



Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala

“Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping”



iarna

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR





Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala

“Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping”



iarna
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR



Por INAB-URL/IARNA-FAO

Equipo de coordinación del proyecto WISDOM Guatemala

Punto focal para la elaboración del Informe/INAB	Wilfredo Villagrán
Coordinadora Nacional del Proyecto/URL-IARNA	Michelle Szejner Sigal
Consultor Nacional/URL-IARNA	Sergio Quemé
Apoyo técnico y revisión de texto/INAB	Edwin Oliva
Apoyo técnico y revisión de texto PFN/FAO/GFP	Ogden Antonio Rodas

Autor(es): Marcos Martín Larrañaga
Noelia Flores Marco

Comité Técnico Asesor de Wisdom:

Ing. Wilfredo Villagrán	INAB
Ing. Edwin Oliva	INAB
Ing. Adolfo Revolorio	INAB
Ing. Carlos Figueroa	INAB
Ing. Ogden Antonio Rodas	PFN/GFP
Ing. Cesar Sandoval	URL/IARNA
Ing. Rafael Sandoval	URL/IARNA
Ing. Héctor Tuy	URL/IARNA
Ing. Juventino Gálvez	URL/IARNA
Lic. Michelle Szejner	INAB/PRN-URL/IARNA

Entidades participantes:

Ing. Favio Gudiel	Ministerio de Energía y Minas
Sr. Oscar Alvarado	Ministerio de Energía y Minas
Sr. Oswaldo García	Ministerio de Energía y Minas
Ing. Byron Orozco	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Ing. Ana Lucía Solano	CEA, Universidad del Valle de Guatemala
Ing. Jorge Asturias	Oficina de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)
Ing. Steve García	Instituto Nacional de Bosques
Ing. Rolando Montenegro	Instituto Nacional de Bosques
Ing. Mártir Vásquez	Instituto Nacional de Bosques
Ing. Miguel Angel Moir	Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia
Ing. César Belletón	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
Lic. César Ruiz	Instituto Nacional de Estadística

Primera edición

ISBN: 978-9929-587-69-4

Diseño de portada y contraportada: Serviprensa S.A.

Esta publicación fue impresa en el mes de julio de 2012.

La edición consta de 500 ejemplares en papel bond blanco 80 gramos.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor.

© INAB 2012

El Instituto Nacional de Bosques alienta la difusión del material contenido en esta publicación, siempre y cuando se haga referencia a la fuente.

Manera de citar correctamente este documento:

INAB, IARNA-URL, FAO/GFP. 2012. Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala/Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping. Guatemala, FAO/GFP/Facility. 70 p.

La impresión del documento "Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala/Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping" es financiada por FAO-GFP/Facility *Growing Forest Partnerships* (Construcción de Alianzas por los Bosques)/Programa Facility. Las opiniones expresadas en esta publicación son responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de FAO / Facility/ GFP ni de ninguna de las otras entidades que participaron en su construcción. Tampoco FAO / Facility /GFP, ni otra persona actuando en su nombre es responsable del posible uso de la información que contiene esta publicación.



**INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES (INAB)
INSTITUTO DE AGRICULTURA, RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE (IARNA) DE LA
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR (URL)
ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO)
PROGRAMA FORESTAL NACIONAL DE GUATEMALA (PFN)
Construyendo Alianzas por los Bosques, GFP/Mecanismo Facility/Proyecto Cuenta con Ambiente**

La iniciativa **Growing Forest Partnerships** (Construcción de Alianzas por los Bosques) fomenta y apoya alianzas orientadas a lograr sostenibilidad de los procesos sociales, financieros, ambientales e institucionales en la gestión de los bosques en Guatemala. Las alianzas y acciones apoyadas se enmarcan en pilares de: gobernanza y participación, mecanismos de financiamiento, información y capacitación y fortalecimiento de la administración forestal pública. Es implementada en Guatemala por FAO, UICN, IIED y hospedada en el INAB.

Dentro del pilar de gobernanza y participación, se realizan estudios sectoriales y análisis de coyuntura, los que contribuyen a la actualización de la política y agenda nacional forestal. En este sentido, se elaboró el presente estudio de oferta y demanda de leña, bajo la metodología conocida como WISDOM (por sus siglas en inglés), diseñada por el departamento de Dendroenergía de la FAO, conjuntamente con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional de México.

La Universidad Rafael Landívar, a través del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, en el marco del Programa de Investigación sobre Socioeconomía Ambiental y con el apoyo del **Proyecto Cuenta con Ambiente**, Fase II, fomenta la generación y utilización de las cuentas ambientales de Guatemala, a través del Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas Integradas (SCAEI). URL/IARNA fomenta el conocimiento y la capacitación acerca del funcionamiento de los sistemas naturales y las interacciones recíprocas entre éstos y las actividades económicas, las dinámicas sociales y las decisiones de política en el ámbito institucional, con miras a fortalecer procesos de desarrollo nacional que se reflejen en el mejoramiento continuo de las personas y su entorno. En este sentido contribuyó con la generación, procesamiento y sistematización de información para el presente estudio.

El presente estudio sobre Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala, fue llevado a cabo a través de un trabajo colaborativo entre el INAB, la URL/IARNA y FAO (a través de la iniciativa GFP), el cual además de dar información sobre la disponibilidad de leña a nivel país, departamental y municipal; permite identificar “puntos calientes” en términos de biomasa energética, para posteriormente generar estrategias y acciones orientadas a realizar un uso sostenible de la leña, como componente de las políticas públicas en materia dendroenergética y forestal.

Esta publicación fue elaborada con el apoyo de:





PRESENTACIÓN

El presente documento analiza la oferta y demanda de leña en Guatemala, la cual es expresada de manera cuantitativa y cualitativa a nivel nacional, departamental y municipal. Con la información recabada se obtienen balances de oferta y demanda en los ámbitos indicados, identificando los denominados “puntos calientes” en términos de biomasa energética.

La información obtenida conlleva no solo conocer el estado situacional de la leña en el país en términos de consumo y oferta (sostenible), sino sobre todo, se constituyen en un instrumento informativo y orientador para la definición de estrategias y acciones que fomenten el uso sostenible de la leña y la conservación de los ecosistemas forestales, naturales y plantados, que sirven de base para la obtención de este recurso estratégico para la mayoría de la población guatemalteca, especialmente del área rural.

El presente trabajo sobre “Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala/Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping¹” fue llevado a cabo a través de un trabajo colaborativo entre el INAB, la URL/IARNA y FAO, particularmente a través de los programas de cooperación técnica financiera que permitieron los recursos para este trabajo, por un lado el Convenio de Cooperación técnica INAB-URL/IARNA en el marco del Proyecto Cuenta con Ambiente, Fase II, y por otro, la iniciativa Growing Forest Partnerships (Construcción de Alianzas por los Bosques).

Se contó con la participación de varias personas, investigadores, profesionales y técnicos de distintas organizaciones, a quienes se les patentiza un profundo agradecimiento por sus distintos aportes.

Josué Iván Morales
Gerente INAB

Juventino Gálvez
Director IARNA

Ernesto Sinópoli
Representante FAO Guatemala

1 WISDOM, por sus siglas en inglés.



ÍNDICE

Resumen ejecutivo	9
Executive summary	11
Glosario	13
1. Introducción	15
1.1 Unas palabras sobre WISDOM	15
1.2 Motivaciones y objetivos del estudio.....	16
1.3 El contexto regional y nacional de la utilización de leña para la generación de energía	17
1.4 Las características de los usos y consumo de leña en Guatemala	17
1.5 Posibilidades de mejoras tecnológicas, económicas, ambientales y sociales de la leña como fuente de energía para su uso local en Guatemala.....	18
2. Materiales y métodos	21
2.1 Bases cartográficas de análisis.....	21
2.2 Módulo de demanda	22
2.2.1 Cálculo y georreferenciación del consumo residencial.....	23
2.2.2 Consumo comercial.....	25
2.2.3 Consumo industrial	25
2.2.3.1 Consumo de leña en panaderías a nivel nacional por municipio	25
2.2.3.2 Consumo de leña en ladrilleras a nivel nacional, por municipio	27
2.2.3.3 Consumo de leña en secadoras de cardamomo a nivel nacional por municipio.....	28
2.2.3.4 Consumo de leña en ingenios azucareros por municipio.....	28
2.2.4 Mapas finales de demanda	28
2.3 Módulo de oferta	29
2.3.1 Oferta directa.....	31
2.3.1.1 Oferta directa derivada del bosque natural	31
2.3.1.2 Oferta directa total accesible	33
2.3.1.2.1 Accesibilidad física.....	33
2.3.1.2.2 Accesibilidad legal	34
2.3.1.3 Oferta directa derivada de las plantaciones forestales	36
2.3.2 Oferta indirecta.....	39
2.4 Módulo de integración.....	39
3. Análisis de resultados	41
3.1 Situación general del análisis	41
3.2 Análisis del consumo actual de leña	41
3.2.1 Análisis del consumo actual de leña en el sector residencial	41
3.2.2 Análisis del consumo actual de leña en el sector comercial.....	43

3.2.3	Análisis del consumo actual de leña en el sector industrial.....	43
3.2.4	Consumo total.....	44
3.3	Análisis de la oferta de leña.....	45
3.3.1	Productividad de las masas forestales.....	46
3.3.2	Productividad de las plantaciones forestales.....	47
3.3.3	Oferta de leña de la industria de primera transformación de la madera	49
3.3.4	Oferta potencial de leña. Oferta total.....	50
3.4	Análisis del balance de biomasa identificación de áreas críticas y con superávit	51
3.4.1	Balance nacional de leña.....	51
4.	Conclusiones y recomendaciones	53
4.1	Colaboración multidisciplinar e interinstitucional	53
4.2	Implementación de la metodología WISDOM en Guatemala.....	53
4.3	Vacíos de información detectados	53
4.4	Resultados obtenidos y estudios potenciales.....	54
4.5	Recomendaciones.....	55
5.	Bibliografía consultada	57
6.	Anexos	63
Anexo 1.	Metodología de mapeo de oferta y demanda integrada de biomasa forestal o leñosa	63
Anexo 2.	Capas cartográficas que integran el análisis	65
Anexo 3.	Terminología Unificada de Biocombustibles (UBET)	67
Anexo 4.	Valores de incrementos y existencias en bosques naturales por zonas de vida	68
Anexo 5.	Nombre y descripción de las capas que integran la base de datos.....	69
Anexo 6.	Consumo anual de biomasa leñosa por departamento en toneladas al 0% de humedad.....	71
Anexo 7.	Oferta anual de biomasa leñosa por departamento en toneladas al 0% de humedad.....	72
Anexo 8.	Balance de biomasa leñosa por departamento (Guatemala).....	73

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tuvo como objetivo general realizar un estudio cualitativo y cuantitativo de la demanda y oferta de leña en Guatemala, generando resultados numéricos debidamente georreferenciados a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). De esta manera se pueden manejar diferentes capas, las cuales permiten superponer información y realizar cálculos entre las mismas para establecer balances de la disponibilidad de leña a nivel país, departamental, municipal o local, así como identificar lo que se conoce como “puntos calientes” en términos de biomasa energética, para proponer y generar simulaciones en lugares concretos.

En el grupo de trabajo conformado para la ejecución del presente proyecto se han involucrado investigadores del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar (URL), personal del INAB de las siguientes áreas: Investigación Forestal; Unidad de Fomento; Unidad de Planificación y SIG. Así mismo un Enlace Técnico del Convenio entre IARNA/URL y PFN/INAB, el Coordinador y Asistentes Técnicos del Programa Forestal Nacional (PFN) y un Consultor Nacional a cargo de la Base de datos.

La metodología de análisis utilizada para obtener la oferta de biomasa combustible y delinear las áreas de consumo (demanda) a nivel local, ha sido la conocida como “WISDOM”, diseñada por el departamento de Dendroenergía de la FAO, conjuntamente con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional de México.

Para aplicar dicha metodología fue necesario realizar una serie de trabajos de homogeneización de las bases cartográficas, así como la definición de la unidad administrativa y espacial mínima establecida para el análisis (en este caso se seleccionó la unidad “Municipio” y un píxel de 25 m x 25 m equivalente a 0.0625 ha).

A partir de la cartografía se elaboró una base de datos georreferenciada para su consulta y visualización en mapas que reflejan la oferta y el consumo (demanda)

de leña y su potencial (derivado del balance entre la oferta y la demanda) a nivel administrativo (municipio) y espacial (píxel) actualizado para el año 2010.

El módulo de demanda se encuentra integrado por el consumo de leña en el sector residencial e industrial (ver diagrama de flujos en figura 2). Lamentablemente en este primer balance, el consumo comercial no pudo ser incluido debido a la falta de información fiable.

El módulo de oferta se encuentra compuesto por la oferta directa y la oferta indirecta (ver diagrama de flujos en la figura 6). La oferta la integra el aprovechamiento de forma sostenible del bosque natural, de las plantaciones forestales y de los residuos generados por la industria de la primera transformación de la madera. Según la terminología unificada de la UBET (ver anexo 3) la oferta se compone por “biomasa leñosa”, no obstante en el presente informe se utiliza el término “leña” a petición del equipo técnico-consultivo de trabajo conformado por personal del IARNA, del INAB y del PFN.¹

Dada la heterogeneidad de humedades existentes en los combustibles vegetales en función de su origen, especie y condiciones de obtención, todos los valores se han referenciado en base seca (bs)² para facilitar su comprensión.

Para realizar el análisis de las fuentes de oferta de leña para energía, se establecieron una serie de premisas previas, relacionadas con las fuentes a incluir, cálculos de productividad anual de las mismas, fracción utilizable, limitaciones físicas y legales a la explotación del recurso, así como los procedimientos de búsqueda de resultados adecuados a las características de la geografía guatemalteca. Todas las premisas adoptadas se establecieron con la finalidad de que el

1 Oficina de seguimiento al PFN.

2 Todos los resultados expuestos en el presente informe se encuentran contabilizados en toneladas en base seca al 0% de humedad.

análisis de integración final reflejase lo más fielmente el balance de combustibles leñosos para Guatemala.

Una vez generados ambos módulos se realizó un balance entre la oferta y la demanda de leña en el módulo de integración.

Los resultados más destacados, en toneladas en base seca por año, son los siguientes:

- El consumo actual de biomasa con fines energéticos se estimó en 15,771,186.97 t, de los cuales 15,418,233.58 t provienen del sector doméstico y 352,953.40 t se deben al sector industrial.
- Las extracciones de leña reportadas a partir de licencia son de 402,446 t en base seca en el promedio (2006-2010).
- En función del uso actual del suelo,³ la productividad leñosa anual sostenible del bosque natural en Guatemala ha sido estimada en cerca de 15,054,000 t anuales en base seca (considerando su productividad media).
- De esa cantidad el 56% (8,485,641 t anuales en base seca), son física y legalmente accesibles

y están potencialmente disponibles para usos energéticos.

- La productividad de biomasa leñosa derivada de las plantaciones forestales asciende a 1,423,353 t anuales en base seca (considerando su productividad media).
- Adicionalmente, existe la cantidad de 136,905 t anuales de biomasa leñosa (subproductos) concentrada en las industrias de primera transformación de la madera.
- En definitiva, la oferta total de leña (es decir la oferta sostenible derivada del bosque natural, de las plantaciones forestales y de residuos derivados de la industria de la madera de primera transformación) asciende a 10,045,899 t en base seca anuales.
- El balance oferta/demanda global arroja un déficit de 5,725,290 t en base seca anuales. Este déficit detectado supone la confirmación de que para ser satisfecho se está avanzando sobre las reservas forestales del país.

3 Considerando Mapa de Uso del suelo año 2003 y Mapa de cobertura Forestales 2006.

EXECUTIVE SUMMARY

This overall project aimed to conduct a qualitative and quantitative analysis of demand and supply of biomass in the Republic of Guatemala, generating numerical results properly georeferenced through Geographic Information Systems (GIS). Thus can be managed different layers, which allow to superimpose information and to execute calculations between them to establish balances of the availability of firewood in the country, in the department, municipality or at a local level and identify what is known as “hot spots” in terms of energy biomass to propose and generate simulations in specific locations.

Researchers from the Institute of Agriculture, Natural Resources and Environment (IARNA), Rafael Landívar University (URL), and INAB staff have been involved in the word group formed to carry out this project in the following areas: Forestry Research, Development Unit, Planning Unit and GIS. As well a technical link of the agreement between IARNA/URL and NFP/INAB, the National Forestry Program Coordinator (PFN) and a National Consultant in charge of the database have taken part.

“WISDOM” has been the analysis methodology used to obtain the supply of biomass fuel and to define the consumption areas (demand) in the local level, designed by the Wood Energy Department of FAO, jointly with the Institute of Ecology National University of Mexico.

To apply this methodology it was necessary to perform some homogenization works of the cartographic bases, as well as the definition of the minimum administrative and space unit established for the analysis, (in this case it was selected the unit “municipality” and a pixel with size 25 m x 25 m equivalent to 0.0625 ha.)

Based on cartography it was developed a geo-referenced database for search and visualize maps that reflect firewood supply and consumption (demand) and the potential (derived from the balance between supply and demand) in an administrative level (municipality) and spatial (pixel) updated for 2010.

The demand module consisted of wood consumption in the residential and the industrial sector (see flow chart in Figure 2). Unfortunately, in this initial evaluation, the commercial use could not be included due to the lack of reliable information.

The supply module is composed of direct and indirect supply (see flow chart in Figure 6). The offer consisted of the sustainable use of natural forest, forest plantations and the waste generated by the timber industry of first processing. According to the unified terminology UBET (see Annex 3) the offer is made by “Woody biomass”, however in this report is used the term “Firewood” at the request of the technical team – consultative work compound of personal from IARNA and INAB.

Due to the heterogeneity of moistures present in plant-based fuels in terms of their origin, species and conditions of procurement, all values have been referenced on a dry basis (db) to facilitate the understanding.

It was established a series of previous premises with the purpose of realize the analysis of sources of supply of wood for energy, related to fonts to include, to calculate their annual productivity, usable fraction, physical and legal limitations exploiting the resource, and method of search adequate according the characteristics of the Guatemalan geography. All assumptions adopted were established with the aim that the final integration analysis reflected faithfully the balance of wood fuels for Guatemala.

Once generated both modules it was carried on a balance between supply and demand for firewood in the integration module.

The most significant results, based on dry tons per year, are:

- The current consumption of biomass for energy purposes was estimated in 15,771,186.97t, of which 15,418,233.58t come from the residential sector and 352,953.40t are due to the industrial sector.

- The extractions of wood with license are 402.446 dry tons on the average (2006-2010).
- Depending on the current land use, the sustainable woody productivity annual of natural forest in Guatemala has been estimated 15,054.000 dry tons per year (considering the average productivity).
- 56% of this amount (8,485,641 dry tons per year), are physically and legally available and potentially available for energy uses.
- The productivity of woody biomass derived from forest plantations is 1,423.353 dry tons per year (considering the average productivity).
- Additionally, there is the amount of 136,905 tons per year of woody biomass (byproducts) focused in the timber industry of first processing.
- Definitely, the total supply of firewood (in other words the sustainable supply derived from the natural forest, from forest plantations and residues from wood industry of first processing) is 10,045,899 dry tones per year.
- The global supply/demand balance shows a deficit of 5,725,290 dry tones per year. This information confirms that to satisfy this deficit it is being advanced on the country's forest reserves.

GLOSARIO

BEN	Balance Energético Nacional
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Programme
DINEL	Directorio Nacional de Empresas y sus locales comerciales
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEIs	Gases con efecto invernadero
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (Universidad Rafael Landívar)
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INAB	Instituto Nacional de Bosques
IMA	Incremento Medio Anual
KBEP	Mil Barriles equivalentes de petróleo
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MEM	Ministerio de Energía y Minas
OLADE	Organización Latinoamericana de la Energía
PERFOR	Programa Estratégico Regional para el Manejo de los Ecosistemas Forestales
PFN	Programa Forestal Nacional de Guatemala
PINFOR	Programa de Incentivos Forestales
PINPEP	Programa de incentivos para poseedores de pequeñas extensiones de tierras de vocación forestal o agroforestal
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
SIFGUA	Sistema de Información Estadística Forestal de Guatemala
TICs	Tecnologías de la Información y Comunicación
UBET	Terminología Unificada de Biocombustibles



1. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de energía es una condición previa y necesaria para la satisfacción de necesidades básicas de la población. Estas necesidades son esencialmente domésticas como la cocción de alimentos, la refrigeración y calefacción, la iluminación y el acceso a la información, necesidades colectivas como alumbrado público, iluminación y acceso a TICs en escuelas, funcionamiento óptimo de los centros de salud y hospitales, el funcionamiento de servicios públicos de agua potable y saneamiento y necesidades productivas que generen ingresos y empleo.

Más de 2,000 millones de personas en el mundo no tienen acceso a la electricidad y los servicios que esta provee, incluyendo iluminación, refrigeración, telecomunicaciones y energía mecánica. Estos servicios son esenciales para la provisión de educación y salud y la creación de oportunidades productivas de empleo.

En los países pobres más del 80% de la energía consumida proviene de combustibles tradicionales, leña y residuos agropecuarios. Sumado a ello, los dispositivos de cocción y calentamiento de agua utilizados por gran parte de la población que consume leña son ineficientes desde el punto de vista energético y generalmente fuerzan a la población local a extraer leña a tasas que exceden la regeneración natural de estos recursos, degradando las masas forestales y los suelos que las contienen.

Por otra parte la cocción con estos combustibles en dispositivos inapropiados puede resultar contaminante y emitir gases tóxicos que dañan la salud, tanto en el interior como en el exterior de las viviendas.

Si bien es obvio que la pobreza energética constituye tan sólo un aspecto de la pobreza total, también es cierto que la provisión y acceso universal a la energía contribuye de un modo significativo al aumento de las oportunidades a la hora de generar ingresos y mejorar la calidad de vida de la población. Dicho de otro modo, los servicios energéticos representan medios de vida y de producción, indispensables para la reproducción y producción de los sujetos en sociedad.

Las nuevas políticas públicas adoptadas por los países se encaminan a la universalización de los servicios energéticos modernos, moderar el cambio de combustibles, evolucionar hacia la utilización de combustibles locales y mejorar la eficiencia energética para los usuarios. Así mismo, el acceso universal a la electricidad es un objetivo esencial de las políticas públicas, ampliamente reconocido en todas las divisiones sociales.

