

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA**

**MANEJO DE LA REGULACION HIDRICA NACIONAL  
A TRAVES DEL USO ENERGETICO DE LA BIOMASA**

**1997**

914

2d

**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE**  
**DIRECCION GENERAL FORESTAL Y VIDA SILVESTRE**  
**ESTRATEGIA NACIONAL DEL AGUA**

- 2.0. LA BIOMASA
- 3.0. POTENCIAL
- 4.0. OPORTUNIDAD
- 4.1. ...
- 4.2. ...

**MANEJO DE LA REGULACION HIDRICA NACIONAL A TRAVES  
DEL USO ENERGETICO DE LA BIOMASA FORESTAL**

- 1.0. OBJETIVO GENERAL
- 2.0. OBJETIVOS ESPECIFICOS
- 3.0. ...

**POR: HERNAN CARMONA**  
**CONSULTOR ESTRATEGIA**  
**NACIONAL DEL AGUA**

**SANTAFE DE BOGOTA - ENERO 1.997**

## INDICE

### RESUMEN

#### 1.0. INTRODUCCION.

#### 2.0. LA BIOMASA FORESTAL ENERGIA CONVENCIONAL.

#### 3.0. POTENCIAL ENERGETICO DE LA BIOMASA.

#### 4.0. OPORTUNIDAD DE LA BIOMASA FORESTAL.

##### 4.1. IDENTIFICACION.

##### 4.2. CAPACIDAD ENERGETICA DE LA BIOMASA FORESTAL

#### 5.0. PARTICIPACION FORESTAL DENTRO DEL SECTOR ENERGETICO

#### 6.0. LA ENERGIA DE LA BIOMASA DENTRO DEL SISTEMA NACIONAL ENERGETICO

##### 6.1. CONSUMO DE ENERGIA COLORIFICA DE ORIGEN DE LA BIOMASA EN LA COCCION DE ALIMENTOS.

##### 6.2. CAPACIDAD DE LA OFERTA DE ENERGIA ELECTRICA DE LA BIOMASA FORESTAL.

###### 6.2.1. OPORTUNIDAD DE LA BIOMASA FORESTAL EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS

###### 6.2.1. OPORTUNIDAD DE LA BIOMASA FORESTAL EN LAS ZONAS INTERCONECTADAS

#### 7.0 BIBLIOGRAFIA

#### 8.0 ANEXOS

##### 8.1. CUADROS

##### 8.2. GRAFICOS



## RESUMEN

Colombia, por su ubicación dentro de la Zona de Confluencia Intertropical y por sus características altitudimétricas, presenta condiciones hídricas y fisiográficas, que le permiten contar con energía hidráulica, que ha facilitado que el Sistema Energético Nacional sustente la producción del 78 % de energía sobre este recurso.

Los procesos de ocupación territorial, que desde la colonia se han realizado en el país, ha dado como resultado una gran concentración de la población, la cual en un 70 % se ubicó en el 24 % del territorio nacional. Esta concentración poblacional, al desarrollar sus procesos económicos, cambió el uso del suelo para establecer un modelo económico agropecuario, desconociendo las condiciones físicas y climatológicas, existentes en el territorio en donde esta se estableció.

El resultado ambiental de esta ocupación territorial, fue la alteración de las condiciones que permitían la existencia de una regulación hídrica intertemporal y de un equilibrio espacial de los procesos morfológicos, los cuales eran producto de una estrecha relación SUELO-AGUA-PLANTA, que existía dentro del medio natural donde se estableció y nucleó la población colombiana. En la actualidad se puede identificar que la acción de la ocupación territorial ha sido sobre todo el territorio, de tal forma que, solo el 12 % de esta superficie presenta una cobertura de bosque natural, la cual tiene muy poca influencia sobre las condiciones hídricas y morfológicas, en especial por su ubicación.

El 30 % de la población Colombiana consume leña para la cocción de sus alimentos, esto significa que para el año de 1997 se consumirán 11.3 millones de toneladas de madera que equivale a un consumo aproximado de 3.75 millones de TEP ( Toneladas Equivalentes de Petróleo ) y a una energía de 15.612 GWH . La superficie de bosques artificiales necesaria para abastecer esta demanda anual de energía calorífica, será de 81000 has, de tal forma que, para tener un abastecimiento continuo y sostenido de oferta de energía calorífica a partir de 1997, era necesario haber comenzado un programa de reforestación dendroenergética de 600.000 a 650.000 has, con ejecuciones anuales de 80.000 has por año. Como en ningún momento este programa dendroenergético se inició, los bosques actuales tienen que abastecer la demanda de esta energía calorífica, hasta el momento en que se establezca la leñomasa.

De comenzar el establecimiento de los bosques dendroenergéticos en el año de 1997, se consumirán aproximadamente, en el periodo de crecimiento de la masa forestal, entre 400.000 a 450.000 has. de bosques naturales.

El país no ocupado, por sus condiciones físicas, poblacionales y económicas, en la actualidad no está integrado energéticamente al país ocupado e integrarlo representaría costos muy elevados al intentar hacerlo con energía convencional. La participación de la del sector forestal en la solución de la problemática anteriormente expuesta, es fundamental; ya como abastecedor de energía calorífica para la cocción de alimentos de los sectores poblacionales sin acceso a



## LA INTRODUCCION

Dentro del país ocupado, desde el punto de vista del recurso agua este ha sido alterado en todas sus características de distribución, cantidad y calidad, habiéndose generado una alteración de la regulación hídrica, cuyo resultado es la pérdida de la oferta hídrica en los períodos secos y la alteración de los procesos morfodinámicos de moldeamiento de laderas.

En el país por ocupar, en la actualidad se está dando inicio al proceso de la alteración de la regulación hídrica como resultado del cambio del uso del suelo por efecto de la acción de los procesos de colonización.

En consecuencia, el país debe abordar dos acciones diferenciadas dentro de los dos países identificados: Una es la de establecer un gran proceso de reforestación para lograr a mediano y largo plazo alcanzar una regulación hídrica dentro del país ocupado y la otra prevenir mediante acciones de uso racional de la cobertura boscosa la alteración de la regulación hídrica dentro del país por ocupar.

Dentro del Plan VERDE, definido por el Ministerio del Medio Ambiente se plantea la necesidad de identificar proyectos productivos que permitan motivar tanto la protección de los bosques naturales actuales como la de generar procesos de establecimiento de nuevas masas forestales. El objeto de este documento es la de identificar algunas opciones y oportunidades que se presentan a nivel del país para lograr los objetivos definidos dentro del Plan VERDE y los cuales tienen que ver con la identificación de opciones de los proyectos productivos.

## 2.0. LA BIOMASA FORESTAL ENERGIA CONVENCIONAL.

Uno de los índices económicos más comunes para definir el grado de desarrollo de un país o de una región, es la relación que se establece entre el consumo de energía y el Producto Interno Bruto (PIB) o entre el Consumo de energía y la Renta Nacional.

Así como el consumo de energía refleja el grado de desarrollo de un país, el Consumo per cápita (Kwh/habitante) es un indicador que permite identificar el nivel de vida de un pueblo.

Dentro del desarrollo actual, la energía está presente dentro de la vida diaria, de tal forma que en la casa, el elemento vital para la vida: el agua, generalmente llega mediante la acción de bombas movidas estas por energía, la preparación de alimentos, la conservación de los mismos, la iluminación, la radio, la televisión, etc., dependen de la energía.

## 1.0. INTRODUCCION.

Las condiciones climatológicas, de suelos y altitudinales permitieron que en casi todo el territorio nacional existiera una cobertura boscosa, la cual se ubicaba en todos los pisos altitudinales desde los 4.000 m.s.n.m. hasta la zona de contacto marino.

El proceso de ocupación territorial que se ha dado desde la colonia hasta nuestros días ha generado el establecimiento de la población colombiana en la zona de montaña, de tal forma que el 66% de la población se ubicó dentro de la franja altitudinal comprendida entre los 1.000 y los 3.000 m.s.n.m., el 1% de la población se estableció por encima de los 3.000 m.s.n.m. y el 33% de la población se ubica por debajo de los 1.000 m.s.n.m.

El proceso de ocupación dentro del país se concentra en la vertiente del Atlántico, más específicamente dentro de la cuenca del Río Magdalena - Cauca, de tal forma que en la actualidad dentro de esta cuenca se establece aproximadamente el 70% de la población nacional y se genera más del 80% del producto Interno Bruto Nacional.

El proceso de ocupación objetivó el establecimiento de una infraestructura socio-económica y un conjunto de actividades productivas insertas dentro de un determinado modelo económico lo cual llevó a un cambio del uso de los suelos donde esta población se radicó. Este proceso motivó a una deforestación, en todas las áreas que albergaron la población, ya fueran estas poblaciones que se radicaron definitivamente en las zonas o fueran transitorias mientras se desarrollaba el proceso de extracción de los recursos.

Este proceso de deforestación dio como resultado que en la cuenca Magdalena - Cauca, cuya área de 273.478 Km<sup>2</sup>. sólo quede en la actualidad bajo cobertura de bosques naturales el 12% de esta superficie, el 88% de la superficie está dedicada a la agricultura, a la pecuaria y a cultivos transitorios y permanentes.

