa para la generación de energía térmica: una revisión a los modelos del proceso de gasificación*.
3. Forero Núñez C. A., Cediell Ulloa J. L., Suaza-Moltalvo A., Sierra Vargas F. E. (2012). *Estudio preliminar del potencial energético de cuesco de palma y cáscara de coco en Colombia*.
4. Grover, P. D., & Mishra, S. K. (1996). *Biomass Briquetting: Technology and Practices. Regional Wood Energy Development Programme in Asia GCP/RAS/154/NET*, (46).
5. Incropera, F. *Fundamentos de transferencia de calor y masa*. (1999). Editorial Prentice Hall. Cuarta Edición, México.
6. Instituto Nacional de Bosques, INAB. (2012). *Estudio de oferta-demanda de leña en la República de Guatemala*.
7. Instituto Nacional de Estadística, INE. (2012). *Caracterización departamental Suchitepéquez 2012*. Guatemala.



8. Instituto Nacional de Estadística, INE. (2014). *Caracterización departamental Suchitepéquez 2013*. Guatemala.
9. Instituto Nacional de Estadísticas, INE. (2014). *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida, ENCOVI*. Guatemala.
10. Luna, González, Gordon y Martín. (2007). *Carbón activado a partir de la cáscara de coco*. México.
11. Ministerio de Energía y Minas, MEM. *Balance energético*. (2012). Guatemala.
12. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2006). *Estudio realizado en la República del Camerún*.
13. Poudel, M. S., Shrestha, K. R., & Singh, R. M. (2012). *Screw Extruder Biomass Briquetting*. Rentech Symposium Compendium, 1 (March), 27–31.
14. Raymond A. & Otros. (2005). *Física para ciencias e ingeniería*. Thomson Editores. Sexta Edición Vol. II, México.
15. Sears & Zemansky. (2004). *Física universitaria*. Editorial Pearson, Décimo Primera Edición Vol. I, México.
16. Toj Atz, O. D. (2008). *Caracterización física, mecánica y química de fibras de desecho del fruto del coco, para utilización en matrices fibro-reforzadas*. Guatemala.

## 14. ANEXOS

| Matriz de Coherencia |  |   |
|----------------------|--|---|
|                      | Pregunta   | Objetivo  |
| <b>Central</b>       | <i>¿Qué alternativas de proyectos para la reducción del consumo energético de leña en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez, son viables técnica y financieramente mediante el uso eficiente de la cáscara de coco como biomasa alternativa?</i> | Determinar la factibilidad técnica y financiera de proyectos para la reducción del consumo energético de leña en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez, mediante el uso eficiente de la cáscara de coco como biomasa alternativa. |
| <b>1</b>             | <i>¿Qué potencial energético se puede obtener con el uso de la cáscara de coco como fuente alternativa de biomasa en la región de Suchitepéquez para la sustitución de leña?</i>   | Evaluar el potencial energético de la cáscara de coco como biomasa alternativa y las variables asociadas a la demanda de leña en el departamento de Suchitepéquez.  |
| <b>2</b>             | <i>¿Qué proyectos se pueden implementar técnicamente en el sector residencial de Suchitepéquez para la gestión y uso eficiente de la cáscara de coco?</i>  | Determinar la factibilidad técnica para la implementación del uso de biomasa proveniente de la cáscara de coco, en el sector residencial del departamento de Suchitepéquez.   |
| <b>3</b>             | <i>¿Cuál es la viabilidad financiera de la implementación de dichos proyectos con fines energéticos?</i>   | Calcular la factibilidad financiera para el desarrollo del proyecto de uso eficiente de la cáscara de coco con fines energéticos.   |
| <b>4</b>             | <i>¿Cuáles son los beneficios ambientales asociados a la reducción de leña en el departamento de Suchitepéquez?</i>  | Describir los beneficios ambientales asociados a la reducción del uso de la leña en el departamento de Suchitepéquez.   |

Fuente: Young & Khennas, 2003.