En 2005, la publicación conjunta de PNUD, Millenium Project, World Bank y ESMAP (Energy Sector Management Assistance Programme) titulada “Energy services for the Millennium Development Goals”, expone una serie de objetivos para el sector de la energía para cumplir con los ODM. Los objetivos que se estima necesario cumplir en todos los países en 2015 para cumplir los ODM son:

- El 50% de la población que en la actualidad depende de la biomasa tradicional para cocinar puedan acceder a combustibles modernos. Así mismo, apoyar los esfuerzos para desarrollar y adoptar el uso de cocinas mejoradas, medidas que reduzcan los impactos adversos sobre la salud derivados de cocinar con biomasa, y medidas que incrementen la producción sostenible de biomasa.
- Asegurar un acceso a la electricidad fiable en todas las áreas urbanas y peri-urbanas.
- Proveer de un acceso a los servicios energéticos modernos (en forma de potencia mecánica y electricidad) a nivel comunitario para todas las comunidades rurales.

1.1 Unas palabras sobre WISDOM

El análisis de los sistemas energéticos basados en biomasa es muy complejo dado que para su análisis se hace necesaria la integración de multitud de fuentes de información procedentes de muy diversos ámbitos; el sector forestal, el energético, el industrial, el ambiental, así como la sociedad en su conjunto,

ya que todos los actores implicados sin excepción tienen inferencias sobre los mismos.

Desde los usos tradicionales, hasta para los desarrollos económicos, empresariales, de investigación, de tecnología y de implementación, todos los sistemas bioenergéticos deben ser sostenibles social y ambientalmente y contribuir al desarrollo de las economías regionales. Dentro de estos sistemas, los den-drocombustibles, constituidos principalmente por la leña, los residuos forestales y el carbón vegetal presentan una gran importancia. Sin embargo, en algunos casos resulta complejo evaluar la disponibilidad potencial y real de estos biocombustibles así como el consumo de los mismos.

La experiencia en investigación relacionada con el uso de energía por el sector residencial, comercial e industrial, específicamente en la energía derivada de la biomasa (leña, residuos y carbón vegetal), tanto en los países centrales como en los periféricos, demuestra que los datos son extremadamente escasos, incompletos y se encuentran dispersos.

Un análisis profundo del consumo de este tipo de energía necesita de tres clases de información:

1. Las tareas que realiza la energía.
2. Cantidad y tipo de cada forma de energía usada para realizar las tareas.
3. Eficiencia con la que se realizan esas tareas.

Del mismo modo en muchas ocasiones resulta complicada la evaluación de la potencialidad del recurso leña.

De este modo, la FAO ha desarrollado la metodología WISDOM que ayuda a la mejor comprensión y análisis de los sistemas energéticos basados en la utilización de leña.

La gestación y desarrollo de la metodología WISDOM, estuvo motivada por una serie de circunstancias acontecidas en los últimos años y relacionadas con los mercados energéticos y los cambios del paradigma ambiental, como son: la diversificación de las matrices energéticas de los países; la búsqueda de una mayor contribución de las energías renovables y en concreto de los biocombustibles en los sistemas energéticos globales; la disminución de la

emisión de GEIs; las controversias suscitadas sobre la competencia por el destino de las materias primas –alimentos vs energía–; la necesidad de impulsar el desarrollo rural a partir del desarrollo de las economías regionales y de coordinar las respuestas dadas al desarrollo de la bioenergía desde los sectores de la energía, industrial y forestal, etcétera.

Dada la complejidad que envuelve la generación de energía a partir de biomasa, surge la necesidad de contar con herramientas que sirvan de apoyo para compatibilizar las políticas energéticas y forestales y que generen proyectos sostenibles y perdurables a largo plazo. Por ello, la FAO conjuntamente con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, desarrolló esta metodología que aborda con una visión sistémica esta problemática y ofrece respuestas a los sectores de la energía, de la industria, de la agricultura y forestal ayudando a aumentar la coordinación y las sinergias entre las distintas partes con inferencias en el sector. Las características generales de la metodología WISDOM pueden ser consultadas en el Anexo 1.

1.2 Motivaciones y objetivos del estudio

Desde la segunda mitad del siglo XX se ha hablado del consumo de leña como un problema en Guatemala. Zanotti, R. (2008) presenta un historial del porcentaje de la población que ha utilizado leña, basado en los datos de los censos de población y encuestas de condiciones de vida, realizados desde 1961 hasta el año 2006, concluyendo, que si bien el porcentaje de la población que consume leña muestra una tendencia a descender conforme se logra dotar de infraestructura eléctrica a más poblaciones y el suministro de derivados del petróleo se hace más eficiente, es evidente que la leña seguirá teniendo un lugar importante en los medios de vida de la población del país como fuente de energía.

El Balance Energético Nacional, BEN (MEM 2007), indica que la leña constituyó el 48.9% de la energía primaria consumida en el país durante ese año.

El Informe de Avances de los Objetivos del Milenio (SEGEPLAN, 2006) señala el alto consumo de leña, entre otras, como una de las causas principales de la degradación ambiental y que en muchos hogares las

mujeres cocinan con leña o residuos de cosechas, exponiéndose ellas y sus hijos al aire contaminado; esto provoca una notable cantidad de problemas de salud.

El análisis de la gobernanza del Sector Forestal en Guatemala (PERFOR, 2004) indica que aproximadamente el 65% de la población depende de la leña para la cocción de alimentos y calefacción de la vivienda, principalmente en el área rural. Añade que la población guatemalteca que consume leña es predominantemente rural (dentro de ésta la pobre o muy pobre); a la que se suma, la población pobre o muy pobre que se ubica en los barrios marginales de las principales ciudades; sin embargo, no existe una cifra exacta del consumo de leña en el país.

A pesar de ser un problema visualizado desde hace varios años, no existen datos reales y confiables del consumo de leña en el país, ya que diferentes fuentes estiman el consumo en cifras muy contrastantes. Es evidente que se hace necesario dimensionar, delimitar y focalizar el consumo de leña, realizando un estudio de línea base que permita identificar claramente la magnitud, la intensidad y la distribución territorial del consumo de leña.

El presente trabajo se propone lograr una visión sinóptica a escala del país, de la oferta, la demanda y el suministro de leña permitiendo determinar áreas de atención prioritaria para garantizar el abastecimiento a la población y la sostenibilidad del recurso bosque a corto, mediano y largo plazo. Con estas bases, se hará una contribución al país en virtud de que serán fortalecidas las capacidades para recopilar, integrar y analizar información, hoy dispersa, en materia de dendroenergía y con ello las capacidades para diseñar políticas y estrategias regionales y nacionales en materia forestal y de energía.

1.3 El contexto regional y nacional de la utilización de leña para la generación de energía

La región centroamericana está formada por Guatemala, Honduras, Nicaragua, El Salvador, Costa Rica y Panamá. En el año 2006 la población total de esta región era cercana a los 40 millones de habitantes, con una superficie de 508,900 km y un producto interno bruto (PIB) total de 103 mil millones de dólares (a precios corrientes).

Según un informe de la CEPAL en el año 2006, los países centroamericanos alcanzaron un consumo final de energía de 158,000, cubierto principalmente en un 45% por derivados del petróleo, 38% por biomasa, 12% por electricidad y 5% por otros. Para ese año, los dos sectores de mayor consumo energético en la región fueron el residencial con 43% (dentro del cual la leña representó 83%), y el transporte, con 30%, principalmente de derivados líquidos del petróleo⁴.

Según cifras de la CEPAL, Guatemala es el país centroamericano que reporta el mayor consumo de leña, ya que en el año 2002 el 57.3% de los hogares (1,261,000 viviendas) cocinaba con leña. Este dato es corroborado con lo reportado por la OLADE para el año 2009, confirmando que el 47% de la energía consumida en el país provenía de la leña, alcanzando los 26,245.06 kbep en el sector residencial y 811.7 en el sector comercial, servicios y sector público⁵. Según el BEN del año 2010 para Guatemala, el consumo de leña alcanzaría los 37, 253,01 kbep, siendo el sector residencial el mayor demandante de esta energía con un 97%.

Conjuntamente con Guatemala, Nicaragua (con el 46,79%) y Honduras (con el 43,31%) dependen en su matriz energética de la energía generada a partir de la leña. En el ámbito nacional, el 86% de la población centroamericana que depende de la leña se concentra en los tres países mencionados; mismos que también poseen la mayor porción de población en la región, alcanzando el 63% del total, además de que son los países con menor desarrollo considerando el indicador de desarrollo humano o el ingreso por habitante (CEPAL, 2008).

1.4 Las características de los usos y consumo de leña en Guatemala

La escasez de información cuantitativa acerca del consumo de leña y carbón vegetal en Guatemala se debe, entre otras cosas, a la dificultad que entraña la medición del volumen de corta, dado que la provisión de la leña suele realizarse por los miembros de la familia que la consume. Así mismo, la leña no tiene un

4 CEPAL (2007). Estrategia energética sustentable centroamericana 2020.

5 <http://www.olade.org/sites/default/files/Indicadores/ie-len/GT-len.png>

precio definido, pues en muchos hogares rurales al ser un bien que se recolecta a nivel de astilleros comunitarios o por la cosecha de ramas y árboles caídos el único costo incurrido es el esfuerzo invertido por la familia para abastecerse. Por este motivo, el ciclo de consumo no se registra de forma oficial en su totalidad.

Los valores reportados por las estadísticas de producción forestal solo reflejan un porcentaje del total del consumo de leña. La leña legal proviene de las actividades silviculturales aplicadas a las plantaciones forestales, podas y raleo de los árboles de las plantaciones, de los bosques naturales manejados con fines productivos, de las podas de la sombra de los cafetales y de las licencias de consumos familiares. Según un informe del MEM la relación entre la madera extraída de forma ilícita y con autorización, es de 1:391, es decir, que por cada m³ de madera autorizada se aprovechan 391 m³ de madera de forma ilegal. Esta leña ilegal proviene de extracciones de los bosques comunales, municipales o privados.⁶

La demanda de energía en el sector residencial depende de diversos factores de tipo técnico, energético y socioeconómico que son los que finalmente determinan el comportamiento del consumo final de energía en este sector. Aunque el crecimiento demográfico suele ser uno de los principales factores que determinan el comportamiento tanto del consumo agregado de energía en el sector como de cada uno de los energéticos en forma individual, la variación de otros factores como la disponibilidad u oferta de una fuente de energía, podrían cambiar la estructura de la canasta energética que utilizan las viviendas. En forma similar, variaciones en los precios de los energéticos, diferentes condiciones geográficas o climáticas, cambios en el tamaño de los hogares, nuevas tecnologías para el aprovechamiento de energía, etc., determinan los patrones de comportamiento del consumo global de energía, los consumos de cada energético o los consumos específicos por vivienda o por persona.

1.5 Posibilidades de mejoras tecnológicas, económicas, ambientales y sociales de la leña como fuente de energía para su uso local en Guatemala

Los principales objetivos de política energética en Guatemala, se fundamentan en la consecución de las siguientes metas generales: seguridad de suministro; diversificación del suministro; calidad y precios competitivos de los productos energéticos; eficiencia energética y uso racional de energía; incremento en la cobertura del servicio eléctrico; integración energética regional; manejo sostenible de la leña; mitigación del cambio climático.

Dada la gran importancia que adquiere el uso de leña esencialmente en el sector residencial se vienen implementando distintos programas para la preservación del ambiente, el aumento de la superficie forestal y el cambio de tecnologías más eficientes en aras del ahorro en el consumo de leña.

Si bien dentro de las políticas energéticas del país se viene priorizando el aumento de la electrificación rural para la mejora de la calidad de vida de la población, la leña seguirá siendo en el corto y mediano plazo el insumo energético más importante en las comunidades rurales.

El alto consumo de leña obedece a que la mayor parte de la población vive en el área rural y cuenta con escasos recursos económicos, lo que le impide tener acceso a otras fuentes energéticas. Tradicionalmente, se utiliza un tipo de estufa para cocción, conocida como "Tres Piedras". En Guatemala el uso de leña para la cocción de alimentos no se realiza de forma eficiente (de cada 100 unidades de calor generado por leño, se pierden 92 unidades).

Por este motivo el MEM además de la implementación de proyectos de electrificación rural a través de extensión de red o de iluminación domiciliar con energía solar, también incorpora estrategias para el cambio de tecnologías más eficientes en el uso de leña para energía, a través de cocinas mejoradas.

En este sentido el MEM dentro de sus experiencias en ejecución de proyectos, logró desarrollar algunas inversiones orientadas a la instalación de estufas de leña, lo que ha permitido acumular experiencia desarrollando un modelo innovador de compartir cos-

6 MEM (2007). Política energética 2008-2015.

tos entre gobierno y usuarios. En la misma línea de actuación el Fondo de Inversión Social logró instalar 154,000 estufas durante el período 1995-2003. Por su parte, INTERVIDA ha desarrollado gran cantidad de proyectos de estufas mejoradas en la zona del altiplano occidental, especialmente en los departamentos de Huehuetenango y Quiché⁷.

La organización HELPS International reporta la implementación de casi 60 mil estufas ONIL en el país. Con un enfoque integral para mejorar las condiciones de vida de las familias indígenas, HELPS desa-

rolló un modelo de estufa de plancha, con cámara de combustión tipo rocket, la cual produce en serie y distribuye mediante proyectos comunitarios, gubernamentales, voluntariado y venta directa y mediante micro-financiamiento. Su modelo de implementación está enfocado a la sensibilización y capacitación de las familias rurales, del personal de instituciones y organizaciones, la asesoría y acompañamiento a los proyectos mediante la supervisión de la instalación y el seguimiento para verificar el correcto funcionamiento de la tecnología y ayudar a resolver problemas técnicos⁸.

7 OLADE (2005). Diagnóstico del sector energético en el área rural de Guatemala.

8 OLADE (2010). Asistencia técnica sobre lecciones aprendidas y recomendaciones para el desarrollo de proyectos de estufas eficientes en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá.



2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este tipo de análisis tiene un carácter intrínsecamente geográfico y se adapta a las características específicas del territorio.

Cabe señalar que una de las limitaciones más importantes en este tipo de análisis es la calidad y cantidad de la información disponible. Existe una estrecha relación entre los datos relevados, la confiabilidad de las fuentes de información utilizadas y el resultado de este primer balance.

El análisis se compone de tres módulos: demanda de leña, oferta y balance. A continuación se realiza una descripción de la metodología aplicada, las fuentes utilizadas y las limitaciones de las mismas.

2.1 Bases cartográficas de análisis

La base cartográfica político-administrativa seleccionada para el análisis es la división municipal ya que a este nivel es posible obtener distintas variables socioeconómicas y productivas relacionadas con la oferta y el consumo de leña. El mapa administrativo fue proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Guatemala está dividida administrativamente en 22 departamentos, 333 Municipios oficialmente declarados en el momento del Estudio y 27,352 lugares poblados.

Tras el análisis de las bases de datos, estadísticas y cartografía existente se estableció el año 2010 como fecha a la que serán llevadas las estimaciones para WISDOM Guatemala.

La medición de las unidades de la producción de biomasa leñosa y consumo se realizó en toneladas secas en horno. El valor empleado a nivel nacional por IARNA, para estadísticas de cuentas ambientales, equivale a 0.563586594 tm^3 .

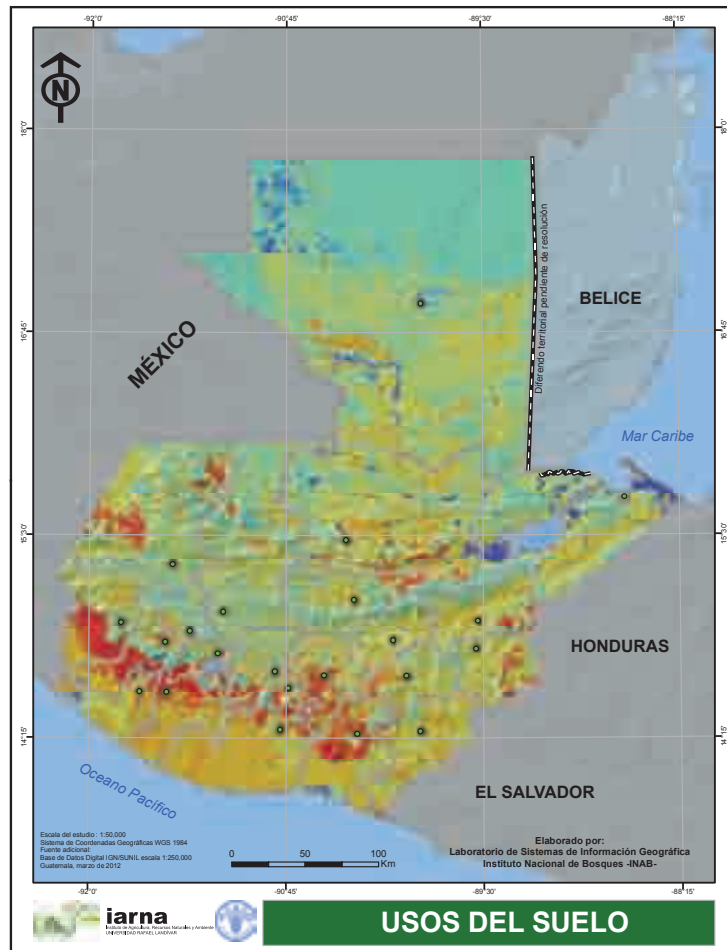
La cobertura del suelo y uso de la tierra representa una capa cartográfica esencial para el análisis WISDOM, ya que a partir de las distintas clases que la conforman se construye el módulo de oferta directa. Sobre este mapa se asignan los valores de existencias y productividad de cada clase.

Una vez revisadas las capas existentes de Usos del Suelo (MAGA, 2003) y Mapa de Dinámica Forestal (INAB, 2006), se decidió elaborar un mosaico en el que se integrarán ambas capas. Del Mapa de Dinámica Forestal se seleccionaron las zonas clasificadas como bosque, cultivo del café y del hule, ya que el equipo técnico-consultivo concluyó que la clasificación de estas clases se encuentra más cercana a la realidad actual que la elaborada por el MAGA para el mapa de Usos del Suelo del 2003.

En el Mapa de Dinámica Forestal (INAB, 2006), no se diferencian los tipos de bosques por lo que se decidió utilizar el Mapa de Zonas de Vida para la asignación de la productividad de los distintos “tipos de bosques”. Para el resto de las clases se recurrió al mapa de Usos del Suelo. En éste se encuentran bien diferenciadas las zonas urbanas, ríos, cuerpos de agua, y otros usos de la tierra como arbustales, pastos naturales y otros cultivos agrícolas. Con la elaboración de este mosaico se obtuvo un nuevo mapa de usos del suelo el cual fue utilizado en el análisis.

En resumen, el mapa de usos del suelo fue obtenido a partir de la elaboración de un mosaico raster con los siguientes mapas nombrados por orden de prioridad: núcleos urbanos (MAGA, 2003), Agua (MAGA, 2003), bosques (INAB, 2006), café (INAB, 2006), hule (INAB, 2006), otros usos del suelo (MAGA, 2003), dando como resultado el mapa de usos del suelo (ver figura 1).

Figura 1: Mapa de Usos del Suelo



Fuente: Elaboración propia

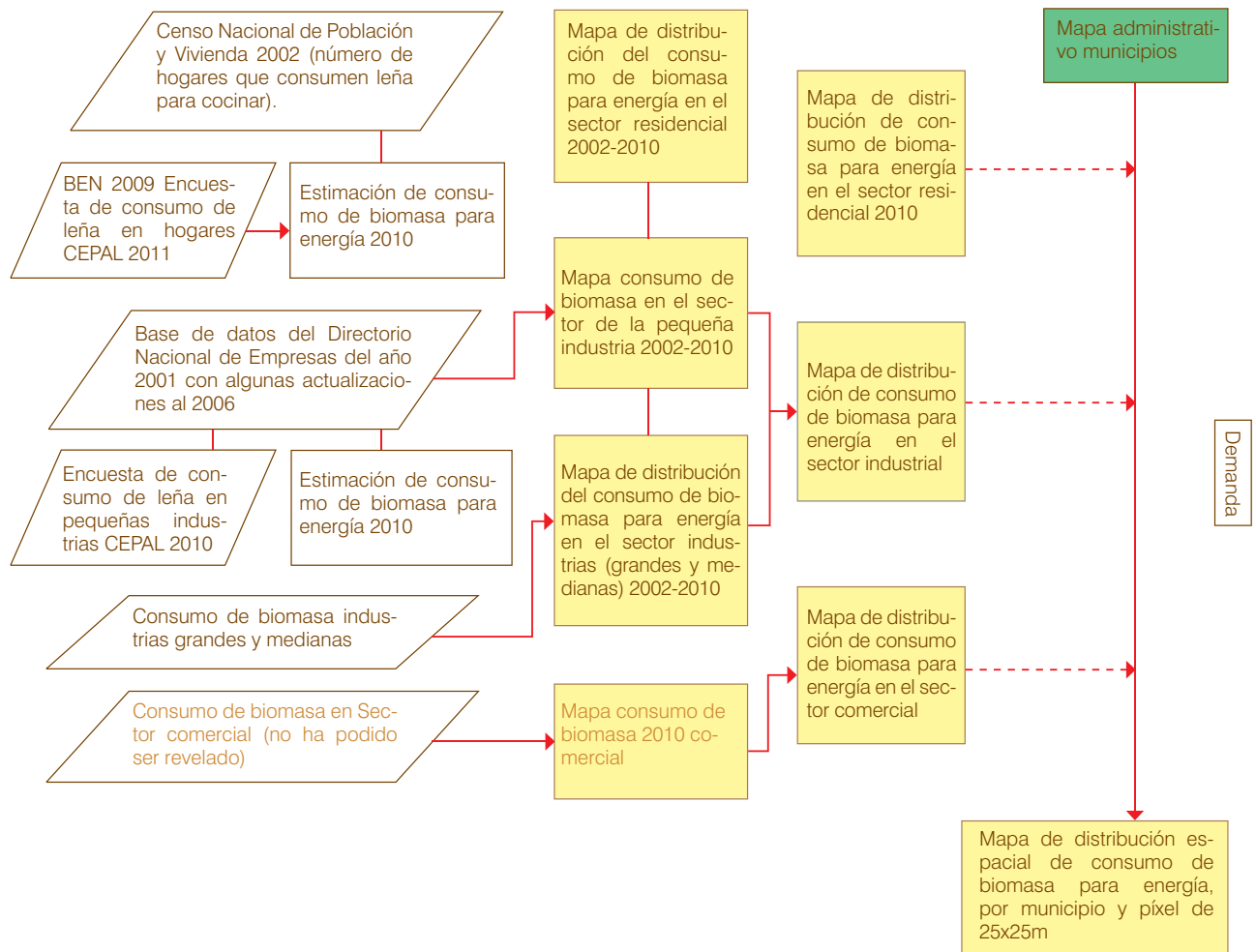
En cuanto al análisis raster se optó por tomar un tamaño de píxel de 25x25 m equivalente a 0.0625 ha, ya que la mayor parte de las capas utilizadas para la elaboración del mapa de usos del suelo y otras variables que integran el análisis se encuentran relevadas a partir de imágenes Landsat TM+.