El resto del país, en especial aquel territorio donde existen los bosques húmedos y muy húmedos tropicales, están soportando los flujos migratorios actuales los cuales, como acción económica productiva, están aplicando el mismo modelo económico utilizado dentro de la cuenca Magdalena - Cauca, o sea: Tumba - Quema para finalizar con la siembra de pastos.

Lo anterior permite identificar que en el país existen dos países bien diferenciados: El país ocupado donde la población se estableció y desarrolló procesos económicos productivos ya estabilizados y el país no ocupado donde se está dando origen a los procesos actuales de ocupación territorial y donde no se ha definido el tipo de modelo económico a establecerse.



otras fuentes ó de energía eléctrica de origen térmico de la leñomasa para el país no interconectado.

Fuera de las anteriores participaciones, el sector forestal tiene una gran responsabilidad con el futuro energético del país, referida a su papel como regulador del régimen hídrico y de los procesos morfológicos dentro de las cuencas hidrográficas que alimentan proyectos hidroenergéticos.

Esta responsabilidad se materializaría en la ejecución de un Plan Forestal que objetive el manejo de los bosques naturales actuales y el establecimiento de masas forestales artificiales dentro de las cuencas hidrográficas abastecedoras de proyectos hidroenergéticos.

Este Plan Forestal, para que tenga un efecto de peso sobre las problemática expuesta, debe tener un tamaño que concuerde con la magnitud de la problemática, es decir, entrar a manejar los bosques húmedos de las regiones no ocupadas del país y el establecimiento de una cobertura forestal dentro de la región ocupada.

El manejo de las zonas húmedas se orientará a definir y establecer un modelo de ocupación territorial alternativo al modelo actual o sea el de la TUMBA y QUEMA; acciones necesarias para establecer el modelo PASTORIL, utilizado este en la zona ocupada y cuyos resultados han sido nefastos para el país. El fundamento que enmarca la definición y el diseño del modelo, para las zonas húmedas, es la de utilizar la mayor riqueza que estas regiones poseen: EL AGUA; lo cual significa, que el modelo se debe sustentar en los dos ciclos fundamentales que estabilizan los sistemas de estas regiones y sobre los cuales los bosques tienen una gran influencia: El ciclo hídrico y el ciclo biogeoquímico. Para que el modelo tenga una opción viable es fundamental que este cuente con energía suplementaria para favorecer procesos industriales o de conservación de productos. Esta energía puede ser aportada por la leñomasa de los bosques húmedos para ser integrada a procesos térmicos. Lo anterior significa que es indispensable definir y diseñar un manejo sívcola de estos bosques que garanticen su sostenibilidad.

La regulación hídrica y la actuación sobre los procesos morfológico, dentro de las cuencas hidroenergéticas, se hará mediante el establecimiento de una cobertura boscosa que propicie, a mediano y a largo plazo, el mejoramiento de las condiciones hídricas y morfológicas de las cuencas hidrográficas. El establecimiento de esta cobertura boscosa se hará mediante la ejecución de un programa forestal de 2.5 millones de has, con un tiempo de ejecución de ocho años. Los recursos económicos necesarios para establecer dicho programa provendrán de las transferencias energéticas y de las regalías.



Existe hoy en día un gran comercio internacional de fuentes básicas de energía: carbón mineral, petróleo, gas, entre otros, para suplir las deficiencias energéticas de los países o para sustentar el consumo de otros; esto sin contar el gran comercio de energía alimenticia que se ha perfeccionado a través de los años.

La apertura económica internacional que hoy presentan los mercados internacionales obliga a que cada país, trate de producir bienes y servicios para ofertarlos en dichos mercados, para entrar en el modelo competitivo o para abastecer el déficit de tales bienes en muchos países; sin embargo uno de los flujos comerciales es el comercio de energía de origen fósil y energía alimenticia.

Así, como el total de energía utilizada por un país, puede indicar el grado de desarrollo del mismo, también puede indicar el grado de dependencia de éste con respecto a los países productores de tales fuentes energéticas.

La diversidad en las fuentes energéticas en los países, ofrece la posibilidad de lograr a mediano o largo plazo, que aquellos países con tal diversidad, tengan la oportunidad de lograr una independencia económica, cuando la utilización de tales recursos es optimizada y se eliminan todos los contrasentidos y el despilfarro en el uso de los mismos.

Colombia es un país cuya diversidad en fuentes energéticas le da la oportunidad de vislumbrar independencia energética sobre la cual podrá, a mediano y largo plazo, sustentar un verdadero desarrollo económico y social.

Tal independencia, comenzará a sustentarse si se analizan y orientan los flujos de uso energético interno, evaluando las diferentes oportunidades y alternativas que dichas fuentes presentan en el tiempo y dentro del contexto nacional, así como dentro del contexto internacional.

La energía, en términos generales, se puede clasificar en energía de origen de fuentes convencionales, energía de fuentes no convencionales y energía de fuentes exóticas.

Aunque esta clasificación no es muy precisa, en determinados casos permite ubicar con alguna precisión tales fuentes.

Se entiende por energía de fuentes convencionales a aquella cuya tecnología ha sido altamente desarrollada y cuyos precios de oferta son accesibles a los niveles, capacidades de compra y a los patrones actuales de consumo. Dentro de este grupo de fuentes energéticas se incluyen aquellas fuentes a las cuales la gran masa de población ya está acostumbrada a su uso. Estas fuentes se presentan en el Cuadro No. 1.

CUADRO No. 1

ENERGIA CONVENCIONAL

TIPO	ORIGEN
- Petróleo y Gas	Fósil
- Carbón mineral	Fósil
- Hidroeléctrica	Renovable
- Biomasa	Renovable

A su vez puede definirse como energía no convencional a aquella, cuya tecnología, aunque puede estar completamente desarrollada, su uso en la actualidad no se ha generalizado dentro de la población, ya sea por razones económicas al lograrse unidades energéticas con precios superiores a las energías convencionales, o porque no se concilia el uso de la energía no convencional con los patrones definidos por el consumo, las cuales se presentan en el Cuadro No. 2.

CUADRO No. 2

TIPO	ORIGEN
- Energía de los mares (E. Blásmica)	Renovable
- Energía Eólica (vientos)	Renovable
- Energía de Xisto	Fósil
- Energía Geotérmica	Renovable
- Fusión Nuclear	Fósil
- Energía Solar (Producción de Calor)	Renovable
- Energía Solar (Producción Electricidad)	Renovable

Como energía exótica se define aquella cuya tecnología todavía no está demostrada y por consiguiente los costos son muy altos para ser aceptados dentro del mercado. Estas fuentes son: Energía solar (acumuladores), energía concentrada en los océanos y energía de fusión nuclear.

En estas dos últimas categorías, la fuente solar es la más importante ya que se encuentra ubicada dentro de las dos, es decir, en la no convencional y en la exótica.

Las cuatro formas de energía convencionales, identificadas dentro de la clasificación anterior, se encuentran con alguna abundancia en Colombia.

Los grandes hallazgos de petróleo, como resultado de la ejecución de los programas de exploración realizados en los últimos años, han llevado a que el país cambie el flujo económico, pasando en el año de 1.987 de un país importador de este energético a un país exportador, convirtiéndose por tal razón en el primer renglón de la exportación Colombiana.

El país, en consecuencia, es autosuficiente en esta fuente de energía; además las otras fuentes convencionales: El gas y el carbón mineral, existen en Colombia con alguna abundancia.

La ubicación georegional de Colombia, dentro de la zona de Confluencia Intertropical y las condiciones orográficas del país, hacen que este cuente con una gran abundancia hídrica, la cual le proporciona la posibilidad de contar con un gran volumen energético de origen hídrico.

Es importante anotar que estas condiciones: posición georegional y orografía dan origen a una complementariedad hídrica; como producto de los diferentes regímenes pluviométricos: Ecuatorial, Tropical.

Desde el punto de vista energético, esta complementariedad hídrica se constituye en una ventaja comparativa si se utilizan estas condiciones climatológicas como un recurso y no como una manifestación climatológica.

La ubicación, tanto en la zona Tropical, como en la zona Ecuatorial, da a Colombia la posibilidad de poder almacenar la energía solar en energía química o energía VERDE o energía de la BIOMASA, como producto de la alta actividad fotosintética que se obtiene en las regiones tropicales y ecuatoriales. Esto significa que Colombia presenta una gran posibilidad de generar ENERGIA VERDE en volúmenes altamente significativos.



Las fuentes fósiles: Carbón, gas y petróleo presentan un determinado grado de conocimiento lo cual permite establecer los programas de exploración y uso.

Las fuentes hidroenergéticas son, desde el punto de vista del conocimiento, las que presentan sistemáticamente un grado más elaborado del conocimiento, aunque en el proceso de la planificación de su uso, ha primado más el concepto económico que el concepto de la complementariedad hídrica; perdiéndose una gran oportunidad para afirmar el sistema hidro-energético del país.

La BIOMASA o ENERGIA VERDE no se ha identificado en su verdadera dimensión, pudiéndose decir que esta fuente energética no ha sido evaluada en toda su magnitud, de tal forma que la misma, dentro del concepto del SISTEMA ENERGETICO NACIONAL, entra a ser parte de las energías no convencionales. Esta es una muestra clara del desconocimiento de las posibilidades y capacidades de oferta que esta fuente de energía tiene a nivel Nacional.