En el Anexo 2, se muestran con detalle todas las capas cartográficas utilizadas en cada módulo.

2.2 Módulo de demanda

El diagrama de la figura 2 muestra la descripción de las principales capas temáticas y las etapas de procesamiento del Módulo de Demanda.

Figura 2: Principales capas temáticas y etapas de procesamiento del Módulo de Demanda



Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Cálculo y georreferenciación del consumo residencial⁹

El consumo residencial, esencialmente está compuesto por el consumo de leña para cocinar, para calefacción y agua caliente sanitaria de las viviendas. Esta variable expresa la cantidad anual de leña, en toneladas en base seca, en el sector residencial de cada municipio del país, en las áreas rural y urbana.

Las fuentes utilizadas para este cálculo son los datos del último Censo de Población y Vivienda del 2002, las proyecciones de población del Instituto Nacional de Estadística (INE) al 2010, la Encuesta de Condiciones de Vida del INE del 2006 y el estudio sobre consumo de leña en hogares de Guatemala, realizado para el proyecto de Cuenta Integrada de Energía y Emisiones, del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente –IARNA–¹⁰.

9 Para fines prácticos puede entenderse como consumo doméstico

10 Vargas Aldana, 2007. Consumo de leña en los hogares de Guatemala. IARNA.

Para la determinación de los valores de la variable, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se tomaron las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), para la población de Guatemala al año 2010, tanto a nivel urbano como rural, por departamento.
2. Para estimar el número de hogares en el área rural y urbana, se dividió la población estimada 2010, dentro de los valores proyectados de miembros por hogar urbano y rural, de acuerdo a la tabla 1.

Tabla 1: Población urbana y rural de Guatemala según censos de población y proyecciones

Personas por hogar estimadas	Total	Urbana	Rural
Censo 1981	5.5	5	5.4
Censo 1994	5.2	4.8	5.5
Censo 2002	5.1	4.7	5.5
Esperado 2010	4.90	4.55	5.50

Fuente: Elaboración propia a partir de Censos 1981, 1994, 2002 y 2010.

En el sector urbano el promedio de personas por hogar disminuyó en 0.3 en el término de 20 años, si la tendencia se mantiene este valor bajaría 0.15 adicionales en los siguientes 10 años, por lo tanto se esperaría para el año 2010, un valor promedio de 4.55.

En el caso del sector rural los valores promedio se han mantenido entre 1994 y 2002, por lo que se esperaría que para el año 2010 estos se mantengan.

3. Para estimar la proporción de hogares que consumen leña en el sector urbano y rural, se to-

maron los valores obtenidos de la Encuesta de Condiciones de Vida del Instituto Nacional de Estadística de 2006. Como estos valores son departamentales, se asignaron a todos los municipios del departamento correspondiente.

4. La cantidad de hogares que consumen leña en el sector urbano y rural por municipio, se calcula multiplicando el estimado de hogares por municipio, por la proporción de hogares que consumen leña en ambos sectores.
5. Los valores de consumo promedio per cápita (metros cúbicos al año) por hogar urbano y rural, se tomaron del estudio sobre consumo de leña en hogares de Guatemala, realizado para el proyecto de Cuenta Integrada de Energía y Emisiones del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA). Estos valores son departamentales, y se aplicaron a los municipios de todos los departamentos correspondientes (ver tabla 2).
6. Dado que la estimación del consumo de leña que se hace en el estudio mencionado, son metros cúbicos al año per cápita en hogares de los departamentos (urbano y rural), se procedió a convertir este dato a metros cúbicos por hogar, multiplicando dichos valores por el número estimado de miembros por hogar. El valor resultante fue transformado a toneladas secas.
7. El consumo de leña de los hogares urbanos, rurales y totales se determinó multiplicando el consumo promedio por hogar, por el total de hogares que consumen leña en el municipio, previamente determinado en el punto 3.

Tabla 2: Consumo promedio per cápita de leña en el sector urbano y rural de Guatemala

Metros cúbicos/persona/año					
Departamento	Urbana	Rural	Departamento	Urbana	Rural
Guatemala	0.7	2.2	San Marcos	1.3	4.2
El Progreso	0.6	2.7	Huehuetenango	2.3	4.6
Sacatepéquez	1.1	3.1	Quiché	2.3	3.5
Chimaltenango	1.1	3.6	Baja Verapaz	0.9	3.4
Escuintla	0.9	3	Alta Verapaz	0.8	2
Santa Rosa	1.4	2.6	Petén	1.9	2.4
Sololá	1.4	3.9	Izabal	0.4	2.1
Totonicapán	1.5	3.5	Zacapa	0.6	2.3
Quetzaltenango	1.1	4.4	Chiquimula	0.7	2.6
Suchitepéquez	1.1	3.6	Jalapa	1.4	2.5
Retalhuleu	1	3.7	Jutiapa	0.8	2.4

Fuente: Vargas Aldana, 2007.

Los datos de consumo estimados a partir de los pasos anteriores, fueron asociados a la base cartográfica de centros poblados rurales y urbanos obtenidos del mapa de núcleos urbanos clasificado por el MAGA en el “mapa de usos del suelo” y los “centros poblados” del INE. Estas capas fueron rasterizadas y utilizadas para la asignación del consumo por píxel, el cual fue calculado y distribuido en esta capa temática utilizando los valores de consumo de leña en hogares de cada municipio.

2.2.2 Consumo comercial

Como suele ocurrir en la mayoría de las estadísticas a nivel mundial, los datos relacionados con el consumo de leña o carbón vegetal en el sector comercial no suelen estar disponibles. Esta situación no permite estimar el consumo en el sector comercial relacionado con la calefacción en la hostelería, el uso de leña y carbón vegetal en las parrillas, tortillerías, asaderos y restaurantes. El análisis WISDOM realizado de estos consumos en otras áreas geográficas ha demostrado que pueden alcanzar cantidades nada despreciables.

2.2.3 Consumo industrial

El consumo de leña en los distintos procesos productivos de la industria de Guatemala ha podido ser calculado para el conjunto nacional para las siguientes

industrias: panaderías, ladrilleras, secadoras de cardamomo y un único ingenio azucarero.

Se tiene conocimiento de que además de estas industrias existen otras, relacionadas con la fabricación de cemento, caleras y dos ingenios que también utilizan biocombustibles sólidos (leña, residuos de aserradero, cáscara del café, etc.) en sus fases productivas, no obstante no ha sido posible acceder a esta información.

El procedimiento para la georreferenciación del dato de los consumos industriales fue similar al utilizado para el consumo residencial.

En los epígrafes siguientes se detalla el procedimiento seguido en el cálculo de los consumos de leñas de las industrias seleccionadas.

2.2.3.1 Consumo de leña en panaderías a nivel nacional por municipio

Esta variable expresa la cantidad anual de leña, en toneladas secas, que se utiliza en panaderías de cada municipio del país.

Tomando como base el Directorio Nacional de Empresas y sus locales comerciales DINEL, del Instituto Nacional de Estadística (2002) se procedió a seleccionar a las empresas categoría uno (aquellas que

tienen entre uno y cinco empleados). En esta categoría la mayoría de las empresas son artesanales, tal como lo evidencian los estudios de tesis encontrados para distintas regiones del país (ver bibliografía), y en los que se estiman costos de producción de esta actividad. Los principales datos para estas industrias, se detallan a continuación.

En general la actividad se clasifica en tres tipos: pequeños, medianos y grandes artesanos. En los estudios revisados (los cuales son de distintas zonas del país), la mayoría de las empresas encontradas fueron de pequeños artesanos con un porcentaje del 75%, seguido de los medianos artesanos con 23.04% y de los grandes artesanos con 1.96%.

Los pequeños artesanos son aquellas industrias que se dedican a la elaboración de pan utilizando herramientas y equipo tradicional de fabricación propia. En estas industrias no se da la división del trabajo, el propietario se encarga de administrar y a la vez realiza el proceso de producción y venta.

Los medianos artesanos se dedican a la fabricación de pan, con un modesto capital. La situación de estos artesanos está por debajo de los niveles de acumulación ya que no logran producir y/o retener el excedente económico necesario para reintegrarlo al proceso de producción limitándose a remunerar el trabajo.

Los grandes artesanos son aquellos que su actividad puede ser considerada como empresa y se caracteriza por retener excedentes generados en el desarrollo de la panadería, lo que permite una amplia acumulación de capital para reinvertir. En esta categoría como mínimo existen cinco personas contratadas y cuenta con maquinaria y herramientas adecuadas y modernas.

De este modo, la actividad de panadería en Guatemala se realiza mayormente de manera artesanal en pequeñas y medianas industrias, el 82.45% de ellas utiliza leña y contratan poca mano de obra, ya que procesan cantidades que van desde 0.25 hasta 2 quintales de harina al día. El rendimiento promedio de panes de consumo popular en todo el país, por quintal de harina procesada se estima en 2,128 unidades.

La cantidad de jornales empleados para el procesamiento de un quintal de harina, es de 1, por lo que se puede concluir que el número de personas contratadas por las panaderías, determina en cierta forma su

producción diaria. En promedio se ha determinado que para la transformación de un quintal de harina en pan de consumo popular, en horno de leña, se necesitan 0.33125 tareas de leña. Este valor se obtuvo de promediar la cantidad de leña empleada en el procesamiento de un quintal de harina encontrada en los estudios de tesis mencionados. De este modo se estima la cantidad de harina procesada por panadería al año, multiplicando los días hábiles (6 por semana) por el promedio de empleados en estas empresas en la categoría uno del DINEL (que es igual a 2.5 personas).

De este modo, 2.5 personas x 313 días hábiles al año = 782.5 jornales, equivalentes a quintales de harina promedio procesados al año, por panadería.

Si se multiplica el número de panaderías de cada municipio por la producción promedio anual en quintales de harina se obtiene la cantidad de quintales procesados en el municipio. Teniendo en cuenta que en promedio se necesitan 0.33125 tareas de leña para procesar un quintal de harina para producción de pan, se determina el equivalente de leña en toneladas a partir de los siguientes factores de conversión:

- 1 tarea promedio = leña apilada en un espacio de 3.34 metros de largo por 0.835 metros de alto por un ancho de 0.40 metros = 1.11556 metros cúbicos de leña apilada.
- Para transformar este volumen de leña en volumen sólido (eliminando los espacios vacíos del apilado) se utiliza el factor de apilación de 0.784. Este valor se encuentra en el Manual Práctico de Cubicación de Madera del INAB.
- Entonces $0.33125 \text{ tareas} \times 1.11556 \times 0.784 = 0.289710932$ metros cúbicos de leña.

Se determina el consumo a nivel municipal de leña empleado en panaderías, multiplicando los metros cúbicos utilizados por la densidad promedio de la madera (valor empleado a nivel nacional por IARNA, para estadísticas de cuentas ambientales, equivalente a $0.563586594 \text{ T/m}^3$).

Consideraciones adicionales: Según la encuesta de consumo aparente de alimentos del año 1999, el consumo promedio de pan popular de los guatemaltecos era de 2.2 unidades. Si este valor se ha mantenido, la población actual estaría consumiendo unos 30.8

millones de unidades al día, y dado que en promedio un quintal de harina produce unos 2128 panes, entonces diariamente se procesan para este propósito en el país unos $30,800,000/2128 = 14,473.68$ quintales de harina.

Las estimaciones anteriores permiten establecer que el aporte de las panaderías de primera categoría al consumo nacional, es de:

- 2,337 panaderías (según el DINEL) x 2.5 quintales al día (promedio) = 5,842.50 quintales, luego
- 5,842.50 qq/ 14, 473.68 qq = 40% del consumo nacional de pan. El 60% restante se produce en panaderías de tipo industrial, las cuales corresponden a empresas con más de cinco empleados, que no fueron consideradas.

2.2.3.2 Consumo de leña en ladrilleras a nivel nacional, por municipio

Esta variable expresa la cantidad anual de leña, en toneladas secas, que se utiliza en las fábricas de ladrillos de cada municipio del país. Para la determinación de los valores de la variable, se siguieron los siguientes pasos:

Tomando como base el Directorio Nacional de Empresas y sus locales comerciales DINEL, del Instituto Nacional de Estadística (2002), se procedió a seleccionar a las empresas categoría uno, dos y tres (aquellas que tienen entre 1 y 19 empleados). Estas empresas son aquellas ladrilleras que consumen leña a nivel nacional. Son empresas catalogadas de pequeñas, medianas y grandes artesanas¹¹. La cantidad de ladrillos que estarían produciendo las empresas artesanales (y que corresponde a un 8%) de la producción nacional, es de unos 535,000 ladrillos de forma mensual, es decir unos 6,420,000 ladrillos al año.

11 Las empresas categoría seis son aquellas que emplean alta tecnología para la producción de ladrillos y sus hornos son tipo Hoffman. Como combustible utilizan mayormente cascabillo de café, bagazo de caña, aserrín y otros desechos sólidos, para su producción. Según datos de la Cámara de la Construcción de Guatemala, las empresas grandes (dos) aportan en conjunto, un 92% de toda la producción de ladrillos a nivel nacional, la cual se estima según esta publicación en unos 5,350 m³ de arcilla al mes. Con este volumen se producirían unos 6,687,500 ladrillos mensuales (con un rendimiento medio de 1,250 ladrillos por tonelada de arcilla).

Para la determinación de la cantidad de leña que se consume para la producción de un ladrillo en promedio en estas industrias, se realizó una revisión bibliográfica y se entrevistó telefónicamente a referentes en la temática. De este modo, Solórzano Arce y Rodríguez Rivera, 2001 en su trabajo de Investigación de alternativas energéticas y mejoramiento de hornos de producción de ladrillos y tejas de barro en el municipio de La Paz, Centro, León Nicaragua¹² mencionan un modelo de horno eficiente diseñado por el arquitecto guatemalteco Alan Molina, el cual es capaz de producir los ladrillos con un consumo de 0.34 Kg/ladrillo, mejorando en un 13% la eficiencia de los hornos tradicionales. Esto se traduce en que la eficiencia de los hornos artesanales se estimó en 0.3842 Kg de leña/ladrillo promedio. No obstante, en comunicación personal con el arquitecto Molina (2/9/2011), indicó que en los hornos artesanales del municipio de El Tejar, del departamento de Chimaltenango, se han encontrado en promedio, consumos de 6 tareas de leña convencionales (1 tarea = 0.87 m³ de leña), para la producción de 4,000 ladrillos¹³. De este modo, la mayoría de los hornos de fabricación de ladrillos artesanales en Guatemala estarían consumiendo 0.735480505 Kg de leña por ladrillo producido.

Por otra parte un estudio de la FAO refiere que el consumo de leña por ladrillo producido en Guatemala es igual a 0.8 kilogramos de leña por ladrillo. En virtud de los valores encontrados como referencia, se tomó el criterio de asumir un valor promedio entre 0.7354 y 0.80, el cual es igual a 0.7677 kilogramos de leña por ladrillo producido.

La proporción de empresas existentes por municipio en relación al total nacional, se estimó dividiendo el número de empresas en el municipio, dentro del total de empresas reportadas por el DINEL a nivel nacional. La cantidad de ladrillos producidos a nivel municipal se ha estimado dividiendo la producción nacional de empresas artesanales (8% del total) dentro de la proporción de empresas a nivel municipal, es decir, 6,420,000 por la proporción municipal de producción.

12 Proyecto regional centroamericano de apoyo a la promoción y ejecución de proyectos nacionales para microempresarios (Promicro).

13 El horno diseñado por el arquitecto Molina, tiene la capacidad de reducir este consumo hasta en un 60%, es decir, emplear solo dos tareas para producir los 4,000 ladrillos.

Finalmente se calculó el total de toneladas de leña consumida anualmente por las ladrilleras de cada municipio del país, multiplicando la cantidad de ladrillos por el valor de 0.7677 Kg de leña por ladrillo.

2.2.3.3 Consumo de leña en secadoras de cardamomo a nivel nacional por municipio

Esta variable expresa la cantidad anual de leña, en toneladas secas, que se utiliza en las secadoras de cardamomo de los principales municipios productores del país.

Según datos del Ministerio de Agricultura¹⁴, la producción de cardamomo ha aumentado desde el año 2000, a una tasa del 4%. Según este informe el 68% de la producción se concentra en el departamento de Alta Verapaz¹⁵, y el 14% en el departamento de Quiché distribuido en los municipios que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Distribución de la producción de cardamomo por municipio en Guatemala

Alta Verapaz	%	Quiché	%
San Pedro Carchá	26	Ixcán	59
Cobán	25	Uspantán	37
Senahú	14	Otros	4
Chisec	10		
Cahabón	8		
Otros	17		
Total	100	Total	100

Fuente: MAGA, 2007.

La distribución a nivel municipal de esta producción, con base en lo reportado por el Ministerio de Agricultura, se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Distribución a nivel municipal de producción de cardamomo

Alta Verapaz	Quintales
San Pedro Carchá	117,000
Cobán	112,500
Senahú	63,000
Chisec	45,000
Cahabón	36,000
Otros	76,500
Total	450,000

Fuente: MAGA, 2007

Una vez calculada la producción de cardamomo por municipio se procedió a calcular la cantidad de leña necesaria para el secado de dicha producción. Como referencia se utilizó el valor de 0,963917375 t de leña para secar una tonelada de cardamomo. Este valor fue determinado en función de lo reportado en la tesis de grado de Pérez, (1981).

Para la distribución espacial de los datos calculados se asumió que el secado del cardamomo se realiza en los mismos municipios donde se encuentra localizada la producción.

2.2.3.4 Consumo de leña en ingenios azucareros por municipio

Esta variable expresa la cantidad anual de leña, en toneladas en base seca, que se utiliza en los ingenios azucareros de los principales municipios productores de azúcar del país.

Para la determinación de los valores de la variable, se tomó el dato único proporcionado por el Ingenio Concepción a través del ingeniero encargado de las plantaciones forestales de la empresa, del Cid (mayo 2011).

El mismo corresponde a un consumo anual de 33,000 toneladas secas de leña.

2.2.4 Mapas finales de demanda

Con el fin de ofrecer un balance final se realizaron los siguientes cálculos:

Se sumaron los consumos de leña de los sectores residencial e industrial y se obtuvo un mapa único de consumo de biocombustibles actualizado para el año 2010 (ver figuras 3, 4, 5).

14 Cardamomo. Programa de Apoyo a los Agronegocios. MAGA, Guatemala, 2007.

15 De acuerdo con Ovidio Fernández (Presidente de la Asociación de Productores de Cardamomo), para el año 2010 se produjeron 450,000 quintales, solamente en el departamento de Alta Verapaz. Comunicación personal.

Figura 3: Demanda residencial urbana

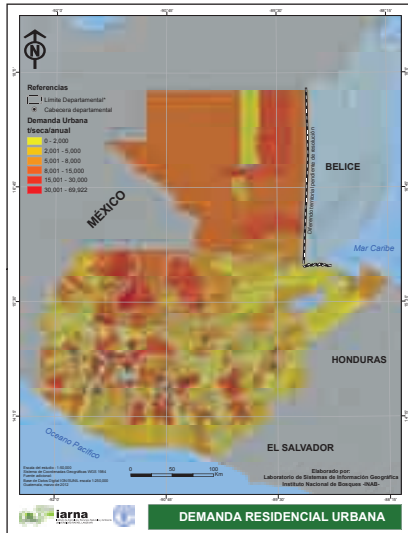


Figura 4: Demanda residencial rural

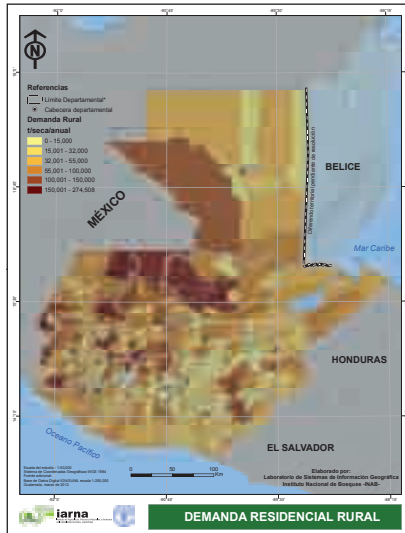
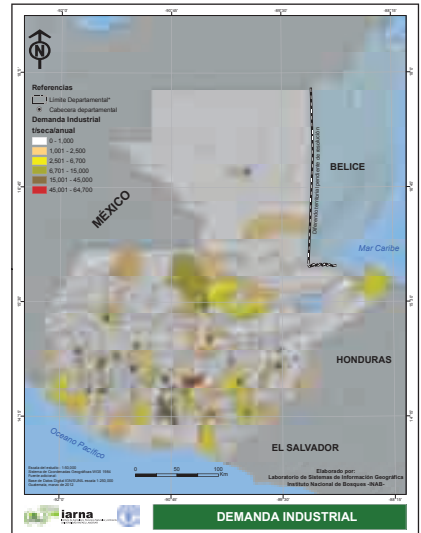


Figura 5: Demanda industrial



Fuente: Elaboración propia.

2.3 Módulo de oferta

En base a la clasificación de fuentes de biomasa propuesta por la FAO (Anexo 3) y teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo, se calculó la oferta total de biomasa a partir de los subproductos procedentes de fuentes primarias (oferta directa) y de la industria de la madera (oferta indirecta).

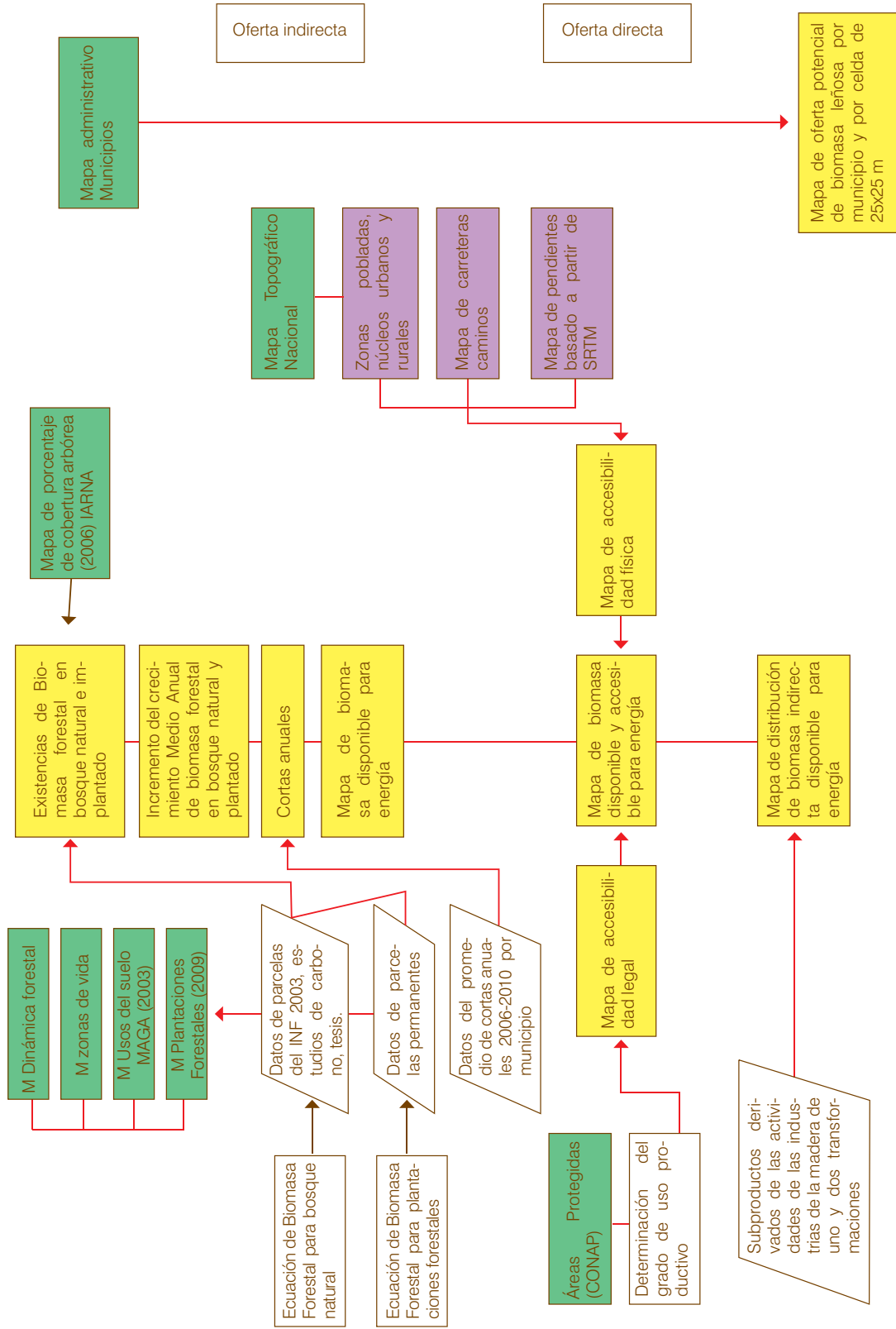
El análisis y la representación espacial de las fuentes de oferta de biomasa disponibles para energía, constan de varias fases de aproximación:

- Estimación y distribución geográfica de las existencias de biomasa leñosa derivada de las masas forestales del bosque natural.

- Estimación y distribución geográfica de la productividad sostenible determinando la cantidad anual disponible para usos energéticos.
- Estimación sobre la productividad sostenible y disponible de biomasa, accesible física y legal.
- Estimación y distribución geográfica de la productividad de biomasa leñosa derivada de las plantaciones forestales.
- Estimación y distribución geográfica de la oferta de residuos de la industria de la madera.

El diagrama de la figura 6 muestra la descripción de las principales capas temáticas y las etapas de procesamiento del Módulo de Oferta.

Figura 6: Principales capas temáticas y etapas de procesamiento del módulo de oferta



Fuente: Elaboración propia.

2.3.1 Oferta directa

Para el presente estudio se han considerado como fuentes de oferta directa las derivadas de los bosques naturales, de la sombra del café y del hule, así como las derivadas de las plantaciones forestales.

Aunque para el presente trabajo no se manejaron datos de biomasa forestal residual generados en zonas urbanas (podas en parques, jardines, etc.), se mantuvo un registro referente a “urbano”, con vistas a su posible futura inclusión en la metodología WISDOM.

Así mismo, se mantuvieron registros relacionados con distintos cultivos agrícolas que también generan residuos de cosecha, los cuales podrían ser utilizados para la generación de energía pero que para el presente estudio no han sido analizados dado que el objetivo principal es la valoración dendroenergética.

Para un mejor conocimiento de la dinámica forestal en Guatemala tanto del bosque natural como de las plantaciones forestales, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica para determinar las reservas actuales y de los incrementos anuales de las mismas. En este sentido hay que mencionar que existe un registro muy completo para ambas variables en lo relativo a las plantaciones forestales, ya que el INAB mantiene una red de toma de datos en más de 600 parcelas permanentes de medición. Sin embargo, en lo relativo a bosque natural la información es mucho más dispersa y no se encuentra el mismo grado de sistematización en la toma de datos ni existe una homogeneización en los cálculos. Actualmente distintas instituciones académicas y estatales de Guatemala están coordinando la compilación, sistematización y recuperación de información de parcelas de medición en bosque natural que permitirá en futuros análisis WISDOM la mejora de la información de base, sobre todo en lo relativo a los incrementos anuales de los bosques naturales del país.

2.3.1.1 Oferta directa derivada del bosque natural

Para la estimación de los valores relativos a las reservas de biomasa existentes en los bosques naturales se utilizaron como fuentes principales los inventarios de carbono publicados hasta la fecha en el país y el Inventario Forestal Nacional del año 2003. A partir de dicha información se obtuvo el promedio de biomasa forestal en bosques naturales por zonas de vida (ver anexo 4).

Posteriormente se procedió a la asignación de los incrementos anuales de los bosques naturales por zonas de vida utilizando esencialmente la bibliografía existente para Guatemala y/o para la región centroamericana. Estos datos fueron ajustados a partir de consultas a expertos nacionales. Hay que mencionar que la mayoría de los trabajos de investigación consultados presentan los datos de incrementos anuales basados en el diámetro y no en el volumen (ver anexo 4).

Los valores así determinados, se asignaron dependiendo de la ubicación geográfica de los estudios mencionados, por zonas de vida. Una vez definidos los valores de reservas medias y de productividad media anual para cada clase se procedió a la distribución espacial de los valores de reserva y productividad de los bosques naturales.

Para la determinación de la variabilidad espacial de las reservas y productividad dentro de cada una de las clases del mapa de usos del suelo se utilizó el mapa de porcentaje de cobertura arbórea elaborado por el IARNA para el año 2006.

Sobre dicho mapa se calculó el valor medio del porcentaje de cobertura arbórea para cada clase de uso o cobertura del suelo¹⁶. Posteriormente se definió un coeficiente para cada clase, el cual fue usado sobre el porcentaje de cobertura arbórea para derivar los valores medios de reserva e incremento anual (IMA) para cada celda. Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$CSx = Sx / TCMx$$
$$Clx = lx / TCMx$$

Donde:

CSx= Coeficiente de reserva para la clase x.
Clx= Coeficiente de productividad para la clase x.
Sx = Stock (min, med, max) para la clase x.
lx = IMA (min, med, max) para la clase x.
TCMx= Valor medio de la cobertura arbórea de la clase x.

A partir de los mencionados cálculos, los cuales se realizaron en una hoja de cálculo Excel, se generaron tablas de reclasificación para obtener los mapas de coeficientes que son utilizados en el siguiente paso.

¹⁶ Esta operación se realiza a partir de la herramienta del módulo Spatial Analyst de ArcGIS, mediante la función: ZONALSTATISTICS.

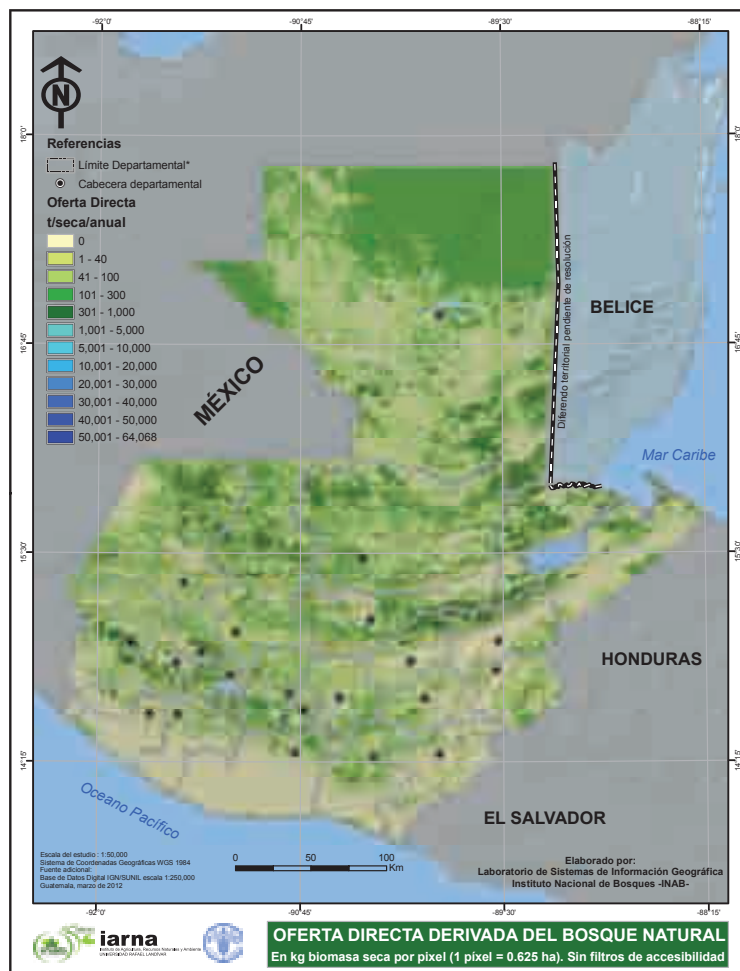
Se generaron mapas conformados por valores discretos en los que queda reflejada la distribución de las reservas y de la productividad media de biomasa leñosa de bosque natural dentro de cada una de las clases. Estos mapas se obtienen mediante la multiplicación de las capas de coeficientes obtenidos en el paso anterior con el mapa de la distribución porcentual de cobertura arbórea y por 0.0625 que son las hectáreas por cada píxel.

Posteriormente se procedió a la creación de un mapa de "factores de extracción" mediante el cálculo de la

fracción correspondiente a la diferencia entre las extracciones industriales de madera y el potencial IMA sustentable, para cada municipio.

Por último, se calculó la fracción de la biomasa forestal disponible para energía mediante la aplicación de un factor de aprovechamiento del 0,88 para formaciones cerradas y de 0.83 para formaciones abiertas que fueron aplicados de forma sistemática a la productividad total de los valores de biomasa leñosa obtenidos en el paso anterior, de este modo queda cuantificada la cantidad del recurso leña.

Figura 7: Mapa de oferta directa derivada del bosque natural (sin aplicar los filtros de accesibilidad física y legal). Análisis en kg de biomasa seca por píxel (1 píxel = 0.0625 ha).



Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.2 Oferta directa total accesible

Para obtener la oferta directa total accesible se aplicaron una serie de filtros sobre la oferta directa, ya que tanto la accesibilidad física como la legal generan una serie de restricciones y por lo tanto limitaciones de acceso a los aprovechamientos forestales, muy a tener en cuenta en Guatemala por la orografía en algunas zonas y por el gran número de superficies bajo algún tipo de figura de protección ambiental. Sobre la oferta indirecta no se actúa en este sentido suponiendo que todas las industrias consideradas se sitúan en zonas de accesibilidad máxima, es decir, cerca de una vía de comunicación o núcleo de población.

Los mapas de incrementos anuales disponibles y accesibles física y legalmente fueron generados a partir de la multiplicación de los mapas de Incremento Medio Anual (IMA) con el mapa de accesibilidad física en primer lugar, y luego por el de accesibilidad legal, ambos descritos en los epígrafes siguientes.

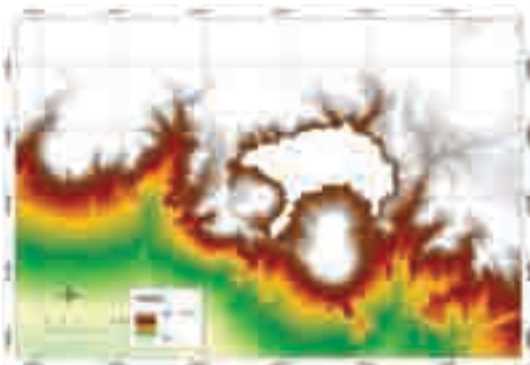
2.3.1.2.1 Accesibilidad física

Este es un parámetro espacial que define la accesibilidad del recurso leña en relación a la distancia del lugar más cercano y de fácil acceso y a un factor de costo basado en características del terreno. El mapa

de accesibilidad física se genera utilizando un Modelo Digital del Terreno (DTM), cartografía digital de la red vial y núcleos poblados. Las fases seguidas para la obtención del mapa de accesibilidad física se detallan a continuación.

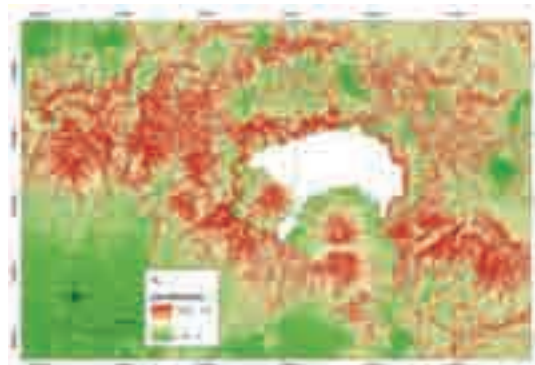
- Creación del mapa de pendientes en porcentaje. Este mapa fue generado a partir de imágenes radar de la misión SRTM de la NASA el cual fue proporcionado por el IARNA.
- Fusión de las capas de la red vial y núcleos poblados en una única capa en formato Raster.
- Determinación del costo acumulativo más bajo para cada celda mediante la función Cost Distance, del módulo de ArcGis "Spatial Analyst", utilizando como base para ello los mapas generados en los dos pasos previos.
- Conversión de los valores continuos a un adecuado número de clases que representen el rango de accesibilidad (como porcentaje del recurso relativo). Se genera un mapa de 20 clases con intervalos del 5% de accesibilidad que se utiliza como coeficiente de los mapas de IMA, para lograr el mapa de IMA físicamente accesible. (ver figuras de la 8 a la 11)

Figura 8: Modelo Digital del Terreno



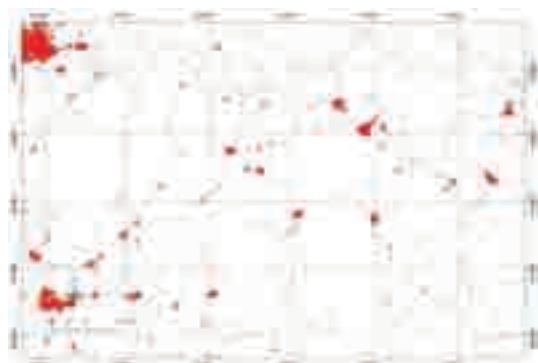
Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: Mapa de pendientes



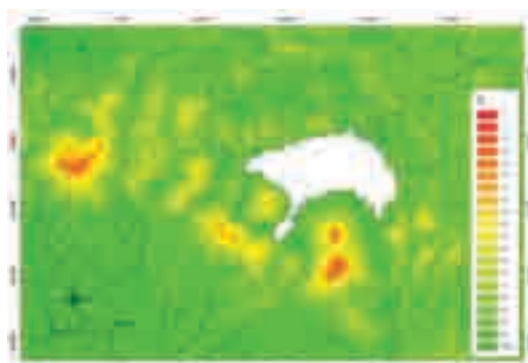
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10: Mapa fusión de núcleos poblados y vías



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11: Mapa de accesibilidad física en %



Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.2.2 Accesibilidad legal

Este es un parámetro espacial que define la accesibilidad del recurso leña en relación con las restricciones legales a las que está sujeta su explotación y su gestión comercial. Típicamente, estas restricciones están impuestas sobre las áreas protegidas para la conservación de la naturaleza. El mapa de accesibilidad legal se genera sobre la base de información disponible acerca de las áreas protegidas (ver tabla 5).

Para el estudio de la accesibilidad legal se incorporaron las siguientes capas relacionadas con los distintos tipos de protecciones ambientales que rigen en Guatemala y su zonificación al interior de las mismas si la hubiere. Los porcentajes de accesibilidad fueron definidos junto con personal especializado en la temática del CONAP (ver figura 16).

Tabla 5: Áreas protegidas en Guatemala

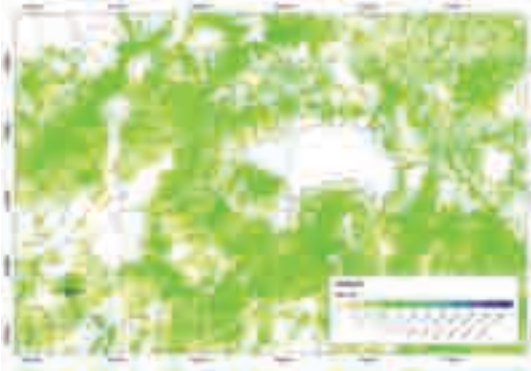
Categoría Tipo	Categoría de Manejo	No. de Áreas	Ha Aps
I	Parque Nacional	21	736,435.26
I	Reserva Biológica	1	60,878.00
II	Biotopo Protegido	6	118,758.00
II	Monumento Cultural	6	65,733.40
II	Monumento Natural	1	1,714.00
III	Refugio de Vida Silvestre	6	334,805.05
III	Área de Uso Múltiple	4	162,914.00
III	Reserva Protectora de Manantiales	2	52,805.00
III	Reserva Forestal Municipal	2	158.50
IV	Parque Regional Municipal	54	47,315.42
IV	Parque Recreativo	1	38.28
V	Reserva Natural Privada	159	61,490.09
VI	Reserva de Biosfera	5	2,591,806.45
ZV	Zona de Veda	36	123,167.00
Totales		304	4,358,018.44

Fuente: Información cedida por el CONAP, julio del 2011.

Como ilustración del proceso de análisis seguido para la obtención de los mapas finales de oferta directa de

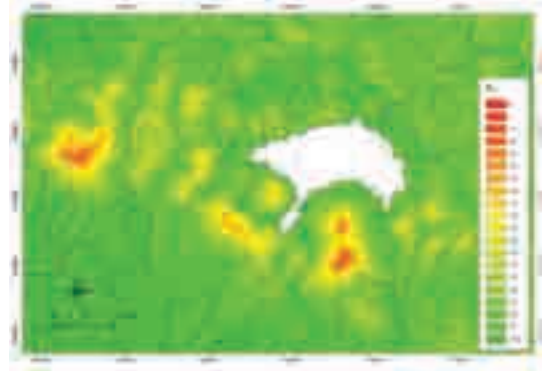
leña derivada del bosque natural se presentan en las figuras de la 12 a la 15 las fases analíticas seguidas.

Figura 12: Mapa de IMA (oferta directa)



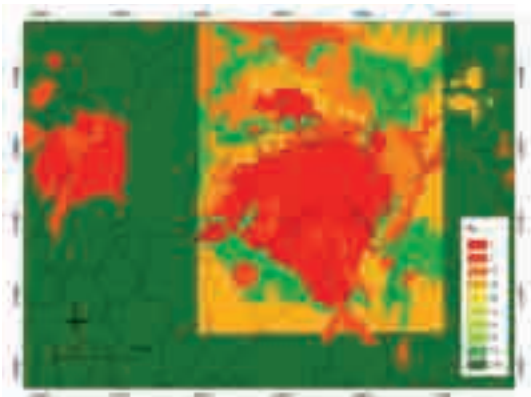
Fuente: Elaboración propia.

Figura 13: Mapa de accesibilidad física en %



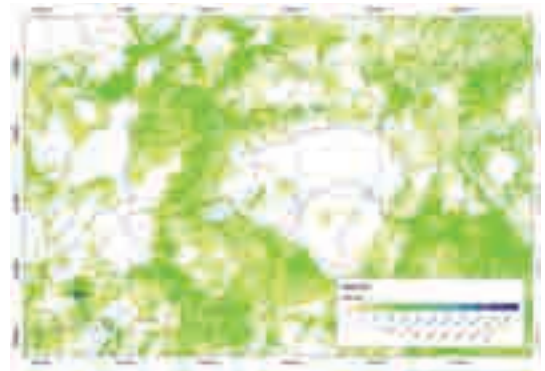
Fuente: Elaboración propia.

Figura 14: Mapa de accesibilidad legal en %



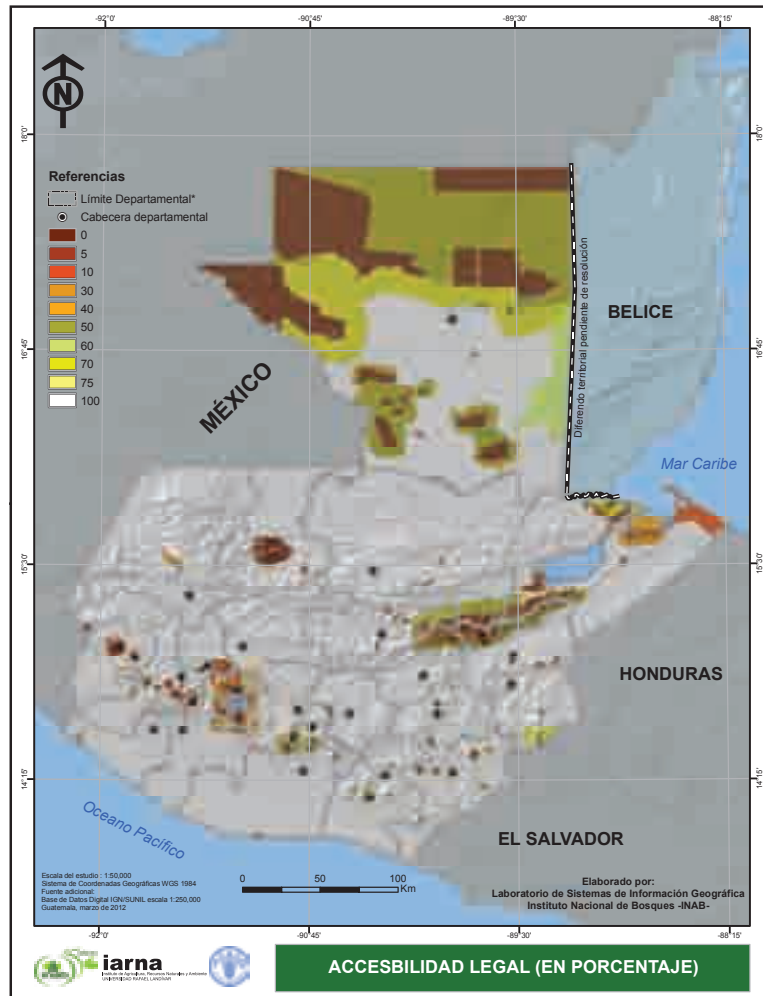
Fuente: Elaboración propia.