Por lo tanto, la definición de las oportunidades de cada una de estas fuentes energéticas convencionales, debe ser tarea Nacional. Esto permitirá identificar aquellos procesos, sea industriales o agroindustriales, o aquellos procesos económicos en donde, con un complemento de energía de transporte se están utilizando fuentes energéticas con buenas alternativa en los mercados externos.

Hoy en día se hace necesario establecer las oportunidades que presenta cada fuente de energía convencional, identificando, con un alto grado de precisión, los sectores en donde puede existir una sustitución energética, la cual permitirá liberar energéticos que presentan una gran alternativa en los mercados Internacionales.

### 3.0. POTENCIAL ENERGETICO DE LA BIOMASA.

La Biosfera recibe en las capas altas de la atmósfera una energía equivalente al  $2 \cdot 10^{18}$  Kwh anualmente ; de esta energía el 60 % es reflejada, quedando un 40 % para alimentar todos los procesos fisico-bióticos que se desarrollan dentro de la biosfera . La parte terrestre recibe anualmente una energía incidente equivalente a  $1.4 \cdot 10^{17}$  Kwh , siendo el 1 % de esta energía utilizada por la función clorofílica que permite la síntesis de  $1.4 \cdot 10^{11}$  Tn de sustancias vegetales. Los mares reciben anualmente una energía incidente de  $5.6 \cdot 10^{17}$  Kwh, siendo parte de esta reflejada , parte utilizada para la evaporación y otra parte para alimentar los procesos fotosintéticos de los vegetales marinos.

Las plantas, las algas y los vegetales de manera general acumulan en sus células la energía solar incidente sobre la forma de uniones químicas carbono-

hidrógeno. Este proceso de la síntesis de la energía lumínica en energía química se realiza a través del proceso de la fotosíntesis.

La energía incidente sobre la tierra presenta valores muy diversos, dependiendo de la latitud, la altitud y de las condiciones climatológicas; sin embargo, algunas plantas localizadas en las zonas cálidas tropicales, caracterizadas estas por altos niveles de radiación, pueden sintetizar hasta un 3% de la energía solar incidente.

Las hojas verdes de las plantas capturan, de acuerdo a las condiciones genéticas de las mismas, entre el 1 al 3% de la energía solar incidente, para transformarla, por medio de procesos químicos dentro de las plantas, en hidratos de carbono. Esa posibilidad de transformar la energía solar en hidratos de carbono, para constituir sus propios componentes, es lo que da a dichos organismos el carácter de autosuficiencia respecto a la productividad y que ha permitido que a los mismos se les identifique como organismos autótrofos.

La actividad de los organismos autótrofos, dentro de un ecosistema y en un tiempo determinado, se identifica como producción primaria. Parte de esta producción es empleada directamente por los organismos en la respiración y el exceso de materia orgánica producida es lo que se identifica como producción neta que representa el alimento potencial para los consumidores del sistema.

La acumulación de la materia vegetal, como resultado de la producción primaria, más la acumulación de la producción secundaria y terciaria, originada esta en la producción de los organismos heterótrofos o se aquellos no son autosuficientes en la producción de su propia energía, es lo que se conoce como BIOMASA TOTAL.

Sin embargo, desde el punto de vista energético el término BIOMASA es identificado como la acumulación de la producción primaria: el material vegetal, y por extensión el término se utiliza para designar también al conjunto de productos generados por la actividad de los seres vivos tales como: deyecciones de animales, desechos urbanísticos e industriales.

Pero teniendo en cuenta el concepto de balance, los residuos originados en la deyecciones de los animales o en el uso de productos en las ciudades o en la industria, constituyen parte de la producción primaria al ser esta sometida a procesos de transformación o uso; es decir, bajo un rigor preciso el concepto de BIOMASA se orienta a identificar a la producción primaria, terrestre y marina.

La producción de la Biomasa del medio terrestre presenta limitaciones, que disminuye los procesos fotosintéticos; los de mayor importancia son los períodos de déficit hídrico y las bajas temperaturas. En el medio marino la limitación a la



producción primaria esta constituida por la disminución de sales minerales que suben a partir del fondo.

La Biomasa presenta las siguientes ventajas:

- Su carácter renovable.
- Su facilidad de almacenamiento.
- Su carácter no contaminante

Así como presenta ventajas la producción de la Biomasa, presenta a su vez una gran desventaja, la cual es su baja conversión de la energía lumínica en energía química, que varía entre 0.5 a 2% la energía solar incidente, influyendo sobre esta condiciones de localización geográfica, estación, horas, condiciones meteorológicas, altitud, etc.

Las plantas en su estado perfectamente seco presentan un poder calorífico medio del orden de los 4.000 Kcal/Kg. que representa aproximadamente un 38% del poder calorífico de un kilogramo de Gasoil. Sin embargo la presencia de agua dentro de las estructuras vegetales reduce sensiblemente el poder calorífico de la Biomasa, por lo tanto es conveniente corregir el poder calorífico de los vegetales en relación con el grado de humedad y estimar la energía necesaria para el secado preliminar si se necesita utilizar los vegetales muy húmedos como combustibles.

En la práctica se utiliza un poder calorífico del orden de 3.300 a 3.600 Kcal/Kg. para materiales vegetales secos al aire.

En el cuadro No. 3 se presentan los valores de poder calorífico de algunos productos vegetales:

En los climas tropicales ciertas plantas pueden tener un rendimiento energético del 3% en su fase de crecimiento, esto quiere decir que el 3% de la energía solar incidente se convierte en energía química.

Este rendimiento energético no debe despreciarse si se tiene en cuenta que:

- Esta energía es fácilmente almacenable con relación a otros sistemas de conversión.
- La inversiones son más bajas con relación a otros medios a potencias comparables.
- Los rendimientos son aplicados a toda la duración de la insolación y no a algunas horas (Sistemas termodinámicos).

La conversión de energía solar en Biomasa presenta grandes oportunidades, pudiéndose alcanzar la acumulación de energía solar a valores no despreciables como se puede observar en el cuadro No. 4 anexo.



El rendimiento de  $65 \times 10^7$  Kcal/ha/a de la caña de azúcar en el Valle (Colombia) corresponde a 65.000 kilos de Gasoil por hectárea, el rendimiento de  $47 \times 10^7$  Kcal/ha/año de la caña de azúcar en Florida corresponde a 47.000 kilos de Gasoil por hectárea/año, el rendimiento de  $11 \times 10^7$  Kcal/ha/a de sorgo en USA corresponde a 11.000 kilos de Gasoil por hectárea y el rendimiento de  $17 \times 10^7$  Kcal/ha/a de eucaliptos corresponde a 17.000 kilos de Gasoil por hectárea. Lo anterior da una idea del potencial energético de la Biomasa.

La Biomasa presenta tres grandes orientaciones de uso por parte de la sociedad: como uso alimenticio (biomasa primaria y secundaria), como uso industrial (biomasa primaria y secundaria) y como uso energético.

Es importante subrayar el gran rol que cumple la vegetación para mantener y guardar el patrimonio natural: Protección del equilibrio biológico, lucha contra la erosión, conservación de las propiedades del suelo, participación en los ciclos hídricos y biogeoquímicos.

Los usos de la Biomasa anteriormente descritos son prioritarios por su carácter de insustituibles y la perennidad del patrimonio natural debe ser asegurado, sin embargo la pregunta que ahora se hace es saber que papel cumple la Biomasa en el campo energético? Los productos de la fotosíntesis son recursos de carbono renovable, prácticamente inagotables, sin embargo gran parte de estos hasta ahora no han sido utilizados.

La energía utilizada anualmente sobre la tierra equivale a  $3 \times 10^{20}$  Joules (J) por año, que equivale a menos de una hora de energía solar, mientras que la energía solar fijada por la fotosíntesis es de  $3 \times 10^{21}$  J. por año (60% en forma de biomasa terrestre y 40% de biomasa marina), que representa el 0.1% de la energía solar recibida y diez veces la energía consumida en el mundo.

Una vez satisfechos los usos esenciales prioritarios (los alimentos consumidos en el mundo representan  $1.5 \times 10^{19}$  J) las cantidades de biomasa restantes disponibles son muy importantes, por lo tanto la movilización de una parte de estas, con fines energéticos, es posible.

Dentro de estos enormes recursos de carbono renovable, la parte energética puede ocupar un lugar muy importante. Es necesario señalar que los combustibles no comerciales (madera, carbón vegetal, etc.), representan hoy en día aproximadamente el 6% del consumo de la energía mundial.

Para los países en vía de desarrollo esta contribución es vital, en especial para la cocción de alimentos. A su vez, en estos países, y en especial aquellos con grandes extensiones, la biomasa entra a tener un gran peso y constituirse en

alternativa energética en vista de los grandes costos y pérdidas por la transmisión convencional.

Con el objeto de evaluar el peso de la participación de la biomasa dentro del contexto del Sistema Energético Nacional, es indispensable precisar el potencial utilizable de las diversas categorías de la biomasa:

- Biomasa Forestal.
- Biomasa Agrícola.
- Biomasa Marina.

Para evaluar el potencial utilizable de la biomasa en Colombia es indispensable que esta tenga dos direccionamientos: Uno evaluar la capacidad de la oferta actual, sea de la biomasa forestal o de la biomasa agrícola, y otra, evaluar la capacidad potencial de generar una producción artificial tanto de biomasa forestal como agrícola, según pisos altitudinales dentro del país.