Figura 15: Mapa de oferta directa accesible



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Mapa de accesibilidad legal (En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia a partir de información del CONAP 2011.

2.3.1.3 Oferta directa derivada de las plantaciones forestales

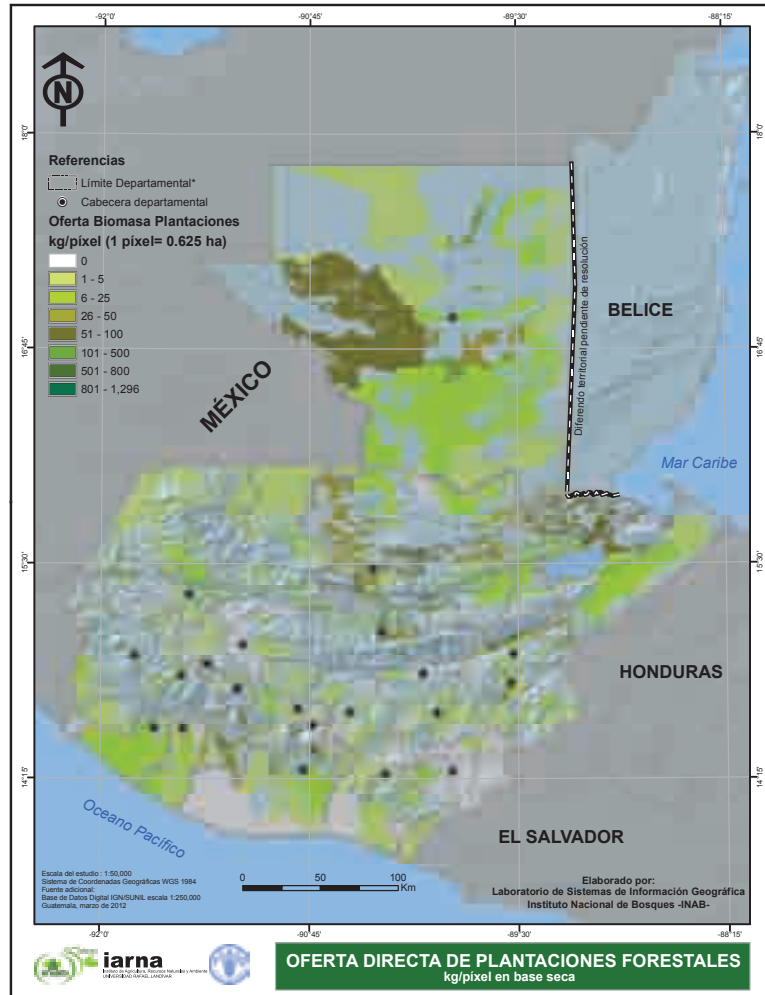
A partir del registro de plantaciones forestales del INAB, se obtuvo a nivel municipal, la cantidad de hectáreas cubiertas, tanto de especies latifoliadas, como de especies coníferas y mixtas.

Los distintos estudios revisados de plantaciones forestales (parcelas permanentes), permitieron determinar los valores promedio de Incrementos Medios Anuales (IMAS) y de reservas para las especies la-

tifoliadas (ver tabla 6) y coníferas (ver tabla 7); para el caso de las plantaciones con especies mixtas, se tomó el criterio de promediar los valores de reservas e incrementos de coníferas y latifoliadas.

Los valores de IMAS, se asignaron dependiendo de la ubicación geográfica de los estudios mencionados, por regiones forestales y luego se aplicaron a la cantidad de hectáreas de plantaciones que resultaron por municipio. Esto permitió tener la oferta de biomasa forestal por año, en plantaciones forestales (ver figura 17).

Figura 17: Mapa de oferta directa proveniente de las plantaciones forestales



Fuente: Elaboración propia.

Desde el punto de vista cartográfico, el mapa representado en la figura 17 es un aporte preliminar, ya que presenta la posible ubicación de las plantaciones forestales existentes y no la distribución real de los

mismos. En el INAB actualmente se está trabajando en la obtención de la capa de polígonos de la ubicación y extensión exacta de las plantaciones forestales de los programas PINFOR y PINPEP.

Tabla 6: Valores de incrementos y existencias en plantaciones forestales de latifoliadas

Sub-región	Valores Latifoliadas		
Forestal	Promedio de IMA (Vol en m ³)	Promedio de Vol m ³ /ha	Promedio de edad plantación (años)
I	1,4	8,2	6,1
II-1	3,5	10,3	2,8
II-3	10,7	68,5	4,7
II-3 (5-6)	1,6	6,2	3,8
II-5	7,3	47,8	6,4
III-1	9,9	84,5	7,9
III-2	2,9	24,2	8,4
III-4	2,6	21,9	8,4
IV-2	3,7	22,9	6,0
IV-3	10,0	54,9	5,5
IX-1	11,9	81,5	6,9
IX-2	5,4	35,9	5,3
IX-3	21,8	134,1	6,4
IX-4	14,5	83,5	5,2
V-2	5,4	29,4	5,4
VI-1	2,7	25,6	9,4
VI-4	5,8	51,0	8,8
VII-2	8,9	29,0	3,3
VIII-2	13,6	96,2	7,0
VIII-3	14,2	104,7	7,6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Valores de incrementos y existencias en plantaciones forestales de coníferas

Sub región	Valores Coníferas		
Forestal	Promedio de IMA (Vol en m ³)	Promedio de Vol m ³ /ha	Promedio de edad plantación (años)
I	2,6	14,1	5,1
II-1	5,1	45,0	6,7
II-1 (4)	14,2	121,3	7,7
II-3	6,0	37,2	5,8
II-3 (5-6)	5,4	30,4	5,5
II-4	1,8	13,9	7,2
II-5	10,7	68,8	6,4
III-1	4,7	35,1	6,8
III-2	11,1	102,6	9,3
III-3	9,1	84,5	9,3
III-4	9,9	79,1	7,9
IV-1	7,3	58,1	7,9
IV-2	3,5	23,2	6,7
IX-1	16,4	101,4	6,2
IX-1 (VI-4)	10,9	81,2	7,5
IX-2	10,9	74,1	6,8
IX-4	13,0	88,5	6,7
V-1	4,3	30,1	6,6
V-2	10,5	75,6	7,1
VI-1	6,0	62,2	10,4
VI-1	2,6	26,3	10,0
VI-1 (3)	4,0	41,0	10,3
VI-2	17,7	146,5	7,8
VI-3	1,8	11,8	6,5
VI-4	9,7	75,9	7,8
VII-2 (4)	4,7	36,3	7,6
VII-3	6,2	46,9	7,6
VII-4	3,6	27,2	7,4
VIII-2	6,3	45,6	7,0
Total general	7,19	54,43	7,26

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Oferta indirecta

Esta variable expresa la cantidad de residuos derivados de la primera transformación de la madera, es decir los residuos derivados del proceso de aserrío en todos los municipios del país al año.

Las fuentes utilizadas para el cálculo fueron la cantidad promedio anual (2006-2010) de madera aserrada, autorizada por el INAB y el CONAP en Guatemala. Dicha información fue extraída del Sistema de Información Forestal de Guatemala (SIFGUA). Existe un registro oficial de industrias de la transformación de la madera del INAB que permitió identificar el número de industrias de primera transformación. No obstante, dicha base de datos no reporta información sobre la capacidad instalada, ni tampoco sobre el volumen de aserrío anual o el número de empleados, por lo que para determinación de donde se ubica geográficamente los distintos volúmenes de aserrío se optó por consultar a expertos calificados en la materia. Vásquez del INAB (2011), quien realiza un estudio de fiscalización de industrias forestales en Guatemala, informó que según sus investigaciones el 28% de la madera procesada se ubica en la Región I, otro 28% en la Región III, el 14% en la Región V y el 30% restante se distribuye en las Regiones restantes. De este modo, la distribución a nivel municipal se hizo en base en la cantidad de empresas registradas por municipio y el criterio anteriormente definido.

A la región I se le asignó el 28% de toda la madera anual autorizada por INAB y CONAP (valor prome-

dio); a la región III también se le asignó el 28% y a la V el 14%. El porcentaje restante se distribuyó de manera proporcional a la cantidad de industrias existentes, en los municipios restantes del país que cuentan con este tipo de industrias, según el registro de industrias forestales del INAB.

Del volumen total de madera aserrada a nivel municipal, se obtuvo la cantidad de residuos disponibles, multiplicando este valor por 0.40, dado que se estimó el factor de eficiencia de aserrío en 0.60. Este valor fue tomado en consenso con el Comité Técnico Asesor de WISDOM Guatemala.

La cantidad de residuos obtenidos por municipio fueron distribuidos geográficamente en los núcleos de población de cada municipio con el criterio de que dichas industrias se encuentran ubicadas en los núcleos de población o en las cercanías de los mismos.

2.4 Módulo de integración

El Módulo de Integración consiste en la elaboración del balance entre la oferta potencial de biomasa disponible y accesible desde el punto de vista legal y físico, y el consumo de biomasa con fines energéticos obtenidos en los módulos anteriores. El reto de esta etapa es la integración de la múltiple información obtenida y saber trasladarla a capas de información georreferenciada sin que exista una merma de resultados ni errores de escala.



3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Situación general del análisis

Del análisis de la demanda y de la oferta se han generado una serie de resultados que podrán ser empleados en el desarrollo de políticas bioenergéticas que contemplen los diversos factores que intervienen en este tipo de sistemas energéticos como son: cálculo de la demanda residencial e industrial al año 2010, las estimaciones de reservas de biomasa procedentes de los bosques naturales, así como la productividad de las mismas, definición de la accesibilidad física y legal a la materia prima, las estimaciones de reservas de biomasa de las plantaciones forestales y la oferta indirecta derivada de la industria de transformación de la madera. Como resultado del descuento del consumo de biocombustibles a la oferta total se obtiene la oferta real de leña para energía.

Toda esta información puede ser consultada a nivel espacial (píxel 0.0625 ha), a nivel municipio y conjuntamente con los resultados puede ser exportada a bases de datos. Obviamente las bases de datos de la herramienta pueden ser retroalimentadas con nueva información o actualización de las ya existentes. Estas actualizaciones y mejoras permitirán mejorar las estimaciones de los balances a nivel nacional, municipal, local o para proyectos concretos. En el presente estudio se han extraído una serie de informaciones numéricas y salidas gráficas que ejemplifican algunas de las posibilidades que brinda el uso de esta metodología. No obstante las posibilidades de combinar la información generada y la extracción de resultados son múltiples y adaptables a cada proyecto.

3.2 Análisis del consumo actual de leña

El análisis efectuado en el módulo de demanda abarcó los sectores residencial e industrial.

Como fue comentado en el apartado de metodología, el consumo comercial no pudo ser incluido en el análisis debido a que no se tuvo acceso a datos fiables a partir de los cuales generar la información precisada.

Es necesario mencionar que en este apartado los datos disponibles para todos los cálculos del módulo de demanda son estimaciones que deberán ser actualizadas cuando se realice el próximo censo de población y vivienda y/o se obtengan datos más precisos de los sectores industrial y comercial.

El resumen de los principales resultados obtenidos se muestra en la tabla 8:

Tabla 8: Principales resultados obtenidos del módulo de demanda toneladas en base seca

Demanda de leña			
Sector Residencial		Sector Industrial	Total
Demanda Urbana t	Demanda Rural t	t	T base seca
2,084,325.59	13,333,907.99	352,953.40	15,771,186.97

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1 Análisis del consumo actual de leña en el sector residencial

El consumo residencial estimado a partir de los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2002, las proyecciones de población del Instituto Nacional de Estadística (INE) al 2010, la Encuesta de Condiciones de Vida del INE del 2006 y el estudio sobre consumo de leña en hogares de Guatemala del IARNA, adquiere la magnitud de **15,418,233.58 t** en base seca, equivalentes a aproximadamente a **39,994.9 kbep anuales**¹⁷.

En Guatemala, las necesidades térmicas de los hogares son cubiertas dependiendo de diversos factores como son: la ubicación geográfica de los mismos, el tipo de poblamiento (concentrado en núcleos urba-

¹⁷ En el presente estudio se tomó como factor aproximado de equivalencia de la madera en términos de energía, 2,594 Bep por tonelada métrica de madera seca. BEN de Guatemala 2010.

nos o rurales dispersos), las infraestructuras de abastecimiento energético existentes y la más importante, la indisponibilidad diaria de divisas en los hogares (esencialmente en los rurales) que hacen del uso de combustibles alternos a la leña como el keroseno y el gas licuado de petróleo, sean poco utilizados.

De este modo, se pudo estimar en base a los datos suministrados por el INE, un total de **1,992,430** hogares (69,6%) que utilizan leña para cubrir las necesidades térmicas de cocción, calefacción y agua caliente sanitaria sobre un total de **2,858,423** hogares.

Desde el punto de vista del consumo según el tipo de poblamiento, el consumo de leña asume su mayor magnitud en los hogares rurales, concentrando aproximadamente el **86.5%** del consumo residencial total (13,333,907.98 t) en base seca.

El análisis por departamentos reveló que Huehuetenango, San Marcos, Quiché y Alta Verapaz, asumen un consumo superior al millón de toneladas en base seca anuales. El departamento con mayor consumo de leña en el sector residencial es Huehuetenango con 2,429,888.501 t el cual presenta un alto porcentaje de población rural (tabla 9).

Tabla 9: Demanda anual de leña en el sector residencial por departamento en toneladas en base seca

Departamentos	Demanda Urbana	Demanda Rural	Demanda Residencial
Alta Verapaz	72,781.16	934,889.50	1,007,670.66
Baja Verapaz	26,555.07	362,524.10	389,079.17
Chimaltenango	145,029.84	574,358.85	719,388.69
Chiquimula	13,969.07	374,984.46	388,953.53
El Progreso	12,036.37	129,482.59	141,518.96
Escuintla	76,336.05	501,063.40	577,399.45
Guatemala	178,755.84	322,487.41	501,243.25
Huehuetenango	233,768.20	2,196,120.30	2,429,888.50
Izabal	11,558.40	292,447.00	304,005.40
Jalapa	54,393.85	294,576.08	348,969.93
Jutiapa	33,771.05	402,598.86	436,369.91
Petén	13,389.47	560,911.04	699,300.51
Quetzaltenango	159,069.14	787,618.43	946,687.57
Quiché	258,255.12	1,343,047.41	1,601,302.53
Retalhuleu	36,121.28	379,600.30	415,721.58
Sacatepéquez	96,410.34	61,477.04	157,887.38
San Marcos	112,078.60	1,765,477.60	1,877,556.20
Santa Rosa	51,017.22	305,320.86	356,338.08
Sololá	136,189.65	454,485.49	590,675.14
Suchitepéquez	94,786.02	556,626.30	651,412.32
Totonicapán	126,482.47	577,693.50	704,175.97
Zacapa	16,571.37	156,117.47	172,688.84
Total general	2,084,325.59	13,333,907.99	15,418,233.58

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Análisis del consumo actual de leña en el sector comercial

Aún cuando el sector comercio, representado por hoteles, restaurantes y otros, utiliza leña dentro de sus procesos productivos; éste volumen no fue considerado para efectos del presente estudio, por no contarse al momento de realizar las mediciones con los datos requeridos.

3.2.3 Análisis del consumo actual de leña en el sector industrial

El consumo de leña en el sector industrial calculado en el presente estudio abarca las panaderías, las ladrilleras, el secado de cardamomo y un único ingenio dado que no ha podido obtenerse información homogénea a nivel municipal para otras industrias.

El total del consumo en el 2010 en el sector industrial, asciende a **352,953.4** t en base seca, equivalentes aproximadamente a **915.56** kbep anuales. (Ver distribución geográfica en la figura 18).

De los rubros industriales analizados, las panaderías artesanales son las que presentan el mayor consumo de leña en sus procesos a nivel nacional con 298,650.6. No obstante no hay que perder de vista que un único ingenio consume actualmente 33,000 t al año y que existen otros dos que también consumen leña en sus procesos que no han podido ser relevados. El seguimiento de los consumos de leña por parte de los ingenios se muestra muy importante debido a la gran concentración del consumo tanto espacial como temporalmente.

El departamento con mayor consumo de leña en este sector es Guatemala con 125,388.66 t en base seca anuales, principalmente concentrado en la industria panadera (aproximadamente el 99%).

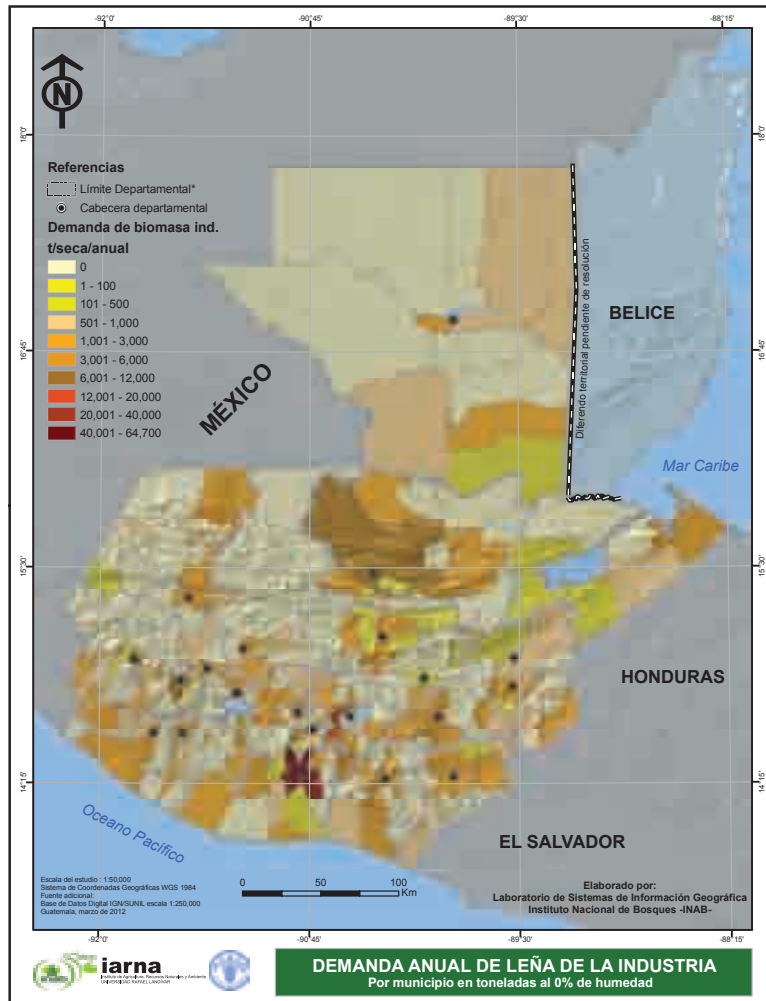
Los municipios de Alta Verapaz asumen la totalidad del consumo de leña para el secado de cardamomo. Así mismo, en cuanto al consumo de leña por parte de las ladrilleras, asume mayor magnitud en el departamento de Chimaltenango con 2,325.04 t en base secas anuales (ver tabla 10).

Tabla 10: Demanda anual de leña del sector industrial por departamento en toneladas al 0% de humedad

Departamentos	Demanda Panaderías	Demanda Ladrilleras	Demanda Cardamomo	Demanda Ingenio	Demanda Industrial
Alta Verapaz	8,436.09	0	16,361.05	0	24,797.14
Baja Verapaz	2,685.45	519.51	0	0	3,204.96
Chimaltenango	14,948.62	2,325.04	0	0	17,273.66
Chiquimula	5,754.91	64.25	0	0	5,819.17
El Progreso	1,786.91	29.09	0	0	1,816.00
Escuintla	19,277.56	0	0	33,000	52,277.56
Guatemala	125,121.74	266.92	0	0	125,388.66
Huehuetenango	7,550.56	167.99	0	0	7,718.56
Izabal	5,633.44	0	0	0	5,633.44
Jalapa	7,032.88	526.45	0	0	7,559.33
Jutiapa	8,815.89	84.12	0	0	8,900.01
Petén	4,724.41	0	0	0	4,724.41
Quetzaltenango	20,171.80	91.97	0	0	20,263.76
Quiché	4,601.24	486.40	0	0	5,087.64
Retalhuleu	10,352.03	0	0	0	10,352.03
Sacatepéquez	9,076.07	176.24	0	0	9,252.31
San Marcos	9,328.00	87.72	0	0	9,415.72
Santa Rosa	10,219.73	0	0	0	10,219.73
Sololá	4,217.71	0	0	0	4,217.71
Suchitepéquez	13,292.28	87.10	0	0	13,379.38
Totonicapán	3,195.56	28.94	0	0	3,224.50
Zacapa	2,427.72	0	0	0	2,427.72
Total general	298,650.60	4,941.75	16,361.05	33,000	352,953.40

Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Demanda anual de leña del sector industrial por municipio en toneladas al 0% de humedad



Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Consumo total

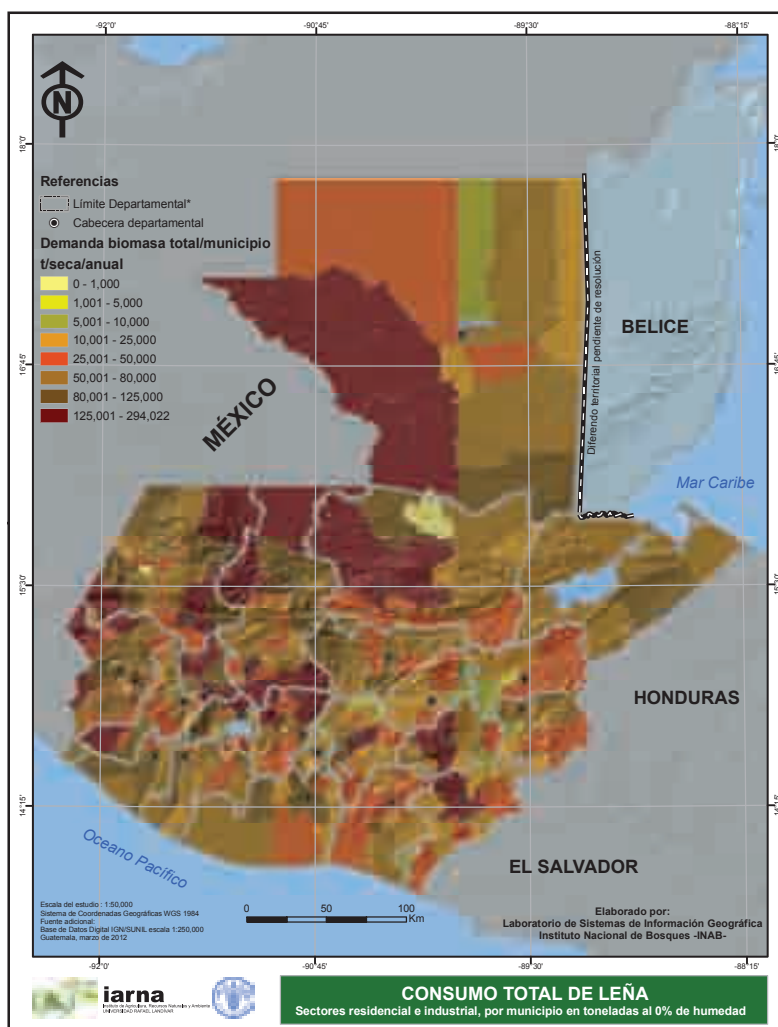
En resumen, el consumo actual de biomasa con fines energéticos se estimó en 15,771,187 t en base seca (ver figura 19), de los cuales 15,418,233.6 t proviene del sector residencial y 352,953.4 t se deben al sector industrial. En el anexo 6 se presenta el consumo total anual de biomasa, por cada departamento de la República de Guatemala.