La evaluación se debe enmarcar en tres conceptos de conocimiento:

- Identificar los volúmenes de subproductos, forestales y agrícolas, identificando su potencial energético por regiones y subregiones.
- Identificar la posibilidad de establecer producciones energéticas, agrícolas y forestales.
- Definir líneas de investigación para nuevos modelos de conversión biológica de la energía solar aprovechando condiciones climatológicas y altitudimétricas del país.

Durante la primera fase de la evaluación del potencial energético de la biomasa del país, no se entrará a evaluar el potencial de la biomasa marina, sin embargo se establecerán las directrices que permitan diseñar los modelos de evaluación del potencial energético marino Colombiano.

#### 4.0. OPORTUNIDAD DE LA BIOMASA FORESTAL.

##### 4.1. IDENTIFICACION.

Desde el punto de vista de producción biológica a nivel mundial los bosques naturales juegan un papel muy importante; riegan un tercio de la superficie terrestre y producen las dos terceras partes de la fotosíntesis mundial. De otra parte los procesos de degradación de la biomasa son dentro del bosque muchos más lentos; la causa de esta baja degradación radica en que el carbono se fija en forma de madera.

La reserva de biomasa más importante en el mundo está constituida por los bosques tropicales (15% de la superficie utilizable del globo o sea dos billones de



hectáreas). Estos bosques tropicales se distribuyen siguiendo un gradiente de precipitación, esto quiere decir que a mayor disponibilidad de agua mayor presencia de bosques y mayor productividad de los mismos.

En las zonas secas y simiescas, los recursos forestales son escasos, además han sido muy alterados por la agricultura, la pecuaria, el nomadismo pastoril y por la extracción de madera para la cocción de alimentos. El crecimiento urbanístico ha agravado la problemática de estas masas terrestres.

El empleo de energía calorífica: leña y carbón vegetal dentro de las actividades industriales, generalmente se considera como un retroceso dentro del proceso de desarrollo. Su utilización enmarca conceptos estereotipados que indican que el país o el grupo humano, que hace uso de esta energía, se encuentra muy alejado de los países desarrollados en donde el desarrollo se sustenta en el consumo de grandes cantidades de energía proveniente de derivados del petróleo.

Esta concepción es absurda, ya que el concepto moderno de uso de la energía define como objetivo fundamental la necesidad obligante de asignar a cada energético, con que cuenta un país o una comunidad, de acuerdo con sus posibilidades y expectativas, la mejor alternativa que permita establecer el uso racional y equilibrado de estos. Lo anterior permite definir un balance energético, entre el uso, actual y futuro, respecto a la disponibilidad de los diferentes energéticos con que cuenta, sean estos convencionales, no convencionales o exóticos. Este balance permitirá definir y establecer la matriz energética nacional, regional y local, en donde se le asigne a cada energético el verdadero papel que debe cumplir, en el tiempo y el espacio territorial, de acuerdo con las necesidades de ahorro, conservación y uso de cada energético.

La mayor o menor información, sobre cada energético, en lo que hace referencia a reservas, disponibilidad económica del mismo, posibilidades de uso, capacidad de oferta, etc., permitirán que se establezca un balance con características reales de la situación energética. Es sobre estos balances, sobre los que se enmarca el diseño de las políticas de desarrollo.

La falta de información y registros detallados sobre disponibilidad, consumos y capacidad de la energía de origen de la biomasa y más especialmente de la biomasa forestal, hacen que al elaborar la matriz energética, sea esta nacional, regional y local, se le apropien a esta energía valores que no están de acuerdo con la verdadera realidad. Es usual que en esta metodología se subvaloren las posibilidades, que la energía de la biomasa presenta para ser utilizada dentro de los procesos del desarrollo.

Las condiciones que presenta actualmente Colombia, por ser un país con buenos recursos energéticos convencionales: petróleo y gas, carbón mineral,

hidroeléctrico y biomasa, le dan la oportunidad para plantear y programar su desarrollo socioeconómico sin las alteraciones originadas en la falta de los recursos energéticos; alteraciones muy frecuentes en países con escasez de recursos energéticos.

Estas condiciones energéticas no solamente dan a Colombia la oportunidad de abastecer el consumo interno nacional, si no también entrar a exportar recursos energéticos fósiles: Petróleo y carbón mineral, a los mercados internacionales.

Esta situación que se viene presentando a partir de 1.987, obliga a realizar un análisis del balance, entre uso y disponibilidad, en los recursos energéticos constitutivos de la red interna del consumo. Este tipo de análisis permitirá establecer los excesos de flujos energéticos, la superposición en los usos y la identificación de posibles sustituciones, objetivando liberar el uso actual de energéticos con mejores alternativas dentro de los mercados externos, por energéticos con poca alternativa externa.

En tal situación la biomasa entra a jugar un papel muy importante dentro del contexto energético nacional. En el gráfico No. 1 se plantea un esquema de la biomasa vegetal la cual, con fines energéticos, presenta dos posibilidades: Los subproductos agrícolas y forestales y los cultivos energéticos.

Dentro de los subproyectos de la fitomasa se identifica una biomasa primaria: Residuos y desechos agrícolas y forestales que actualmente son poco utilizados, y una biomasa secundaria: ciertos residuos urbanos e industriales y la proteína de organismos unicelulares obtenidos sobre el cultivo de la biomasa primaria.

Los cultivos energéticos, cuya razón de ser es la sintetización de la energía solar en forma de tejidos con el fin especial de producción energética: Plantaciones de caña azúcar, cultivos de transición, plantas de petróleo (Hevea brasiliensis, Euphorbia resinifera, Porthenium argentatum, etc.), bosques bajos de corta duración, cultivos energéticos en medio acuático (jacinto de agua y algas microscópicas). Estos cultivos se constituyen en una gran alternativa económica y ambiental, inmediata y, a largo plazo, para descomprimir la utilización de energéticos fósiles.

La utilización de los subproductos de la fitomasa, aunque presenta una buena posibilidad como energéticos, tiene a su vez restricciones que limitan su utilización, las cuales son:

1. El aumento gradual en la recuperación de los subproductos, para ser utilizados dentro de los procesos de producción de calor, significa un aumento en la exportación de elementos que en condiciones normales configurarían la base de



aporte de fertilizantes naturales. Esto significa que a partir de un determinado nivel o umbral de extracción de productos de la biomasa será necesario aportar energía en forma de abonos químicos para compensar los volúmenes extraídos. Luego existe un límite biológico para determinar la recuperación de los subproductos de la fitomasa, por debajo del cual el equilibrio trófico del suelo queda comprometido.

2. La recuperación de tales residuos se convierte en un problema económico por la distribución geográfica regional que él mismo tiene.

Las condiciones y características de los suelos (generalmente livianos) y precipitaciones pesadas, en los países tropicales, influyen en la relación: Aporte abonos inorgánicos - productividad, creándose por tal condición una alternativa sobre los subproductos de la fitomasa como abonos orgánicos. La evaluación de la alternativa de utilizar los subproductos como energía calorífica o como energía de abono orgánico es indispensable realizarla antes de entrar a disponer de los mismos dentro de un balance energético.

Los cultivos energéticos en especial forestales, como ya se anotó, presentan una buena alternativa energética para ser utilizados en procesos industriales en donde se requiere grandes cantidades de energía calorífica.

Colombia, respecto a la producción de energía originada en cultivos energéticos forestales de ciclo corto, presenta inmejorables condiciones:

- Presencia de grandes áreas de vocación netamente forestal.
- Suelos forestales ubicados en las partes altas de las cuencas hidrográficas, en donde la intensidad solar y el número de horas de luz, así como precipitaciones superiores a 2.000 mm. favorecen una alta conversión de la energía solar en hidratos de carbono.

Estas condiciones se dan dentro de la cuenca Magdalena - Cauca (con una superficie aproximada de 273.000 km<sup>2</sup>) en donde, por acción de los procesos socioeconómicos, hoy en día presenta una superficie aproximada del 12% bajo cobertura de bosque natural; luego existen extensas áreas con creación forestal para la producción de bosques a ciclo corto, para la producción energética.

Los bosques húmedos tropicales, ubicados en la Amazonía y en el Pacífico, presentan en la actualidad una presión poblacional la cual, en procura de desarrollar procesos económicos, eliminan los bosques para establecer procesos agropecuarios.

La alta oferta hídrica dentro de estas regiones, donde se ubican los bosques húmedos, obliga a que se establezca un modelo productivo ICTIOLOGICO altamente relacionado con el bosque; esto significa que el proceso productivo económico se fundamenta en la producción piscícola utilizando el bosque como regulador del ciclo biogeoquímico y como aportador de energía para sustentar procesos económicos que garanticen el modelo ictiológico. Para sustentar este modelo se hace necesario que tenga energía suplementaria en forma de energía eléctrica para establecer procesos de refrigeración e industrialización.

Por lo tanto, el bosque húmedo, mediante el manejo silvicultura, permitirá que se produzca la energía eléctrica y calorífica para las poblaciones asentadas dentro de las zonas no interconectadas del país.

## 4.2. CAPACIDAD ENERGETICA DE LA BIOMASA FORESTAL.

Para definir la capacidad de producción energética forestal se identificarán tres paisajes de análisis: Paisaje de bosques naturales húmedos densos, paisaje de bosques naturales de sabana y paisaje intervenido de media y alta montaña.

Esta división de análisis se hace debido a que corresponde a la situación real de Colombia y en donde se generan mayores o menores procesos socioeconómicos.

### A.) PAISAJE DE BOSQUES HUMEDOS.

Se ubican alrededor de la zona ecuatorial o dentro de la zona tropical en donde hay una fuerte influencia de factores orográficos sobre las precipitaciones: Son el producto de condiciones climatológicas abundantes en donde existe una muy alta productividad fotosintética y por lo tanto una alta productividad primaria.

La condición especial de una alta diversidad florística, con excepciones muy localizadas en donde existe un homogeneidad florística, ocasionada por factores litológicos que permite una buena reserva mineralógica inerte que favorece la presencia de tal homogeneidad florística.

La diversidad florística, resultado de una estrecha relación biogeoquímica, entre el medio atmosférico y el medio biológico vegetal, con una reducida participación del medio inerte, hace que el valor económico de tales bosques sea mínimo, sin embargo la productividad en leñomasa de los mismos fluctúa entre 200 a 500 Tn. por hectárea.

Además de la producción de biomasa, estos bosques cumplen un papel muy importante dentro del sistema global mundial y dentro de sistemas regionales y locales.



La alta productividad biológica primaria de estos bosques húmedos es el resultado de la conjunción de una gran superficie foliar, la cual da origen a una alta actividad fotosintética, con una actividad biogeoquímica en donde interviene con un gran peso el intercambio de nutrientes del medio atmosférico y el medio biológico vegetal.

La gran evapotranspiración, que se origina en estas grandes masas forestales, hace que estos influyan sobre la humedad de la zona, calculándose que esta influencia equivale al 50% de los volúmenes de precipitación anual.

Además, el efecto de intercepción que estas masas de bosques ejercen sobre la precipitación es a su vez muy alto, definiéndose que esta puede variar entre el 18 al 32%, influencia esta que disminuye en estos mismos porcentajes los volúmenes de agua que llegan al suelo.

El coeficiente de rugosidad que presenta el estrato inferior de estos bosques es muy alto, generando un efecto retardador de la lámina de escorrentía superficial, lo cual permite que existan los tiempos suficientes para que se den procesos de infiltración de volúmenes de agua suficientes para tener, dentro de las cuencas, subcuencas y microcuencas, caudales de base muy significativos.

Este efecto retardador de la lámina de escorrentía da origen a una regulación hídrica en donde la desviación de los valores extremos (caudales máximos y mínimos) respecto a los valores centrales es mínima.

Estas condiciones climatológicas y en especial la abundancia hídrica disponible para procesos productivos biológicos primarios permite que por hectárea se tenga una producción entre 200 a 500 m<sup>3</sup>/ha de leñomasa. La madera de origen de bosques húmedos naturales, en su estado verde, presenta un peso de una tonelada por metro cúbico; esto permite definir que la oferta de leñomasa por hectárea es de 200 a 500 Tn/ha.

La madera con 15% de humedad presenta un poder calorífico de 3.300 Kcal/kg. lo que permite calcular que el poder calorífico contenido en una hectárea de bosques húmedos tropicales es de 66 a 165 TEP (Toneladas equivalentes de petróleo).

En la actualidad se conoce que para producir un Kwh se necesitan 240 g. de full-oil y como el poder calorífico fuel-oil es de 10.000 Kcal/kg., por lo tanto es necesario utilizar 2.400 Kcal. para producir un Kwh.

La madera con 15% de humedad presenta un poder calorífico de 3.300 Kcal/kg. lo cual significa que un kg. de madera podrá generar una energía de 1.4 Kwh/kg.

El análisis calorífico y energético específico permite concluir que la correspondencia energética de la madera respecto a la energía del fuel-oil es de 1/3 de la energía de este último.

En consecuencia y de acuerdo al análisis calorífico y de corresponsabilidad energética se tiene que una hectárea de bosques húmedos tropicales genera una energía de 275.000 Kwh. a 687.000 Kwh. que corresponden a una potencia energética de 31 a 78 Kw. por hectárea.

Corresponde a un manejo silvícola sostenido determinar los volúmenes de leñomasa que se puedan extraer de los bosques húmedos tropicales, para la generación de energía, objetivando de una parte abastecer las demandas energéticas locales y de otra, definir una nueva oportunidad de los bosques húmedos, diferentes a la oportunidad actual: La tumba total, para dar paso al establecimiento de una ganadería extensiva.

Esta oportunidad energética de los bosques húmedos se relaciona estrechamente con la mejor oportunidad que estos bosques presentan: Regulación del ciclo hídrico y del ciclo biogeoquímico, como fundamento para establecer, en los espacios con cobertura boscosa, el modelo de productividad ICTIOLOGICA.

Este modelo de productividad secundaria se fundamenta en la alta productividad primaria ictiológica y por consiguiente una productividad secundaria ictiológica como resultado de la regulación, por parte de los bosques, de los ciclos hídricos y biogeoquímicos.

En el análisis de la utilización de la leñomasa de los bosques húmedos tropicales, es indispensable tener en cuenta los conceptos de la regulación hídrica y del ciclo biogeoquímico, altamente influenciados por las masas forestales.

Es importante anotar que los bosques húmedos tropicales en Colombia se ubican en la Amazonía, en el Pacífico y parte en la zona Atlántica (Urabá y Sinú) que corresponden a un área del 43% del área total del país y en donde se generan aproximadamente el 60% del caudal del país y son los responsables de albergar la mayor reserva de biodiversidad del país.

Esta sólo presentación obliga que se de inicio a planteamientos sobre el uso racional de este gran recurso; planteamientos que deben objetivar la protección de los mismos sobre la base del diseño de su mejor uso para conservarlos como reserva de biodiversidad. Este raciocinio permite concluir que la reserva de la



biodiversidad se protege mediante el manejo y protección de los factores que permiten que ella exista: El ciclo hídrico y el ciclo biogeoquímico.

## B.) PAISAJE DE SABANA.

Dentro de este paisaje se tienen dos tipos de sabanas: Sabanas de origen climático y las sabanas antrópicas o edáficas.

Las sabanas climatológicas son aquellas en donde la limitante es la oferta hídrica siendo esta inferior a 1.200 mm. por año llegando a tener zonas muy localizadas en donde la precipitación no sobrepasa los 200 a 300 mm. de precipitación por año.

Las sabanas antrópicas o edáficas son aquellas instaladas en sustitución de bosques densos originadas en la agresión del hombre sobre los mismos o por la pobreza de los suelos. La precipitación dentro de estas áreas es superior a 2.000 mm. por año.

Dentro de estos dos tipos de sabanas hay una gran actividad de prácticas de incendio con el objeto de mejorar los pastos para la ganadería.

Este tipo de paisaje se ubica por debajo de los 200 m.s.n.m., configuradas litológicamente, en su gran mayoría, por suelos aluviales y suelos de terrazas aluviales. Las temperaturas superan los 28 a 30° C, existiendo una alta evapotranspiración, haciendo que en la gran mayoría de estos espacios exista un déficit hídrico. La productividad biológica primaria está limitada por la oferta hídrica y en muchas zonas por altos períodos de inundación.

Las sabanas climatológicas en Colombia se ubican en la zona litorama de la Vertiente Atlántica más específicamente sobre la margen derecha del Río Magdalena y en la cuenca baja del Río Ranchería en la Guajira. La península de la Guajira, su parte nororiental, pertenece al paisaje de sabana climática extrema que corresponde a una zona climática semiárida.

La vegetación dentro de este tipo de paisaje es espinosa con una presencia de vegetación de hoja ancha dentro aquellas regiones en donde el déficit hídrico no es superior a cuatro (4) meses por año.

El paisaje de sabana antrópica o edáfica se ubica por debajo de los 200 m.s.n.m presentando precipitaciones que fluctúa entre los 1.500 a los 2.500 mm. por año. Las temperaturas son de 27 a 30° C y la evapotranspiración puede ser igual y algunas veces superior a la precipitación.

Dentro de este paisaje se encuentran las zonas climáticas húmedas que corresponden a los valles aluviales del Río Magdalena y del Río César así como el valle aluvial del Río Sinú y la parte baja del Río Meta; dentro de esta última zona las precipitaciones están más cercanas a los 1.500 mm por año. También se encuentra el clima húmedo con precipitaciones superiores a los 2.000 mm. por año, sin embargo la limitante dentro de este paisaje son los suelos. Dentro de esta paisaje se encuentran las terrazas altas del Río Meta, el Río Guaviare y el Río Tomo.

En las sabanas climáticas se puede lograr alcanzar una producción de 3 a 10 m<sup>3</sup> por hectárea año, mientras que en las sabanas antrópicas esta producción puede llegar a alcanzar los 100 m<sup>3</sup>/ha/año.

En las sabanas climáticas una hectárea tiene una capacidad de producir de 0.99 a 3 TEP/año que corresponden a una energía potencial de 400 a 7.200 Kwh/año.

Las sabanas antrópicas son mucho más productoras, con excepción de las sabanas edáficas las cuales en producción se equiparan con las sabanas climatológicas.

Las sabanas antrópicas tienen una capacidad de producción energética que puede fluctuar entre 4 a 7 TEP por año que corresponde entre 900 a 1.700 Kwh/año.

En turnos de ocho (8) años se puede lograr producciones de 7 a 21 TEP/ha y de 28 a 49 TEP/ha que corresponden a una energía potencial de 9.000 a 28.000 Kwh para las sabanas climatológicas y de 20.000 a 67.000 Kwh para las sabanas antrópicas.