En ausencia de datos más actuales o encuestas referidas a consumos, como por ejemplo calefacción de viviendas, “mix” energético utilizado en las viviendas, consumos de otras industrias y del sector comercial,

los resultados ofrecidos en el módulo de demanda no son todo lo completos que se hubiera deseado, por lo que los cálculos ofrecidos deben considerarse subestimados y utilizarse a modo indicativo. Se aconseja su revisión y complementación cuando existan datos más actuales, por ejemplo los datos que ofrezca el nuevo Censo del INE a realizarse en el 2012.

No obstante, debe señalarse que la implementación de esta metodología ha permitido la sistematización de la información fácilmente actualizable y ha ofrecido una primera consolidación de datos que refleja una importante parte del consumo de leña en Guatemala.

Figura 19: Distribución espacial del total del consumo de leña en los sectores residencial e industrial, por municipio



Fuente: Elaboración propia

3.3 Análisis de la oferta de leña

La superficie del territorio guatemalteco asciende a cerca de 10.8 millones de hectáreas, de las cuales cerca del 35.5% se encuentran cubiertas por bosques según el mapa de cobertura forestal al año 2006 (3,866,383 ha). En Guatemala se han identificado 11 zonas de vida, 7 ecoregiones, 8 grandes grupos de ecosistemas, 9 tipos de bosques. De acuerdo con el estudio de capacidad de uso de la tierra del INAB

2002, se estima que el 40.16% del territorio nacional tiene una aptitud preferentemente forestal y el 24.13% forestal productiva.

En el medio rural de Guatemala existe en la actualidad una combinación de usos: cultivos agrícolas, bosques (leña, madera, etc.), ganadería extensiva, etc. En el estudio de la dinámica forestal en Guatemala 2001-2006 se muestra una disminución de la superficie cubierta por los bosques a una tasa de

1.16%¹⁸ anual. La deforestación mencionada afecta de modo significativo al departamento de Petén.

3.3.1 Productividad de las masas forestales

El análisis WISDOM revela que las existencias de biomasa en los bosques naturales de Guatemala ascienden a cerca de **982** millones de toneladas en base seca. La productividad anual sostenible de biomasa leñosa proveniente de las masas forestales, disponibles para usos energéticos, física y legalmente accesibles, se estimó en cerca de **8.5** millones de toneladas anuales en base seca (ver figura 20 y tabla 11).

El análisis por departamento muestra que la mayor biomasa forestal disponible se encuentra en Petén

con cerca de **2.54** millones de toneladas en base seca anuales, seguido de Alta Verapaz con cerca de **1.17** millones de toneladas en base seca anuales y Huehuetenango con **817** mil toneladas en base seca anuales. Dentro de los departamentos mencionados los municipios de San Andrés y Flores (Petén) son los que presentan una mayor oferta con 556 mil toneladas y 365 mil toneladas, respectivamente, seguido de Cobán (Alta Verapaz) con una cifra cercana a las 340 mil toneladas.

En el lado opuesto los departamentos de Jutiapa con 28,882 t, Sacatepéquez con 45,118 t y Sololá con 60,937 t presentan el menor aporte de oferta de leña.

Tabla 11: Oferta directa de leña accesible por departamento en toneladas secas anuales

Departamento	Toneladas al 0% de humedad	Departamento	Toneladas al 0% de humedad
Alta Verapaz	1,172,178.73	Petén	2,540,635.32
Baja Verapaz	279,918.7	Quetzaltenango	193,450.36
Chimaltenango	225,499.36	Quiché	768,242.8
Chiquimula	98,838.62	Retalhuleu	108,092.89
El Progreso	63,475.93	Sacatepéquez	45,118.41
Escuintla	185,889.89	San Marcos	242,621.02
Guatemala	153,390.68	Santa Rosa	161,470.47
Huehuetenango	817,856.19	Sololá	60,937.12
Izabal	500,078.5	Suchitepéquez	587,725.54
Jalapa	62,660.67	Totonicapán	107,702.15
Jutiapa	28,881.8	Zacapa	80,975.74
		Total general	8,485,640.89

Fuente: Elaboración propia.

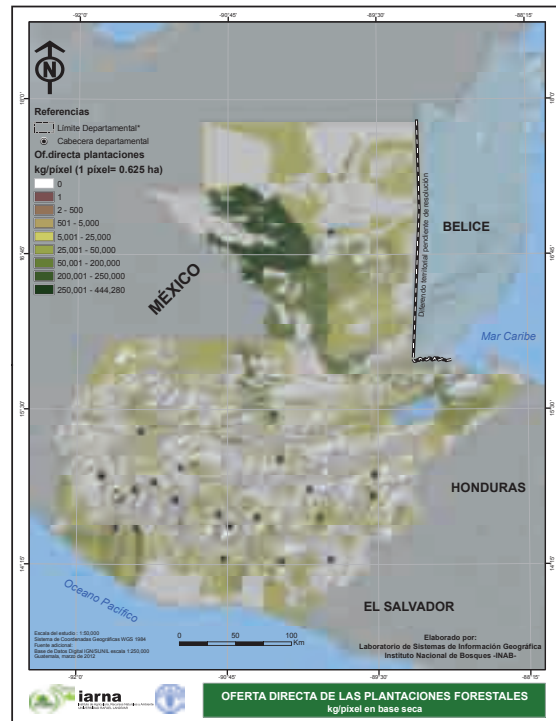
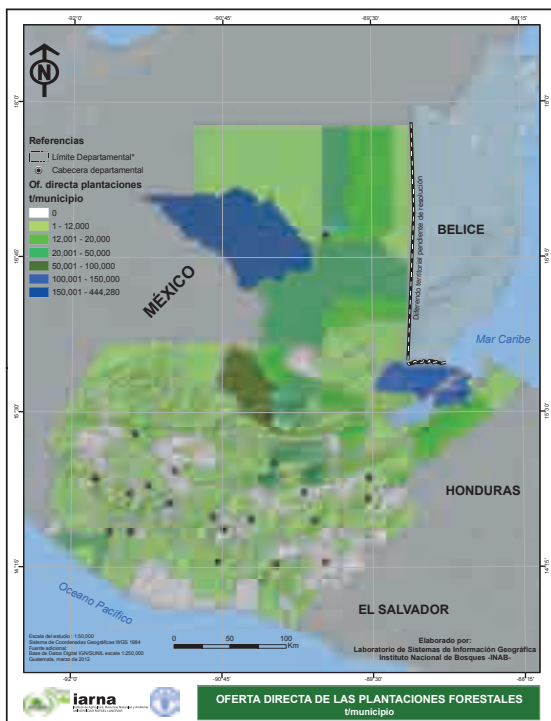
18 INAB. 2011. Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006.

Tabla 12: Oferta directa de leña derivada de las plantaciones forestales por departamento en toneladas secas anuales

Departamento	Toneladas año al 0% de humedad	Departamento	Toneladas al 0% de humedad
Alta Verapaz	203,760.72	Petén	667,652.69
Baja Verapaz	71,335.2	Quetzaltenango	16,788.69
Chimaltenango	9593.09	Quiché	18,346.91
Chiquimula	9262.17	Retalhuleu	50,696.29
El Progreso	38,998.16	Sacatepéquez	3760.6
Escuintla	26,644.5	San Marcos	18,063.6
Guatemala	3196.64	Santa Rosa	4651.06
Huehuetenango	24,365.46	Sololá	9527.18
Izabal	155,717.2	Suchitepéquez	28,138.19
Jalapa	2761.04	Totonicapán	5550.23
Jutiapa	5841.66	Zacapa	48,702.52
		Total general	1,423,353.8

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21: Mapa de distribución espacial de la oferta directa de las plantaciones forestales t/municipio y kg/píxel en base seca



Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Oferta de leña de la industria de primera transformación de la madera

La oferta indirecta considera los residuos generados por 315 industrias de primera transformación, los departamentos de Chimaltenango y Guatemala son los que más aserraderos concentran con 66 y 63, respectivamente.

La oferta de residuos generados por las industrias de primera transformación de la madera asciende a 136,905.4 t anuales en base seca, siendo los departamentos de Guatemala, El Progreso y Chimaltenango los que concentran la mayor oferta (ver tabla 13).

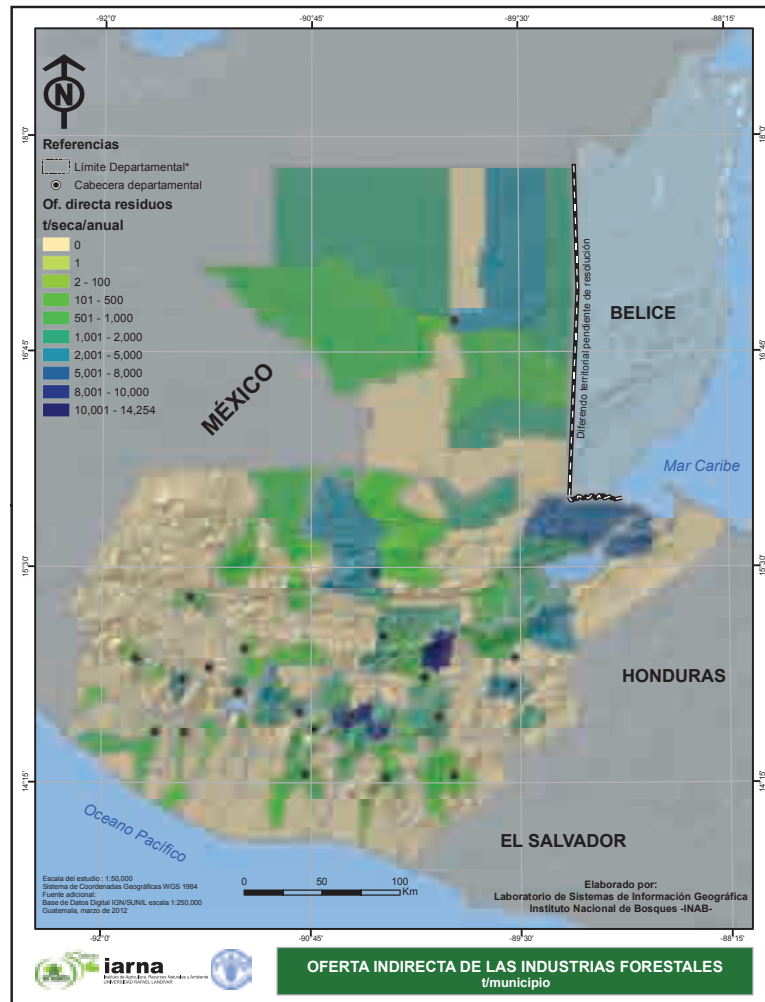
En la figura 22 se muestra la ubicación del volumen de residuos generados y su aporte al conjunto de Guatemala por municipio.

Tabla 13: Oferta indirecta de leña derivada de la industria de la primera transformación de la madera (toneladas anuales en base seca por municipio)

Departamento	Toneladas año al 0% de humedad	Departamento	Toneladas al 0% de humedad
Alta Verapaz	10,100.937	Petén	8283.392
Baja Verapaz	4290.94	Quetzaltenango	3975.123
Chimaltenango	16,863.109	Quiché	2149.347
Chiquimula	5345.39	Retalhuleu	915.038
El Progreso	17,817.029	Sacatepéquez	2309.467
Escuintla	1237.724	San Marcos	1530.661
Guatemala	38,358.033	Santa Rosa	1836.468
Huehuetenango	607.266	Sololá	2452.038
Izabal	8025.26	Suchitepéquez	916.392
Jalapa	1841.196	Totonicapán	0
Jutiapa	922.287	Zacapa	7128.324
		Total general	136,905.421

Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Mapa de distribución espacial de la oferta indirecta derivada de las industrias de primera transformación de la madera t/municipio



Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Oferta potencial de leña. Oferta total

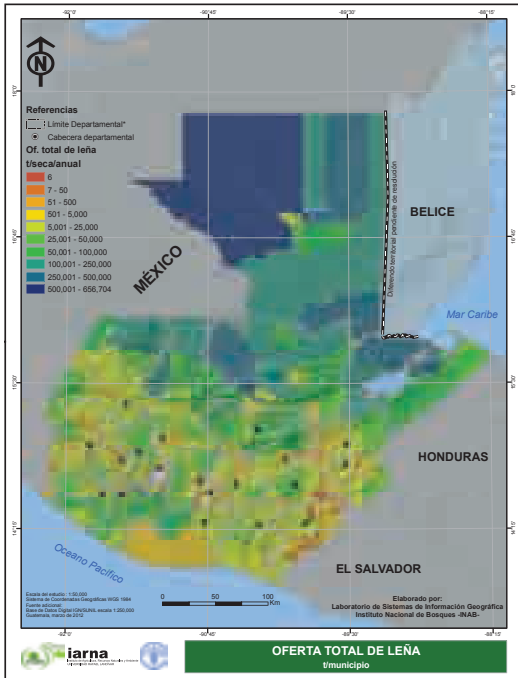
En función del uso actual del suelo, la productividad leñosa anual sostenible de Guatemala ha sido estimada en cerca de **15,054,000 t** anuales en base seca (considerando su productividad media). De esa cantidad, **8,485,641 t** anuales en base seca son físicamente accesibles y están potencialmente disponibles para usos energéticos.

La oferta de las plantaciones forestales asciende a **1,423,353 t**.

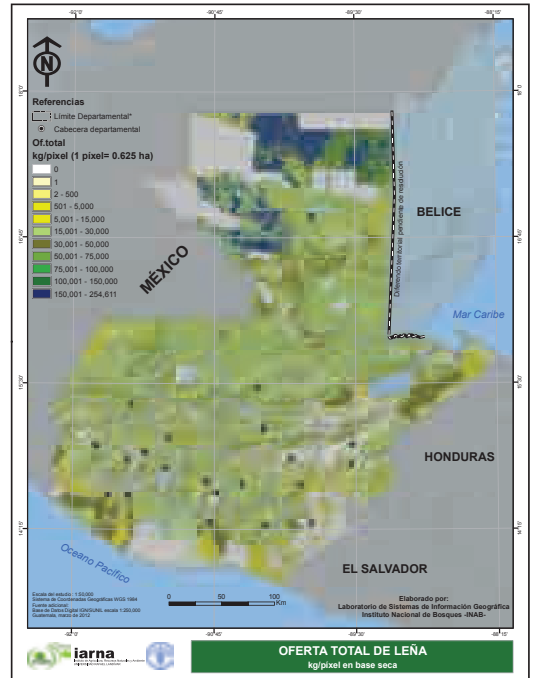
Adicionalmente, existe la cantidad de **136,905 t** anuales de biomasa leñosa (subproductos) concentrada en las industrias de primera transformación de la madera.

El total de recursos de biomasa leñosa potencialmente disponibles asciende a **10,045,899** de toneladas anuales en base seca lo que equivale a cerca de **26,066.84 kbep** (ver figura 23). En el anexo 7 se presenta la oferta total anual, por cada departamento de la República de Guatemala.

Figura 23: Mapa de distribución espacial de la oferta total de leña t/municipio y kg/píxel en base seca



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

3.4 Análisis del balance de biomasa identificación de áreas críticas y con superávit

3.4.1 Balance nacional de leña

El módulo integración de la metodología WISDOM, muestra el balance entre la oferta potencial de leña y el consumo actual estimado.

Para el presente estudio se realizó el balance contabilizando toda la oferta de biomasa disponible directa e indirecta y todo el consumo residencial e industrial arrojando un déficit de unas **5,725,290 t** en base seca anuales, las cuales se corresponden aproximadamente a **14,841.9** kbep /año. (ver figura 24)

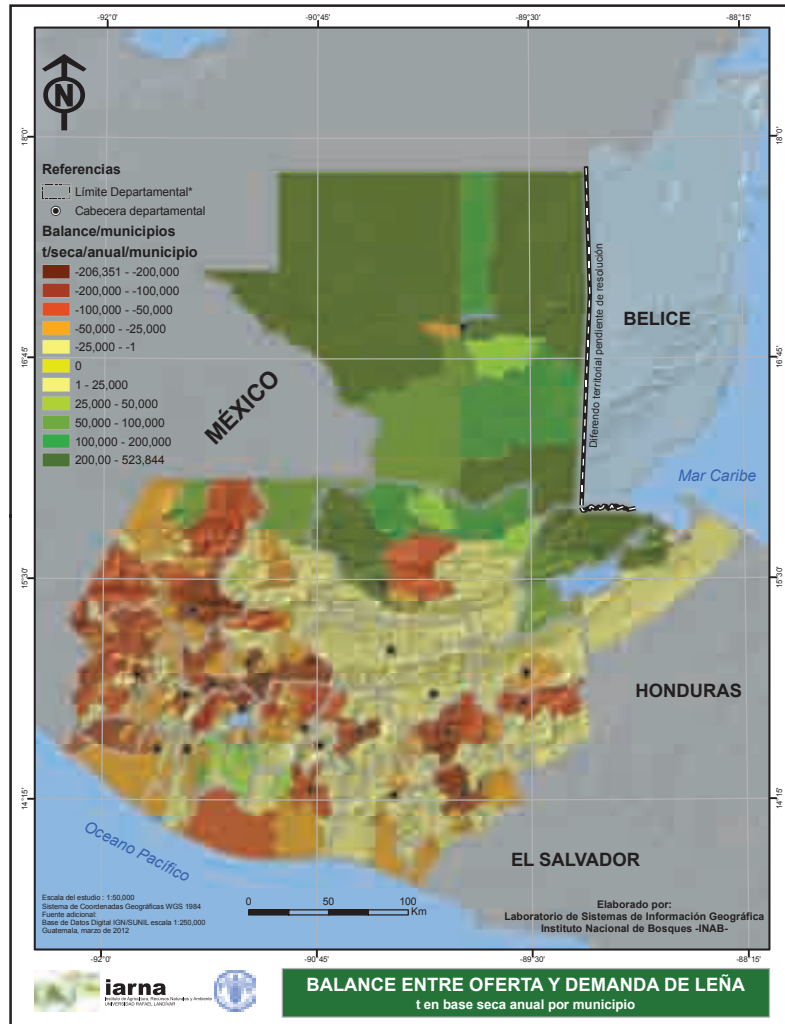
El análisis a nivel departamental muestra que los únicos departamentos con superávit son Petén con

2,513,236.64 t secas anuales, Izabal con 355,100.69 t secas anuales y Alta Verapaz con 353,572.58 t secas anuales. En el anexo 8 se presenta el balance a nivel departamental.

Del lado opuesto, los departamentos de San Marcos y Huehuetenango presentan el mayor déficit, con 1,624,772.06 toneladas anuales y 1,594,785.23 toneladas anuales, respectivamente.

A nivel municipal Chichicastenango (Quiché) con más de 200.000 toneladas de déficit anual y Chiantla (Huehuetenango) con más de 190.000 toneladas se presentan como los casos más extremos. Del lado del superávit San Andrés y La Libertad (ambos pertenecientes al departamento de Petén) superan las 500.000 toneladas de superávit anual.

Figura 24: Mapa de balance entre la oferta y la demanda de leña (toneladas en base seca anual por municipio)



Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras la recopilación, integración y análisis exhaustivo de una gran cantidad de información que ha llevado más de 9 meses de trabajo, se ha obtenido una rigurosa panorámica de la situación de la biomasa forestal y el estado de los bosques de Guatemala. Fruto de este trabajo emanan una serie de recomendaciones/conclusiones que se listan a continuación con la idea de que sean una guía estratégica en venideras actuaciones.

4.1 Colaboración multidisciplinar e interinstitucional

El presente proyecto ha sido llevado adelante con la colaboración de expertos de múltiples disciplinas, todos aunados por los intereses de los sistemas bioenergéticos. El equipo de trabajo ha estado integrado por expertos en tecnología de la madera, en el aprovechamiento de las masas forestales, expertos en la conservación del ambiente y de especies amenazadas, biólogos, geógrafos, etcétera.

Las instituciones que han participado en el presente proyecto son INAB, IARNA-URL, CEAB-UVG, USAC, CONAP, MAGA, MARN, INE, FAO, Segeplan, OLADE, CATIE, entre otras. Todas han mostrado una actitud constructiva y colaborativa, respondiendo en todo momento a las cuestiones planteadas por el equipo técnico y al requerimiento de informaciones adicionales.

El equipo técnico de trabajo del INAB y el consultor externo del IARNA, el Ing. Sergio Quemé, bajo la dirección y supervisión técnica de la presente consultoría han realizado un gran esfuerzo en la compilación y homogeneización de la información suministrada por las distintas instituciones participantes.