Este tipo de energía biológica, aunque por unidad de área es baja, no puede despreciarse si se tiene en cuenta que el área del país en este tipo de paisaje corresponde a un 37% del territorio Nacional.

### C.) PAISAJE INTERVENIDO DE MEDIA Y ALTA MONTAÑA.

Este paisaje se ubica en su gran mayoría dentro de la cuenca Magdalena Cauca dentro de las cotas 500 a 3.000 m.s.n.m., correspondiendo a un área aproximada de 170.000 Km<sup>2</sup>. que representan el 15% de la superficie del país, donde el 86% se ubica dentro de la cuenca del Río Magdalena y el 16% en Nariño, Putumayo, Meta y Caquetá.



Este paisaje corresponde al Piedemonte de la zona cálida (franja entre 500 a 1.000 m.s.n.m.), a la zona media o zona templada (franja entre 1.000 a 1.800 m.s.n.m) y a la zona alta más específicamente en la zona fría de ladera (franja de 1.800 a 3.000 m.s.n.m.).

Los factores climatológicos son muy variados estando en estrecha relación con la altitud, siendo la zona entre los 1.000 a los 2.500 m.s.n.m. la zona de mayor productividad biológica primaria.

Dentro de este paisaje, se ubicó aproximadamente el 70% de la población nacional, habiendo intervenido todo el paisaje para establecer procesos socioeconómicos: Agricultura de ladera, caficultura, ganadería, etc., así como establecer la gran mayoría de la infraestructura socioeconómica del país.

Este proceso de recuperación territorial dio como resultado una alteración total del régimen hídrico, haciendo que, aún estando caracterizado por un clima húmedo y semihúmedo, presente en la actualidad situaciones deficitarias de agua en los periodos secos. La manifestación más tangible de esta alteración del régimen hídrico o desregulación hídrica es la pérdida de la capacidad de almacenamiento hídrico subsuperficial; almacenamiento este responsable por la generación de los caudales de base.

La tecnología definida para el manejo y uso del agua, utilizada dentro de este paisaje, se sustente en el uso de los caudales mínimos; al perderse la regulación hídrica, la gran mayoría de estos sistemas de uso quedan secos durante los periodos secos.

Es aquí donde radica la tragedia de las poblaciones que se ubican dentro de este paisaje, por lo tanto no es ningún contrasentido decir que la desregulación hídrica es la DEUDA AMBIENTAL que las generaciones pasadas generaron a las generaciones actuales y futuras. Este es el verdadero PASIVO AMBIENTAL con que cuenta el país y el cual ha sido el resultado de 500 años de ocupación territorial.

Como resultado de esta ocupación fue la concentración poblacional dentro de la franja altitudinal comprendida entro de los 1000 a los 2500 m.s.n.m. de tal forma que el 66% de las cabeceras municipales se ubican dentro de este paisaje, estando todas las capitales departamentales, con excepción de las capitales del litoral Atlántico y las capitales del Meta y del Arauca, ubicadas dentro de este paisaje.

Tal recuperación territorial ejerció una presión, sobre los recursos naturales de tal forma que hoy en día la estabilidad de las poblaciones está amenazada por un

paulatino y creciente aumento de un déficit hídrico cuyo peso sobre la economía y la calidad de vida es abrumador.

Once millones de hectáreas es la superficie de este paisaje, en donde aproximadamente hay cerca de un 18% cubierto por café y el 82% está bajo ganadería, cultivos transitorios y algunos cultivos perennes.

Corresponde como propósito nacional plantear la regulación hídrica en un período de 50 años o sea un décimo del tiempo empleado en desequilibrarlo, de tal forma que se genere un proyecto de reforestación nacional con objetivos económicos y proteccionistas, más sustentado en un manejo HIDROFORESTAL de este paisaje.

Las condiciones climatológicas y de suelos, permiten que dentro de este paisaje se tengan producciones anuales de 20 a 30 m<sup>3</sup>/ha/año que corresponden entre 7 a 10 TEP/ha/año. En un turno de 8 años la energía potencial de este paisaje por ha será de 56 a 70 TEP, que en energía potencial corresponderá a valores que fluctuarán entre 233.000 a 290.000 Kwh. aproximadamente lo cual equivale a una producción potencial de 25 a 39 Kw/ha.

El análisis de estos tres tipos de paisaje permiten identificar que cada uno de ellos presenta un conjunto de oportunidades para el desarrollo del sector forestal, de tal forma que este sea un actor muy activo dentro de los procesos económicos regionales y locales.

El sector forestal pasa por ser un sector que actuará en el manejo de los ciclos fundamentales de la vida: Ciclo hidrológico y ciclo biogeoquímico, ya dentro del paisaje de los bosques húmedos y muy húmedos tropicales como dentro del paisaje intervenido de media y alta montaña.

La actuación sobre el paisaje de bosques húmedos se orientará en dirección de evitar, mediante las propuestas de uso integrado SUELO-AGUA-VEGETACION, que en corto tiempo estos paisajes presenten problemas de regulación.

En el paisaje intervenido, de media y alta montaña, el objetivo es la de lograr, a corto y largo plazo, entrar a estructurar una regulación hídrica natural que permita disminuir los períodos deficitarios de agua.

En el paisaje de sabana el sector forestal entrará a desarrollar un conjunto de ofertas y oportunidades económicas: Forestales y silvopastoriles, que permitan ampliar las oportunidades a las poblaciones radicadas en dichos sectores.



## 5.0. PARTICIPACION FORESTAL DENTRO DEL SECTOR ENERGETICO.

La energía de la biomasa es utilizada mediante el proceso de combustión que se realiza utilizando directamente los productos orgánicos a través de otros procesos que permiten obtener elementos constitutivos de los productos orgánicos iniciales para luego, mediante la combustión, producir energía: alcohol, aceite, gas, etc.

El contenido de carbono está en estrecha relación con el poder calorífico que un determinado elemento posee. En la gráfica No. 2, se presenta una relación de poder calorífico respecto al contenido de carbono. Se observa que los subproductos de la biomasa primaria y secundaria se encuentran localizados entre 1.000 y 4.000 Kcal. con un contenido de carbono entre 10 y 50%.

La madera y los carbonos originados de los cultivos energéticos tienen poderes caloríficos entre 4.000 y 7.800 Kcal. con contenidos de carbono que fluctúan entre 50 y 90%.

La información obtenida de la relación del poder calorífico y el contenido de carbono permite identificar que los productos forestales presentan oportunidades energéticas capaces de sustentar proyectos energéticos de gran peso dentro del Sistema Energético Nacional.

La madera es una mezcla de tres elementos básicos: celulosa que constituye un 40 a 50 % de la madera, la hemicelulosa que participa con un 15 a 25%, la lignina constituye el 25 al 35%, además, resinas y taninos.

El poder calorífico de la madera viene dado por los poderes caloríficos de la celulosa y hemicelulosa (4.170 Kcal/kg.) y la lignina (6.370 Kcal/kg.).

La conceptualización de almacenar energía solar a través de los bosques artificiales o el uso de bosques naturales, mediante métodos de manejo silviculturales, permite que el país le dé uso ordenado de algunos paisajes que en la actualidad presentan un desorden ambiental por usos inadecuados y a su vez el sector forestal entrará a ocupar un lugar destacado dentro de la producción energética Nacional, ya en la oferta de energía calorífica para la cocción de alimentos o ya en la oferta de energía eléctrica en las zonas no interconectadas.

Lo anterior no significa que la energía VERDE o la energía de la LEÑOMASA FORESTAL entrará a competir con las otras energías convencionales o hidroenergía o térmica de productos fósiles, por el contrario, se constituye en una oportunidad energética complementaria a nivel regional o local que permite disminuir los costos de transporte de energéticos fósiles líquido o sólidos o

mejorando las condiciones del régimen hídrico para aumentar la oferta de energía hidráulica de base dentro de proyectos hidroenergéticos.

Como se vio anteriormente en el numeral 4.0., Colombia es un país con inmensas posibilidades de producción de ENERGIA VERDE de origen de la leñomasa forestal; por esta razón, este documento se orienta a identificar y plantear algunas posibilidades existentes en el país para lograr una sustitución de energía fósil y ofertar energía eléctrica a través del uso de los bosques como acumuladores de energía solar.

La oportunidad de la energía VERDE de origen de la leñomasa forestal es muy amplia pudiéndose utilizar directamente mediante procesos de combustión directa o utilizando métodos técnicos que permitan valorizar esta energía como son: la pirólisis o gasificación, la producción de metanol, la fermentación metánica y la producción de etanol. Estas son oportunidades técnicas de la leñomasa que permitirán, en su momento preciso, entrar a industrializar el sector forestal y a generar oportunidades técnico-económicas a las regiones cuya riqueza la constituye la sintetización de la energía solar a través de los bosques, al contar con condiciones climatológicas y con suelos aptos para la producción de la energía VERDE.

La actividad de producción forestal en el país no ha pasado de esfuerzos tímidos de pequeños grupos cuyos resultados no sobrepasan a sus propios esfuerzos.