Como resultado de esta aptitud colaborativa institucional y técnica se ha logrado este “Primer Balance de Oferta y Demanda de Leña de la República de Guatemala” que sienta las bases para realizar estudios más detallados en zonas específicas. Sin duda servirá tanto para evitar el deterioro del medio ambiente, como para la elaboración de estudios de caso pormenorizados, que permitan el desarrollo de la bioenergía de

forma sostenible. Solo de esta forma se potenciará el desarrollo local, la seguridad alimentaria, la mejora de las masas forestales y se contribuirá a la lucha contra el cambio climático.

4.2 Implementación de la metodología WISDOM en Guatemala

La implementación de la metodología WISDOM en Guatemala ha permitido la construcción de una base de datos georreferenciada que sistematiza la información existente relacionada con los sistemas energéticos basados en biomasa. Esta base de datos no es estática y puede ser mejorada de forma interactiva, cuando se obtengan nuevos datos o se actualicen los existentes.

En esencia, en el presente informe se han extraído una serie de informaciones numéricas y salidas gráficas que ejemplifican algunas de las posibilidades que brinda el uso de esta metodología. Se espera que la presente herramienta sea un punto de encuentro entre los planificadores del sector forestal, del industrial, del energético, del desarrollo rural, etc. También se espera que sea utilizada en la planificación estratégica y en la planificación y ordenación de sistemas energéticos basados en biomasa sostenible.

4.3 Vacíos de información detectados

Dado que los balances consideran toda la información disponible, y dado que tanto en el módulo de demanda como en el de oferta existen fuentes de información que no han podido ser incorporadas a la metodología WISDOM, los cálculos ofrecidos deben ser tomados con cautela. La presente consultoría estima que:

Los datos de demanda se encuentran subestimados:

- No se ha podido tener acceso a información de consumos georreferenciados de industrias como: tortillerías, beneficios del café, caleras, etc.

- Se tiene conocimiento de que 3 ingenios azucareros utilizan además de su bagazo leña o subproductos de la madera en sus procesos de generación de energía. La presente consultoría solo ha podido acceder al consumo de uno de los tres ingenios. Otras pequeñas industrias como la cerámica y las artesanías no han podido ser relevadas.
- No se han encontrado datos tampoco del sector comercial (restauración alimenticia; hotelería, parrillas, restaurantes, pizzerías, etc.)
- Así mismo, el sector residencial también presenta vacíos de información dado que no se tienen datos del consumo de leña, por ejemplo, calefacción de viviendas o del “mix” energético utilizado en las viviendas para cocinar, sobre todo en el ámbito urbano.
- Respecto al suministro de leña, cabe destacar que no se han encontrado datos sobre sus canales de suministro. No se ha podido registrar las entradas y salidas entre los departamentos, ni entre municipios.

Por lo anteriormente dicho, el módulo de demanda muestra la necesidad de ser revisado y complementado cuando existan datos más actuales y confiables.

Respecto al módulo de oferta, dadas las características específicas de las masas forestales de los bosques naturales de Guatemala, no se ha tenido acceso a datos homogéneos relativos al incremento anual (IMA) de estos bosques. El Inventario Nacional Forestal del año 2003, no los considera y las tesis de maestría revisadas, no reportan suficientes datos como para que la información sea sistematizada y georreferenciada, ni por tipos de bosque ni por zonas de vida. La determinación de los IMAs se ha realizado en base a consultas bibliográficas mayoritariamente de países de la región y ajustadas a partir de consultas a expertos nacionales.

Respecto a la oferta indirecta derivada de la industria de la transformación de la madera, se hace necesaria la elaboración de una base de datos industrial en la que se considere la capacidad instalada de procesamiento que pueda esclarecer la magnitud de este sector.

4.4 Resultados obtenidos y estudios potenciales

El consumo actual de biomasa con fines energéticos se estimó en **15,771,186.97** t en base seca, de los cuales **15,418,233.58** t en base seca provienen del sector residencial y **352,953.40** t se deben al sector industrial. Las extracciones de leña reportadas a partir de licencias son de 402,446 t en base seca como promedio del periodo 2006-2010.

En función del uso actual del suelo, la productividad leñosa anual sostenible del bosque natural en Guatemala ha sido estimada en cerca de **15,054,000** t anuales en base seca (considerando su productividad media). De esa cantidad, **8,485,641** t anuales en base seca son física y legalmente accesibles y están potencialmente disponibles para usos energéticos.

La productividad de biomasa leñosa derivada de las plantaciones forestales asciende a **1,423,353** t anuales en base seca (considerando su productividad media).

Adicionalmente, existe la cantidad de **136,905** t anuales de biomasa leñosa (subproductos) concentrada en las industrias de primera transformación de la madera.

La oferta total asciende a **10,045,899** t en base seca anuales.

El Balance oferta/demanda global arroja un **déficit** de **5,725,290** t en base seca anuales. Este déficit detectado supone la confirmación de que para ser satisfecho se está avanzando sobre las reservas forestales del país.

El análisis a nivel municipal deberá ser cruzado con estudios ya elaborados en el país, como por ejemplo, la tasa de deforestación anual por municipios para poder vislumbrar más claramente la gravedad del deterioro ambiental ocasionado por el consumo de leña en determinados departamentos.

Así mismo, su cruce con información relativa a la incidencia de la pobreza en Guatemala o estudios relativos a la seguridad alimentaria podrán arrojar datos más precisos de la población que se ve afectada por estas circunstancias y el grado de vulnerabilidad a la que se encuentran expuestos sin un abastecimiento de energía segura y estable para satisfacer las necesidades básicas.

4.5 Recomendaciones

Se recomienda la distribución de estos primeros resultados a las entidades que han colaborado con el suministro de la información de base y entre aquellas otras entidades públicas, privadas y sociales con incumbencia en la temática energética, ambiental y social, con el fin de que revisen la información y aporten sugerencias para mejorar y subsanar las deficiencias que pueda presentar esta contribución.

Esta herramienta debe ser considerada como un instrumento que puede facilitar a los distintos agentes involucrados en la cadena de valor el impulso de la gestión forestal sostenible, incrementando la oferta de biomasa forestal para energía y facilitando el desarrollo de proyectos que contribuyan a la sostenibilidad ambiental y seguridad energética y alimentaria de la población más vulnerable que es la que mayoritariamente utiliza leña para suplir sus necesidades básicas energéticas.

Los sistemas bioenergéticos son sumamente complejos, por lo que requieren ser abordados por equi-

pos multidisciplinarios y con el desarrollo de sinergias entre las distintas entidades con inferencias en la temática. Además requieren un sistema cíclico de revisión, adaptación y mantenimiento, solo de esta forma, mediante una mejora continua, se podrá obtener una herramienta perfectamente integrable en estrategias de planificación energética. Dado que el primer esfuerzo ya está hecho, se invita a las autoridades competentes a mantener activo este trabajo tan exhaustivo.

Finalmente, a partir de estos primeros resultados, con el esquema WISDOM, y considerando la complejidad del tema leña en Guatemala, se recomienda la formulación de políticas o estrategias nacionales y regionales, orientadas al uso sostenible de los recursos endroenergéticos considerando, entre otras las siguientes líneas de acción: a) uso eficiente de la leña, b) fomento de biomasa forestal para fines energéticos; c) tecnologías alternativas a la leña (sostenibles); d) extensión e investigación y e) los arreglos institucionales para la consideración de la dendroenergía, entre otras agendas y políticas sectoriales.



5. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- **Aguilar Dávila, E. G.** (2006). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería): municipio de La Democracia, departamento de Huehuetenango. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Aguilar, S., M. Mazá, et al.** (2006). Desarrollo de un sistema de Parcelas Forestales Permanentes de Muestreo en Guatemala. INAB. Guatemala, Ministerio de Agricultura: 153.
- **Agustín Mateo, D. C.** (2009). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panaderías). Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Económicas: 101.
- **Archila González, J.J.** (1996). La Planeación como herramienta administrativa aplicada a la producción y comercialización de ladrillo de barro cocido en Salamá, Baja Verapaz. Escuela de Administración de Empresas. Guatemala, Universidad Mariano Gálvez de Guatemala. Administrador de Empresas: 78.
- **Arévalo Hernández, D. A. M.** (2009). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panaderías). Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor: 112.
- **Argueta del Valle, A. D.** (2007). Estudio de factibilidad para la implementación de una panadería con servicio semi-domiciliario de reparto y venta de producto, en el municipio de Mazatenango, Suchitepéquez. Escuela de Estudios de Postgrado. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos: 192.
- **Aroch Archila, W. A.** (2005). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de Yupiltepeque, departamento de Jutiapa. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Arriaza, H.** (2005). Diagnóstico del sector energético en el área rural de Guatemala. Guatemala, Organización Latinoamericana de Energía (OLADE): 117.
- **Batres Zelada, P. R.** (2006). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de San Pedro Necta, departamento de Huehuetenango. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Berrueta, V.** (2011). Propuesta de política pública para el aprovechamiento sostenible y eficiente de la leña en Guatemala. Guatemala, Comisión Económica para América Latina –CEPAL–: 66.
- **Brito de León, F.** (2007). Monitoreo de las Parcelas Permanentes de Medición Forestal Bosque Natural de Latifoliado en el departamento de Alta Verapaz. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques: 51.
- **Calderón Aguilar, C. L.** (2005). Estudio de factibilidad económica para la utilización de carbón mineral en la fabricación de cal viva. Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniero Químico: 95.
- **Carballo Lemus, M. L.** (2006). Establecimiento de parcelas permanentes de medición forestal en bosques naturales de coníferas, en el departamento de Jalapa, Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Nor-occidente: 107.
- **Castellanos, E., C. Bonilla, et al.** (2007). Cuantificación de carbono capturado por bosques comunales y municipales de cuatro municipios en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango. C. d. E. Ambientales. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala: 97.
- **Castellanos, E. y C. Flores** (2004). Estimación del Contenido de Carbono en Bosques del Alti-

plano Occidental de Guatemala. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala: 65.

- **CEMAT** (1990). Estudio de las políticas sobre producción y uso de energía de leña. Guatemala, Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada: 66.
- **CEMAT** (1990). Informe final del estudio del mercado de leña en la región metropolitana de Guatemala. Guatemala, Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada: 115.
- **CEPAL** (2007) Estrategia energética sustentable centroamericana 2020.
- **CEPAL** (2011). Encuesta Nacional de leña. Consumo de leña en hogares y pequeña industria en Guatemala. Informe final. Comisión Económica para América Latina (CEPAL): 102.
- **Cojóm Pac, J. I.** (2008). Informe de crecimiento y productividad inicial de plantaciones forestales beneficiarias del programa de incentivos forestales –PINFOR–. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques –INAB–: 127.
- **Colindres Samayoa, W.** (2006). Establecimiento de parcelas permanentes de medición forestal en bosques naturales de coníferas en los departamentos de Guatemala y Chimaltenango, Centro Universitario de Nor-occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala: 72.
- **Contreras, J., G. Rodríguez, et al.** (2001). Estudio de crecimiento diamétrico de especies maderables comerciales. Guatemala, Conservación Internacional, Propeten: 11.
- **Donis Sandoval, H. C.** (2009). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panaderías), municipio de Santa Catalina La Tinta, departamento de Alta Verapaz. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor: sp.
- **Drigo R. and F. Salbitano.** 2008. WISDOM for Cities. Analysis of wood energy and urbanization aspects using WISDOM methodology. FAO Forestry Department. Urban forestry – Wood energy. FAO. (in English and French). English version: <http://www.fao.org/docrep/010/i0152e/i0152e00.htm>.
- **Elías, S., B. García, et al.** (2008). Diagnóstico de la conservación y manejo de recursos naturales en tierras comunales. Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas: 112.
- **FAO** (2002). Calidad y competitividad de la agroindustria rural de América Latina y el Caribe. Uso eficiente y sostenible de la energía. Roma: 166.
- **FAO** (2004). Inventario Nacional Forestal de Guatemala 2002-2003. Guatemala, Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO): 129.
- **FAO, Drigo R, Masera O.R., Trossero, M.A.** 2002. Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping – WISDOM: a geographical representation of woodfuel priority areas. Forestry Department, Forest Products and Services (FOIP) Wood Energy. FAO. Unasylva Vol. 53 2002/4, Roma. pp: 36-40. (Disponible en Inglés, Castellano y Francés) Ver: <http://www.fao.org/docrep/005/y4450s/Y4450S12.htm>.
- **FAO, Drigo R., Anschau, A., Flores Marco, N., Carballo, S., Baumont Poveda, E.R., Trossero, M.** 2009. Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina – WISDOM Argentina. Forestry Department, Forest Products and Services (FOIP) Wood Energy., Roma. 102 p Ver: <http://www.fao.org/docrep/011/i0900s/i0900s00.htm>.
- **Fuentes del Cid, B. O.** (2007). Trabajo de Graduación realizado en el municipio de Tecpán Guatemala, del departamento de Chimaltenango. Facultad de Agronomía. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables: 174.
- **Fuentes Ochoa, R. E.** (2008). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de Flores Costa Cuca, departamento de Quetzaltenango. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor: 119.
- **Guerra Castellanos, C. D.** (2009). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panaderías).

- Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor: 114.
- **Hernández Rodríguez, M.** (2008). Costos y Rentabilidad de unidades artesanales (panaderías), Municipio de Concepción, departamento de Sololá. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor: 126.
 - **Herrera López, C. V.** (2006). Dinámica ecológica de un bosque natural perturbado por incendios forestales de superficie en la finca la Istanca, San Francisco Petén. Ingeniería Forestal. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniería forestal: 92.
 - **Herrera Trujillo, W. D.** (2008). Monitoreo de actividades de aprovechamiento forestal sostenible, realizado en la unidad de manejo Uaxactún, Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables: 133.
 - **IARNA** (2011). Cadenas productivas y ambiente natural en Guatemala: Una perspectiva sectorial. Guatemala, Universidad Rafael Landívar: 33.
 - **INAB** (2008). Los bosques energéticos en Guatemala y el uso de leña. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques: 66.
 - **INE** (2002). Directorio Nacional de Empresas y sus Locales de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional de Estadística (INE).
 - **INE** (2003). Censos Nacionales XI de Población y VI de habitación 2002. Guatemala.
 - **INE** (2006). Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2006. Guatemala, Instituto Nacional de Estadística (INE).
 - **Linares Reynoso, A. V., S. R. Aguilar Mendoza, et al.** (2004). Primer Monitoreo de las 18 parcelas permanentes, ubicadas en sitios experimentales en Alta Verapaz, Izabal y Petén. Guatemala, Fundación Naturaleza para la Vida: 53.
 - **López Bonilla, M. Z., L. E. Castellanos Fuentes, et al.** (2010). Informe de práctica profesional supervisada "Tercera medición forestal de parcelas permanentes en bosques naturales de coníferas, en el municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, Guatemala, 2009". Guatemala, Centro Universitario de Sur-oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala: 75.
 - **López Chanquín, E.** (2008). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panaderías), Municipio de San Andrés, departamento de Petén. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor: 129.
 - **López Marroquín, C. H.** (2007). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panaderías). Municipio de Santa María Chiquimula, departamento de Totonicapán. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor: 115.
 - **López Solís, H. E.** (2006). Establecimiento de parcelas permanentes de medición forestal en bosques naturales de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus ayacahuite* y *Pinus tecunumanii* en tres municipios del departamento de Huehuetenango y en el municipio y departamento de Totonicapán. Huehuetenango, Guatemala, Centro Universitario de Nor-occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala: 96.
 - **Louman, B., G. Pinelo, et al.** (2001). Informe de avance en el monitoreo de la dinámica del bosque en Petén, Guatemala. Guatemala, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y Fundación Naturaleza para la Vida: 30.
 - **Maldonado Vásquez, M. E.** (1989). Diagnóstico del consumo y elaboración de leña en el parcelamiento Caballo Blanco, Retalhuleu. Facultad de Agronomía. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniero Agrónomo: 54.
 - **Martínez, A.** (1982). Estudio sobre leña en hogares, pequeña industria y distribuidores de Guatemala. Serie Técnica. C. Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica, Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

- **Martínez Acosta, M.** (2005). Contribución Económica del componente forestal en diferentes tipos de fincas cafetaleras en la bocacosta pacífica de Guatemala. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Maestría en Agroforestería Tropical: 148.
- **Masera, O.R. y R. Díaz,** 2004 "Bioenergía y cambio climático: implicaciones para la pequeña industria alimentaria latinoamericana". Reporte de la Reunión de Expertos: Calidad y competitividad de la agroindustria rural de América Latina y el Caribe: Uso eficiente y sostenible de la energía. FAO-UNAM-GIRA . Boletín de servicios agrícolas FAO – 153.
- **Masera, R. Drigo and M.A. Trossero,** 2003, Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping–WISDOM. Prepared by O.R FAO. ver: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4719E/Y4719E00.HTM>.
- **Mixtún Martínez, M. M.** (2005). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de El Adelantado departamento de Jutiapa Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Monterroso Esquivel, L. E.** (1989). Evaluación de la acción del proyecto leña de Guatemala y su efecto en dos localidades Facultad de Agronomía. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniero Agrónomo: 90.
- **Monterroso, O. y E. Sales** (2010). Análisis retrospectivo (1997-2009) y prospectivo (2010-2033) del impacto económico del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) a la economía nacional. Guatemala, Plan Forestal Nacional, Instituto Nacional de Bosques: 38.
- **Montes de Oca Pineda, A. A.** (2007). Diagnóstico Socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Administrador de Empresas: 180.
- **MEM** (2007) Política energética 2008-2015.
- **NPV** (2000). Instalación de parcelas permanentes de medición en Alta Verapaz e Izabal. Guatemala, Fundación Naturaleza para la Vida –NPV–: 29.
- **NPV** (2006). Informe final, Monitoreo de parcelas permanentes de muestreo en Guatemala. Guatemala, Fundación Naturaleza para la Vida (NPV): 57.
- **NPV** (2006). Instalación de parcelas permanentes de medición en Petén y Alta Verapaz. Guatemala, Fundación Naturaleza para la Vida (NPV): 171.
- **NPV** (2008). Monitoreo y análisis del incremento diamétrico en bosques naturales de la reserva de Biósfera Maya, Petén, Guatemala, Fundación Naturaleza para la Vida (NPV): 39.
- **OLADE** 2010. Asistencia técnica sobre lecciones aprendidas y recomendaciones para el desarrollo de proyectos de estufas eficientes en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá: 102.
- **OLADE** (2005). Diagnostico del sector energético en el área rural de Guatemala.
- **Ortiz Montoya, A. M.** (2006). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de Santa María Cahabón, departamento de Alta Verapaz. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Pañito Díez, J.F. y Smith Quintero, R.** 2008. "Consideraciones sobre la dendroenergía bajo un enfoque sistémico". *Revista Energética* n° 39. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, pp: 19-34.
- **Perea Carrera, L. X.** (2009). Informe final, monitoreo de parcelas permanentes de muestreo en la unidad de manejo río Chanchich, Zona de usos múltiples de la reserva de la biósfera Maya, Petén, Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala: 86.
- **Pérez, P.** (1981). Costos de beneficiado del cardamomo según los tipos de secadoras comúnmente utilizados en el departamento de Alta Verapaz Facultad de Agronomía. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniero Agrónomo: 50.

- **Pinelo, G.** (2000). Informe final, Monitoreo de parcelas permanentes de muestreo en Petén, Guatemala. Guatemala, Fundación Naturaleza para la Vida (NPV): 90.
- **Ramírez Xicay, M. L.** (2005). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, departamento de Huehuetenango. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Reyes Vargas, B. E.** (2011). Valoración de recursos maderables con fines energéticos en el área protegida del cerro Alux: Estudio de caso, cobertura San Pedro Sacatepéquez. Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Maestría en Economía Ambiental y de Recursos Naturales: 67.
- **Rodríguez Guzmán, G. R.** (2005). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de Moyuta, departamento de Jutiapa. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Rodríguez, J. y L. Pratt** (1998). Potencial de Carbono y Fijación de Dióxido de Carbono de la Biomasa en Pie por Encima del Suelo en los Bosques de Guatemala. CLACDS, Instituto Centroamericano de Administración de Empresas –INCAE–: 51.
- **Salazar Arredondo, W. O.** (2007). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería). Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor: 85.
- **Salazar Tetzagüic, L. A.** (2005). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de Tectitán, departamento de Huehuetenango. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Samayoa López, L. B.** (2006). Establecimiento de parcelas permanentes de medición forestal en bosques naturales de coníferas de los municipios de Uspantán y Cunén, del departamento de Quiché. Guatemala, Centro Universitario de Nor-occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala: 112.
- **Sánchez López, A. L.** (2005). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de Jalpatagua, departamento de Jutiapa. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Sandoval, C.** (2009). Mercado de la leña: Estudios de caso en Tecpán Guatemala, Chimaltenango y San Juan Sacatepéquez Guatemala. Guatemala, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Rafael Landívar: 145.
- **Solís Carrera, S. L.** (2009). Evaluación de la dinámica poblacional y el crecimiento diamétrico de especies arbóreas, en parcelas permanentes de muestreo en la unidad de manejo San Andrés; -AFISAP. Centro Universitario de Petén, Ingeniería Forestal. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniería Forestal: 111.
- **Sosa Gómez, N. O.** (2001). Establecimiento y monitoreo de las parcelas permanentes de muestreo bajo la asistencia de la asociación Centro Mayo. C. Maya. Guatemala: 51.
- **Soto Cubur, L. E.** (2005). Costos y rentabilidad de unidades artesanales (panadería), municipio de Mataquescuintla, departamento de Jalapa. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Contador Público y Auditor.
- **Vargas Aldana,** 2007. Consumo de leña en los hogares de Guatemala. IARNA.
- **Víctor, C.** (2011). Planta de ladrillos y otros productos de arcilla - INMACO. Construcción. Guatemala, Cámara Guatemalteca de la Construcción. 159: 34.
- **Virginio Filho, E. d. M. and S. Abarca Monge** (2008). Cafetales para servicios ecosistémicos, con énfasis en el potencial de sumideros de carbono. C. Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica: 61.

- **Zanotti, R.** (1992). Potencial del mercado de la madera y la leña proveniente del sombrío de cafetales. Seminario Taller de consulta sobre caficultura sostenible. P. IICA.
- **Zaparolli Ruano, O. A.** (2006). Contribución al aprovechamiento racional de la leña en la comu-

nidad Corozo Milla Cuatro, municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal. Facultad de Agronomía. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables: 214

6. ANEXOS

Anexo 1. Metodología de mapeo de oferta y demanda integrada de biomasa forestal o leñosa

La metodología de WISDOM consiste en el mapeo de la oferta y la demanda de biomasa con fines energéticos y, a posteriori el desarrollo de un módulo de integración de ambas. El módulo de integración ofrece como resultado el balance entre la biomasa disponible y accesible y la demanda total de la misma.

La aplicación de la metodología de análisis WISDOM implica cinco pasos principales:

(FAO 2003)

1. Definición de la unidad administrativa/espacial mínima de análisis.
2. Desarrollo del módulo de demanda.
3. Desarrollo del módulo de oferta.
4. Desarrollo del módulo de integración.
5. Selección de las áreas prioritarias o puntos calientes de biomasa bajo diferentes escenarios.

Adicionalmente pueden delimitarse áreas de aprovisionamiento de recursos biomásicos para

la explotación del recurso con fines energéticos. Para ello se determina:

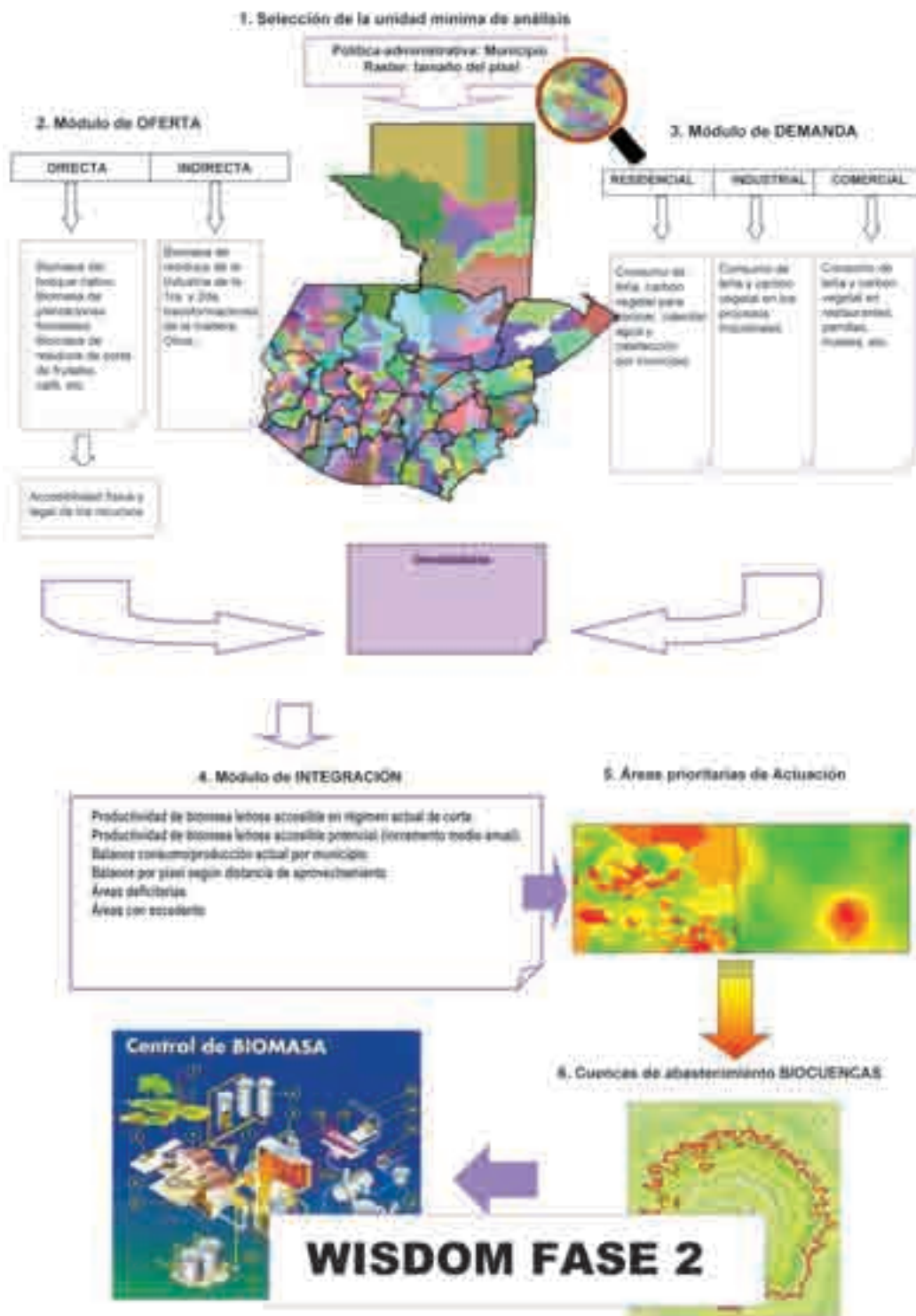
6. La oferta potencial “comercial” disponible para el mercado.
7. Definición de áreas de oferta sustentable (biocuenas), basadas en la producción potencialmente comercial de biomasa.

La metodología WISDOM asume tres puntos clave:

- El carácter intrínsecamente geográfico del análisis.
- La flexibilidad de la metodología, la cual permite adaptarla a las necesidades específicas, así como al territorio estudiado.
- Y la estrecha relación existente entre los datos revelados, la confiabilidad de las fuentes de información utilizadas y el resultado del balance.

En este anexo puede observarse un resumen de los módulos y de las principales capas temáticas de WISDOM Guatemala.

Resumen de la metodología WISDOM Guatemala



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Capas cartográficas que integran el análisis

Módulo/fase	Layer/parámetro	Variable clave	Fuente de información	Comentarios
Base espacial (Vectorial)	Mapa administrativo	Departamentos (22) Municipios(332) Lugares poblados (27.352)	Instituto Geográfico Nacional (IGN) Base cartográfica IGN. Sistema de coordenadas geográficas WGS 1984. Codificación Instituto Nacional de Estadística (INE)	Cobertura NACIONAL Mapa Topográfico E:1:50.000
Accesibilidad	Red Vial	Caminos	IGN	Cobertura NACIONAL Mapa Topográfico E:1:50.000
Accesibilidad	Lugares poblados	Lugares poblados	IGN	Cobertura NACIONAL
Accesibilidad	Núcleos Urbanos	Clasificación mapa de usos del suelo	MAGA 2003	Cobertura NACIONAL (formato raster)
Accesibilidad	Modelo Digital del Terreno	Producto Global	SRTM 90 metros (formato Raster) NASA Unidad de Planificación INAB	Cobertura NACIONAL
Accesibilidad	Mapa de Áreas Protegidas	Nacional y zonificación de: PN Lachua RB Maya RB Sierra de las Minas Rumcla RFPMCA	CONAP (2011)	Cobertura NACIONAL 1:30.000
Accesibilidad	Mapa de áreas de conservación privadas	Reservas Privadas	CONAP (2011)	Cobertura NACIONAL
Oferta Directa	Mapa Forestal Dinámica de cobertura entre 2001 y 2006.	Cobertura forestal a nivel municipal	Instituto Nacional de Bosques (INAB) 2006	Cobertura nacional Escala de Estudio 1:50.000
Oferta Directa	Mapa Zonas de vida			
Oferta Directa	Mapa Forestal Dinámica de cobertura entre 2001 y 2006.	Cobertura de distribución del cultivo de café	Instituto Nacional de Bosques (INAB) 2006	Cobertura nacional Escala de Estudio 1:50.000
Oferta Directa	Mapa Forestal Dinámica de cobertura entre 2001 y 2006.	Cobertura de distribución del cultivo de hule	Instituto Nacional de Bosques (INAB) 2006	Cobertura nacional Escala de Estudio 1:50.000
Oferta Directa	Mapa de Usos del Suelo	Clasificación del Uso del suelo	Ministerio de Agricultura (MAGA) 2003	Cobertura nacional Escala de estudio 1:50.000
Oferta Directa	Mapa de plantaciones forestales	Listado oficial de las plantaciones forestales registradas ante el INAB.	INAB (2010)	Cobertura nacional

Módulo/fase	Layer/parámetro	Variable clave	Fuente de información	Comentarios
Oferta Directa	Mapa de parcelas permanentes de evaluación de plantaciones forestales	Las plantaciones registradas están siendo evaluadas en su crecimiento. los resultados por especie. son los promedios de los principales datos como edad. diámetro a la altura del pecho (DAP). Altura Total. Volumen (m ³ /ha). incremento medio anual (IMA en DAP. Altura y Volumen). Incremento corriente anual (ICA en volumen) y categoría de índice de sitio.	INAB (2006)	Cobertura nacional
Oferta Directa	Consumo de madera de bosque nativo del sector maderero	Volumen (m ³) aprovechados. tanto de troza. trocilla como leña por especie. Incluye volumen y destino de los productos forestales exentos de licencia.	SIFGUA	Cobertura nacional
Oferta Directa	Consumo de madera de bosque nativo (en áreas protegidas) del sector maderero. incluye áreas privadas dentro de las áreas protegidas	Volumen (m ³) aprovechados anualmente. tanto de troza. trocilla como leña por especie.	SIFGUA	Cobertura nacional
Oferta Directa	Consumo de madera de plantaciones forestales del sector maderero	Volumen (m ³) aprovechados anualmente. tanto de troza. trocilla como leña por especie.	SIFGUA	Cobertura nacional
Oferta Indirecta	Mapa Localización de las industrias forestales 1 ^a transformación		SIFGUA	Cobertura nacional
Demanda	Consumo en hogares	Datos demográficos rurales/urbanas Calefacción. cocción de agua y alimentos censos. encuestas BEN. etc	INE Ministerio de Energía y Minas (MEM) MEM CEPAL (2010)	Datos del Censo de Población 2002 El último balance nacional es del año 2009. existen balances de otras instituciones (OLADE y CEPAL).
Demanda	Consumo industrial	Consumo de biomasa leñosa para energía en el sector industrial: Ingenios Azucareros Cardamomo Panaderías Ladrilleras	MEM Base de datos del Directorio Nacional de Empresas del año 2001 con algunas actualizaciones al 2006	Encuesta de consumo de leña en el sector residencial y de pequeña industria (se incluyeron panaderías).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Terminología unificada de biocombustibles (UBET)

		Biomasa leñosa	Biomasa herbácea	Biomasa de frutos y semillas	Varios (incluidas las mezclas)
		WOODFUELS	AGROFUELS		
Cultivo energético		Árboles de bosques energéticos Árboles de plantaciones energéticas	Plantas herbáceas Cultivos energéticos de cereales enteros	Cereales energéticos	
Subproductos	Directos	Subproductos de la selvicultura Subproductos del aprovechamiento	Pajas	Huesos, cáscaras, vainas	Subproductos animales Subproductos hortícolas Subproductos paisajísticos
	Indirectos	Subproductos de la industria de la madera Licor negro	Subproductos de la elaboración de fibras	Subproductos de la industria de la alimentación	Biólodos Subproductos de matadero
Materiales derivados de otros usos	De recuperación	Madera usada	Productos de fibra usados	Productos de frutas y semillas usadas	Subproductos de origen municipal Desperdicios de cocina Fangos de aguas residuales

Fuente: adaptado de UBET (FAO 2004).

Anexo 4. Valores de incrementos y existencias en bosques naturales por zonas de vida

Descripción Completa	Reservas biomasa seca ton/ha	IMA biomasa seca
		ton/ha/año
Bosque húmedo Montano Subtropical	153.13	2.82
Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	173.59	3.06
Bosque húmedo Subtropical (cálido)	159.41	3.27
Bosque húmedo Subtropical (templado)	126.40	2.94
Bosque muy húmedo Montano Subtropical	255.76	4.67
Bosque muy húmedo Montano bajo Subtropical	262.57	5.64
Bosque muy húmedo Subtropical (cálido)	417.33	4.67
Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	93.89	4.67
Bosque muy húmedo Tropical	341.00	4.85
Bosque pluvial Montano Bajo Subtropical	43.36	5.77
Bosque pluvial Subtropical	263.63	4.30
Bosque seco Subtropical	20.38	4.25
Bosque seco Tropical	20.38	4.25
Monte espinoso Subtropical	10.00	0.50
Café	22.07	1.68
Hule	150.00	0.00
Otras tierras con árboles	31.80	0.30
Arbustos - matorrales	0.00	0.30
Antiguas Plantaciones conífera (vegetación transición)	0.00	0.30
Antiguas Plantaciones conífera (vegetación transición)	0.00	0.30

Fuente: Elaboración propia a partir de distintas fuentes bibliográficas (ver bibliografía) y consultas a expertos.

Anexo 5. Nombre y descripción de las capas que integran la base de datos

Módulo/ Archivo	Tipo	Descripción
Base administrativa		
Departamentos	Vectorial	Mapa de departamentos (sin Belice)
LUGARES_POBLADOS.shp	Vectorial	Mapa de lugares poblados (puntos)
MUNICIPIOS	Vectorial	Mapa de municipios
PAIS	Vectorial	Mapa del País (sin Belice)
mask	Raster	Máscara del territorio guatemalteco (sin Belice), valor 1
mask_0	Raster	Máscara del territorio guatemalteco (sin Belice), valor 0
municipios	Raster	Mapa de municipios con su código
poblado	Raster	Mapa de lugares poblados rurales y urbanos
pob_cod_mun	Raster	Mapa de lugares poblados rurales y urbanos con el Código Municipal
ru_cod_mun	Raster	Mapa de lugares poblados rurales con el Código Municipal
urb_cod_mun	Raster	Mapa de lugares poblados urbanos con el Código Municipal
Mapas de Accesibilidad		
acce_0	Raster	Mapa de red vial y de lugares poblados urbanos y rurales
mdt	Raster	Mapa de elevaciones (SRTM-Nasa)
pendientes	Raster	Mapa de pendientes en porcentaje basado en el mdt (SRTM- Nasa)
map_acce_1	Raster	Mapa de Costo Distancia basado en el mapa de pendientes y el de acce_0
map_acce_2	Raster	Mapa de Costo Distancia (reclasificado en 20 clases a partir de cuantiles)
map_acce_por	Raster	Mapa de Accesibilidad Física en % basado en map_acce_2
ap_porc	Raster	Mapa de áreas protegidas con su % de accesibilidad legal al recurso
Módulo Oferta		
urbano_1	Raster	Mapa de lugares poblados rurales y urbanos
agua_2	Raster	Mapa clasificado como agua (MAGA)
zv_bos_3	Raster	Mapa clasificado como Bosque con asignación de zonas de vida (INAB)
cafe_900_4	Raster	Mapa clasificado como cafetales (INAB)
hule_901_5	Raster	Mapa clasificado como hule (INAB)
otr_usos_6	Raster	Mapa clasificado como bosque por MAGA y como no bosque por el INAB
usos_7	Raster	Mapa de Usos del suelo clasificado por MAGA
lc_25m_2	Raster	Mapa de Usos del suelo resultado del mosaico de las capas anteriores
den_fores	Raster	Mapa de densidad arbórea en % elaborado por IARNA
tabla_reclas_mult_stock_med.txt	txt	Archivo de reclasificación de lc_25m_2 para crear mapa de coeficientes de reservas medias
mul_stk_med	Raster	Mapa de coeficientes del mapa de cobertura arbórea para IMA
tabla_reclas_mult_ima_med.txt	txt	Archivo de reclasificación de lc_25m_2 para crear mapa de coeficientes de incremento medio
mul_ima_med	Raster	Mapa de coeficientes del mapa de cobertura arbórea para IMA
int_ima_kg_wf	Raster	Mapa de incremento anual de biomasa leñosa de bosque natural

Módulo/ Archivo	Tipo	Descripción
tabla_reclas_extra_come	txt	Archivo de reclasificación en % municipio de IMA disponible de bosque natural después de restarle las extracciones comerciales (troza y Trocilla)
coef_ext_dis	Raster	Mapa de porcentaje disponible de IMA de bosque natural después de restarle las extracciones comerciales
of_dir	Raster	Mapa de IMA disponible de bosque natural después de restarle las extracciones comerciales
of_di_ac_f	Raster	Mapa de IMA disponible y accesible físicamente de bosque natural
of_di_ac_f_l0	Raster	Mapa de IMA disponible y accesible física y legalmente de bosque natural
pro_plan_m	Raster	Mapa de área probable de localización de las plantaciones forestales, codificado por municipio
stock_plan.txt	txt	Archivo de reclasificación de pro_plan_m para reservas de plantaciones forestales
stk_plan_kg	Raster	
ima_plan.txt	txt	Archivo de reclasificación de pro_plan_m para IMA de plantaciones forestales
ima_plan_kg0	Raster	Mapa de IMA de plantaciones forestales
kg_pix_of_indirecta_pob.tx	txt	Archivo de reclasificación de pob_cod_mu de oferta indirecta
ofin_kg_pix_p0	Raster	Mapa de oferta indirecta (aserraderos 1ª transformación ^a)
of_total	Raster	Mapa de oferta total producto de la suma de of_di_ac_f_l0, ima_plan_kg0, ofin_kg_pix_p0
Módulo Demanda		
dem_ru_kg_0	Raster	Mapa de consumo de leña en los hogares no urbanos
dem_ur_kg_0	Raster	Mapa de consumo de leña en los hogares urbanos
dem_pan_kg_0	Raster	Mapa de consumo de leña por las panaderías
dem_lad_kg_0	Raster	Mapa de consumo de leña en la fábrica de ladrillos
dem_car_kg_0	Raster	Mapa de consumo de leña en el secado de cardamomo
dem_ing_kg_0	Raster	Mapa de consumo de leña en ingenios.
dem_total	Raster	Mapa de demanda resultado de la suma de los mapas anteriores
Módulo de Integración		
bal_2	Raster	Balance local a nivel píxel entre of_total y dem_total

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Consumo anual de biomasa leñosa por departamento en toneladas al 0% de humedad

Departamento	Demanda Doméstica	Demanda Industrial	Demanda Total
Alta Verapaz	1,007,671	24,797	1,032,468
Baja Verapaz	389,079	3,205	392,284
Chimaltenango	719,389	17,274	736,663
Chiquimula	388,954	5,819	394,773
El Progreso	141,519	1,816	143,335
Escuintla	577,399	52,278	629,677
Guatemala	501,243	125,389	626,632
Huehuetenango	2,429,889	7,719	2,437,608
Izabal	304,005	5,633	309,638
Jalapa	348,970	7,559	356,529
Jutiapa	436,370	8,900	445,270
Petén	699,301	4,724	704,025
Quetzaltenango	946,688	20,264	966,952
Quiché	1,601,303	5,088	1,606,391
Retalhuleu	415,722	10,352	426,074
Sacatepéquez	157,887	9,252	167,139
San Marcos	1,877,556	9,416	1,886,972
Santa Rosa	356,338	10,220	366,558
Sololá	590,675	4,218	594,893
Suchitepéquez	651,412	13,379	664,791
Totonicapán	704,176	3,225	707,401
Zacapa	172,689	2,428	175,117
Total general	15,418,235	352,955	15,771,190

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Oferta anual de biomasa leñosa por departamento en toneladas al 0% de humedad

Departamento	Bosque Natural	Plantaciones Forestales	Industria 1ª Transformación	Oferta Total
Alta Verapaz	1,172,178.73	203,760.72	10,100.94	1,386,040.39
Baja Verapaz	279,918.70	71,335.21	4,290.94	355,544.85
Chimaltenango	225,499.36	9,593.08	16,863.11	251,955.55
Chiquimula	98,838.62	9,262.17	5,345.39	113,446.18
El Progreso	63,475.93	38,998.16	17,817.03	120,291.12
Escuintla	185,889.89	26,644.50	1,237.72	213,772.11
Guatemala	153,390.68	3,196.63	38,358.03	194,945.34
Huehuetenango	817,856.19	24,365.47	607.27	842828.93
Izabal	500,078.50	155,717.20	8,025.26	663,820.96
Jalapa	62,660.67	2,761.05	1,841.20	67,262.92
Jutiapa	28,881.80	5,841.66	922.29	35645.75
Petén	2,540,635.32	667,652.69	8,283.39	3,216,571.40
Quetzaltenango	193,450.36	16,788.67	3,975.12	214,214.15
Quiché	768,242.80	18,346.92	2,149.35	788,739.07
Retalhuleu	108,092.89	50,696.28	915.04	159704.21
Sacatepéquez	45,118.41	3,760.59	2,309.47	51,188.47
San Marcos	242,621.02	18,063.60	1,530.66	262,215.28
Santa Rosa	161,470.47	4,651.07	1,836.47	167,958.01
Sololá	60,937.12	9,527.18	2,452.04	72,916.34
Suchitepéquez	587,725.54	28,138.18	916.39	616780.11
Totonicapán	107,702.15	5,550.23	0	113252.38
Zacapa	80,975.74	48,702.52	7,128.32	136,806.58
Total general	8,485,640.89	1,423,353.8	136,905.43	10,045,900

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Balance de biomasa leñosa por departamento (Guatemala)

Departamento	Consumo (Ton/biomasa/añual)	Oferta total (Ton/biomasa/añual)	Ton/biomasa/añual
Alta Verapaz	1,032,468	1,386,040.39	353,572.39
Baja Verapaz	392,284	355,544.85	-36,739.15
Chimaltenango	736,663	251,955.55	-484,707.45
Chiquimula	394,773	113,446.18	-281,326.82
El Progreso	143,335	120,291.12	-23,043.88
Escuintla	629,677	213,772.11	-415,904.89
Guatemala	626,632	194,945.34	-431,686.66
Huehuetenango	2,437,608	842,828.93	-1,594,779.07
Izabal	309,638	663,820.96	354,182.96
Jalapa	356,529	67,262.92	-289,266.08
Jutiapa	445,270	35,645.75	-409,624.25
Petén	704,025	3,216,571.40	2,512,546.40
Quetzaltenango	966,952	214,214.15	-752,737.85
Quiché	1,606,391	788,739.07	-817,651.93
Retalhuleu	426,074	159,704.21	-266,369.79
Sacatepéquez	167,139	51,188.47	-115,950.53
San Marcos	1,886,972	262,215.28	-1,624,756.72
Santa Rosa	366,558	167,958.01	-198,599.99
Sololá	594,893	72,916.34	-521,976.66
Suchitepéquez	664,791	616,780.11	-48,010.89
Totonicapán	707,401	113,252.38	-594,148.62
Zacapa	175,117	136,806.58	-38,310.42
Total general	15,771,190	10,045,900.10	-5,725,289.90

Fuente: Elaboración propia.



Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura
Representación en Guatemala
7a. Avenida 12-90, Zona 13.
Edificio Infoagro, Guatemala 01013
Teléfono: (502) 2205-4242. Fax: (502) 2205-4270
Correo electrónico: FAO-GT@fao.org
Página web: www.fao.org.gt