Pueden existir múltiples causas que han redundado en la no estabilización de la actividad forestal, pero existen dos causas que han influido en que la actividad forestal no tenga una repercusión de peso dentro del producto interno bruto nacional. Estas causas son: Períodos de retorno de capital muy largos que no permiten la existencia de la rentabilidad dentro del proceso económico, y falta de evaluaciones que armonicen las necesidades nacionales, con las potencialidades del sub-sector forestal en la economía del país.

Estas dos causas se interrelacionan entre sí dificultando el planteamiento de programas con un amplio panorama para el subsector. Los largos períodos de producción, mayores de 10 años, reducen las posibilidades a inversionistas acostumbrados a retornos cortos: Agricultura, industria, comercio, etc.

La accesibilidad a las importaciones de productos y materias primas forestales y los altos costos internos de tales materias, han redundado en la creación de un mal ambiente a las actividades forestales productivas.

Por lo tanto, un paso inicial, para activar el subsector forestal será el de dar solución a las causas enumeradas inicialmente, es decir, proponer actividades productivas forestales cuyos tiempos de producción estén dentro de los períodos



utilizados por otras actividades productivas agrícolas como café, cacao y ganadería.

Los tiempos de producción de estas actividades fluctúan entre cuatro (4) a cinco (5) años, que en el caso del café presenta períodos de producción entre seis a ocho años para entrar nuevamente a un período de establecimiento o mejoramiento (soqueo) que permite iniciar el proceso productivo.

Los tiempos de producción con duración de seis a ocho años permiten que en el sector forestal se generen períodos de retorno aceptables, tanto para la mentalidad de los productores como para el uso del capital.

Para poder proponer períodos cortos de producción forestal se hace necesario identificar el objetivo final de la producción; esto norteará todas las actividades del sub-sector.

A manera de ejemplo se puede identificar algunos períodos productivos que enmarcan las actividades productivas:

- a. Para el proceso de producción de maderas aserradas los períodos sobrepasan los 10 y 15 años.
- b. Para el proceso de producción de materia prima para la industria papelera los períodos sobrepasan los 8 años.
- c. Para el proceso de producción de material para postes de energía eléctrica los períodos sobrepasan los 12 años.
- d. Para el proceso de producción del material energético los períodos están comprendidos entre los 4, 5 y 8 años.

Debe entenderse que los períodos arriba indicados están directamente relacionados con la existencia de buenas condiciones físicas y climatológicas que garanticen la producción dentro de los períodos definidos.

Esquemática así la posibilidad de lograr, en períodos cortos, producciones forestales, se hace necesario identificar los sectores económicos a donde se establecerá la producción forestal.

Para lograr colocar la energía de origen de la biomasa forestal es imprescindible ubicar sectores económicos, que dentro de sus procesos productivos, empleen y demanden grandes cantidades de energía calorífica.

Se observa que la producción de leñomasa para la generación de energía: Calorífica y eléctrica se constituye en la columna vertebral del sub-sector forestal, permitiendo movilizar recursos de capital suficientes con el objeto de crear una actividad que permita que el sub-sector forestal entre en el sector más dinámico y responsable por el soporte de la economía nacional: El sector energético.

## 6.0. LA ENERGIA DE LA BIOMASA DENTRO DEL SISTEMA NACIONAL ENERGETICO.

### 6.1. CONSUMO DE ENERGIA COLORIFICA DE ORIGEN DE LA BIOMASA EN LA COCCION DE ALIMENTOS.

Según información del Departamento Nacional de Estadística (DANE) el 29% de la población Colombiana consume leña para la cocción de los alimentos. Según información y cálculos de consumo de leña realizados por José Eddy Torres (1.995) se tiene que durante el período 1.985 a 1.997 el consumo de leña pasó de 9.399.805 Ton. durante el año 1.985 a 11.372.760 Tn. en el año de 1.997 presentándose un incremento en el consumo de 1.972.955 Tn. en doce (12) años que representa un crecimiento del 17.3% respecto del consumo de 1.985 que da un crecimiento del 1.4% anual. Para el año 2.000 se calcula que en Colombia se consumirán 11.876.018 Tn. de leña para la cocción de alimentos (Ver Cuadro No. 1).

Los consumos anuales de leña se ajustan a una correlación lineal con un coeficiente de correlación de 0.99 y cuya línea de regresión es:

$$Y=(9'22 \times 10^6) + 0.1648X$$

Y= Consumo de leña proyectado ;  
X= Consumo de leña en un año conocido

Esta línea de regresión permite calcular los consumos de leña para años más allá del año 2.000 si prevalecen los índices de consumo y los hábitos de consumo que caracterizaban el momento de la evaluación.

Este consumo, desde el punto de vista departamental es muy diferenciado dependiendo del porcentaje de la población que consume este energético para la cocción de alimentos. Según información del DANE los departamentos donde existe el menor porcentaje de población consumidora de leña son: Valle con el 12.5%, Atlántico con el 10.5%, mientras los departamentos que presentan mayor



población consumidora de leña son: El Cauca con el 62%, Nariño con el 63% y Chocó con el 72%.

Los departamentos de Antioquia, Caldas, Guajira, Meta y Risaralda presentan poblaciones consumidoras de leña en porcentajes que fluctúan entre el 20 y el 30%, mientras que César, Santander y Santander del Norte este porcentaje es del 30 al 40% y en Bolivar, Caquetá, Cundinamarca, Huila, Magdalena y Tolima este porcentaje fluctúa entre el 40 y 50%. Los departamentos de Boyacá, Córdoba y Sucre el porcentaje de población que consume leña para la cocción de alimentos fluctúa entre el 60 y 70%.

Como el consumo de leña está en relación con la cantidad de población se observa que en el departamento de Antioquia el consumo de leña total dentro de este departamento presenta un peso equivalente al 10.3% del peso total Nacional mientras que los departamentos de Guajira, Meta, Quindio y Risaralda presentan los menores pesos de participación dentro del consumo total Nacional.

Los departamentos de Boyacá, Cauca, Córdoba, Cundinamarca y Nariño se constituyen en los departamentos con un peso significativo dentro del consumo fluctuando entre un 6 y un 8% del consumo total. Los departamentos de Bolivar, Magdalena, Santander del Norte y del Sur, Tolima y Valle presentan un consumo medio lo cual significa que este está entre el 4 y 6%. Los demás departamentos presentan, desde el punto de vista del consumo, un consumo regular cuyo peso específico fluctúa entre el 2 al 4%.

Esta información es importante siendo fundamental para el diseño del programa municipal de bosques dendroenergéticos, orientando a su vez a nivel departamental, cuales son las regiones de mayor atención respecto del establecimiento de estas masas forestales.

El conocimiento de consumo de leña departamental, aunque permite orientar las líneas bases dentro un programa dendroenergético, la definición de las prioridades de ejecución departamental de un programa dendroenergético la da el conocimiento del consumo municipal.

Es este conocimiento el que permite estructurar las prioridades; prioridades que están relacionadas con el conocimiento de la participación de la población en el consumo de leña y con la posibilidad de oferta local de este energético.

Para esquematizar la importancia del anterior planteamiento se pueden analizar algunos casos dentro del departamento del Tolima el cual tiene una participación nacional dentro del consumo de leña del 41.5%; siendo este porcentaje muy alto dentro del consumo nacional, sin embargo hay municipios como Villa Hermosa

cuyo consumo de leña supera el 70%, Santa Isabel con el 68% y Casavianca con el 75%.

Si se compara esta demanda con la oferta de energía se observa que existe un desbalance entre la oferta y la demanda situación altamente degradadora tanto para el medio natural como para la calidad de vida de las poblaciones de los municipios anteriormente mencionados. Por lo tanto dentro del departamento del Tolima estos municipios están en primera prioridad dentro del diseño del plan dendroenergético para este departamento.

El conocimiento del consumo es un indicativo importante, sin embargo es necesario encontrar otros índices que permitan definir el peso real del consumo y utilización de la leña.

El conocimiento del consumo de leña a valores de peso o de volumen no presentan ningún elemento de comparación energético por lo tanto estos consumos deben expresarse en equivalentes energéticos como es el caso del petróleo.

En los cuadros 5 y 6 se presentan a valores energía los consumos tanto departamental como nacional durante el período comprendido entre 1.985 al año 2.000. Los valores del cuadro 5 son consumos de leña en equivalentes TEP (Toneladas de Petróleo) y en el cuadro No. 6 se presenta los valores energéticos de estos consumos. Se observa que para el año 1.985 el consumo de leña presenta un equivalente a 3.101.936 TEP con un valor energético 12.904 GWH y para el año 2.000 se espera que el consumo de leña tenga un valor equivalente de 3.919.085 TEP con un valor energético de 16.303 GWH.

En el cuadro No. 7 se presenta la evaluación de la equivalencia de la energía potencial del consumo de leña dentro del mismo período por departamentos y por años. Se observa que la energía calorífica consumida durante el año de a1.985 equivale a la energía generada por una central de 1.473 Kw. operando el ciento por ciento del tiempo, mientras que para el año 2.000 esta energía de consumo es equivalente a la generada por una central de 1.861 Kw operando el ciento por ciento.

Estos valores de consumo doméstico, tanto en TEP como en energía y potencia, reflejan el verdadero valor y participación de la biomasa forestal en el sistema energético nacional, identificándose a su vez la magnitud de la degradación de los bosques nacionales.

En el cuadro No. 8 se presenta una evaluación del tamaño de la reforestación necesaria para abastecer de energía calorífica a esta demanda departamental. La evaluación se realiza sobre necesidades de reforestación anual, lo cual



significa que en un turno de 7 años, la reforestación anual equivale a las necesidades del año más el incremento debido al crecimiento vegetativo de la misma población.

Para el año 1.997 se necesitarán aproximadamente 81.011 Ha. de bosque artificial para satisfacer las demandas nacionales en energía calorífica de la población en este año.

Para el año de 1.998 la demanda sería satisfecha mediante la energía producida por un bosque de 82.188 Ha y para el año 2.000 esta demanda será satisfecha con la energía de una plantación forestal de 84.596 Ha.

Esto significa que para satisfacer la demanda de energía calorífica, con energía de bosques energéticos, a partir de 1.997, el Estado debería haber establecido un programa de reforestación de 600.000 Ha. las cuales cubrirían la demanda anual hasta el año 2.001 con usos de 82.000 a 84.000 Ha. por año. A partir del año 2.001 se debe incrementar esta reforestación en una proporción igual al incremento del consumo, de tal forma que siempre la demanda esté satisfecha por la oferta.

## 6.2. CAPACIDAD DE OFERTA DE ENERGIA ELECTRICA DE LA BIOMASA FORESTAL.

La tipología del poblamiento nacional, en especial sobre la vertiente del Atlántico, permitió que regionalmente se desarrollaran nodos o centro de generación eléctrica como fueron: Centro o nodo de Santafé de Bogotá, Centro o nodo de Medellín, Centro o nodo de Cali, Centro o nodo de Manizales y centro o nodo Barranquilla o la Costa.

Fuera de estos grandes nodos existieron otros centros mucho más pequeños como fueron: Centro o nodo de Bucaramanga, Centro o nodo de Ibagué, Centro o nodo del Huila y Centro o nodo de Pasto, etc., los cuales eran más o menos eficientes para satisfacer las demandas locales.

En conjunto todos estos nodos se desarrollaron y operaron independientemente hasta la década del 70 cuando se estableció el Sistema Interconectado Nacional que unió todos los centros o nodos de generación a nivel de la región que para esa época generaba tal energía.

La red del Sistema Interconectado tiene una longitud de 14.470 Km. de los cuales el 48.6% corresponden a circuitos de 220 Kv. que corresponde a 7.036 Km., el 47.7% a circuitos de 115 Kv. o sea una longitud de 6.912 Km. y el 6.4% al

circuitos de 500 Kv. que corresponde a 522 Km. Esta red une, mediante líneas de transmisión de doble circuito, los sistemas eléctricos de Bogotá, Medellín, Manizales y el Sistema de la Costa.

Este tipo de interconexión que integra los grandes centros de generación energética del país, creó una diferenciación de oferta energética a nivel del mismo de tal forma que existe una región interconectada y una gran región no interconectada. La primera región es atendida por las diferentes empresas energéticas que configuran el Sistema Interconectado Nacional, mientras que la segunda región es atendida directamente por el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL), a través de la ejecución de proyectos de generación eléctrica de carácter puntual.

### 6.2.1. OPORTUNIDAD DE LA BIOMASA FORESTAL EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS.

Las regiones del Pacífico, Amazonía y la Orinoquía, se constituyen en las regiones no interconectadas del Sistema Energético Nacional, las cuales son atendidas con plantas energéticas de carácter local por el ICEL.

Desde el punto de vista de recursos energéticos estas regiones no presentan la abundancia de energéticos totales globales que presenta la vertiente del Atlántico o zona interconectada. Son regiones con abundancia hídrica pero con una baja energía hidroenergética en las zonas de los valles aluviales, más con buenas posibilidades hidroenergéticas en las zonas altas.

Los energéticos fósiles sólidos son escasos, mientras que los energéticos fósiles líquidos son abundantes y se presentan básicamente en el Piedemonte de las regiones Amazonas y Orinoquía.

La gran dispersión de la población asentada en estas regiones hace que los sistemas tradicionales de generación y transporte de energía eléctrica sea inviable ya por costos como por pérdida de transmisión.

Por consiguiente, la mayor oportunidad de generación energética en estas regiones se presenta en el uso de la biomasa de los bosques húmedos y muy húmedos tropicales, lo cual da la oportunidad de establecer generaciones puntuales en cada uno de los centros de demanda, disminuyéndose por tal razón los costos de transporte y los costos ocasionados por las pérdidas del propio transporte.

Para analizar la oportunidad de la leñomasa forestal como generadora de energía dentro de las regiones no interconectadas, se analizarán los proyectos energéticos



que en la actualidad tiene el ICEL para satisfacer las demandas de algunos sitios dentro de las zonas no interconectadas. En el cuadro No. 9 se presentan los proyectos que en la actualidad el ICEL plantea estudiar y evaluar para satisfacer dichas demandas.

La población a satisfacer es de 58.756 personas, pretendiéndose para satisfacer dicha demanda, instalar 47.776 Kw. con 26 proyectos de los cuales el 30% se encuentran en diseño, el 62% en reconocimiento y el 12% en prefactibilidad y factibilidad. (Cuadro No. 10).

El 54% de la capacidad eléctrica a instalar se pretende establecer a través de 19 proyectos en el departamento del Chocó, el 0.4% en el departamento del Vaupés, el 1.3% en el departamento del Meta, el 0.2% en el departamento del Amazonas, el 0.8% en el departamento del Caquetá y el 43% en el departamento del Cauca.

La población a satisfacer en el departamento del Chocó es 33.531 persona que representa aproximadamente el 11% de la población de este departamento, mientras que en el departamento del Cauca se pretende satisfacer a 19.000 personas que representan el 1.8% de la población departamental.

En los departamentos del Cauca, el Amazonas y el Meta se pretende satisfacer con los proyectos energéticos al 0.2%, al 0.1% y 0.6% de la población respectiva de estos departamentos.

El costo de instalación de estos 26 proyectos es de 135.868 millones de pesos con un costo de estudio 33.300 millones de pesos y el costo de las redes de transmisión 31.333 millones de pesos, lo cual significa que el presupuesto de instalación de estos 47.776 Kw. es de 200.501 millones de pesos.

Teniendo en cuenta que un bosque natural húmedo produce aproximadamente 150 Tn. de madera que equivale a una producción de energía potencial de 206.250 Kw/h que corresponde a una potencia de 23Kw/ha., se tiene que las demandas energéticas o las poblaciones pueden ser abastecidas por el bosque mediante el uso de plantas térmicas a base de leña.

En el cuadro No. 11 se presenta la cantidad de hectáreas necesarias de bosque natural para satisfacer las demandas de las localidades identificadas por el ICEL; además se evalúa las necesidades de bosque artificial para satisfacer la misma demanda.

El manejo silvicultural de estas dos opciones, o sea el uso del bosque natural o el abastecimiento a través de un bosque artificial se define o plantea de la siguiente forma:

- Uso del bosque natural con un manejo de la regeneración con un período de 25 años, tiempo necesario para lograr bosques, a través de regeneración, con capacidades energéticas.
- Establecimiento de masas forestales con un turno de 8 años que generen la energía necesaria para abastecer las demandas.

Bajo este marco de manejo se calcula la superficie total del bosque a ser manejada para tener un abastecimiento continuo de energéticos de la leñomasa que permita satisfacer las demandas energéticas de las poblaciones.

Cuando los costos unitarios de establecimiento de un Kw. en estas regiones supera los 1.500 dólares, permite que se tenga en cuenta la biomasa forestal como fuente de energía para satisfacer las necesidades energéticas dentro las zonas no interconectadas.

Una de las opciones que se plantean para lograr que los bosques húmedos no sean sustituidos por actividades agropecuarias, es la de generar procesos productivos adaptados a las condiciones regionales, como es el caso de la producción ictiológica aprovechando la gran riqueza hídrica que presentan las regiones no interconectadas y la gran participación de la vegetación boscosa dentro del ciclo biogeoquímico que da origen a grandes producciones primarias acuáticas.

Por lo tanto, para sustentar un modelo económico bosque - agua - ictiología es necesario que se entre a proteger y manejar los bosques generadores no sólo del soporte del modelo sino de una energía eléctrica suplementaria de este mismo modelo.

Es bajo esta óptica como se debe valorizar el bosque de las regiones húmedas del país, la cual se orienta a utilizar los bosques como generadores de energía eléctrica, como generadores del sistema productivo, como reguladores del ciclo biológico y del ciclo biogeoquímico; ciclos estos fundamento esencial de la gran riqueza en biodiversidad de estas regiones.



## 6.2.2. OPORTUNIDAD DE LA BIOMASA FORESTAL EN LAS ZONAS INTERCONECTADAS.

Se conoce como zona interconectada a aquellas regiones que se encuentran abastecidas energéticamente por el Sistema Interconectado Nacional. Estas regiones comprenden la vertiente hídrica del Atlántico, parte de la vertiente Sur del Pacífico y el Piedemonte de vertiente hídrica del Orinoco.

La cuenca Magdalena Cauca corresponde al 24% del área del país, genera el 85% del PIB Nacional y alberga aproximadamente el 70% de la población Nacional. Los flujos de la ocupación territorial, establecieron dentro de la cuenca sus procesos económicos generando un cambio del uso del suelo en el 88% de la superficie de la cuenca Magdalena Cauca. Este cambio dio como resultado una desregulación del régimen hídrico cuyo efecto fue la alteración de la oferta hídrica en los períodos secos y un aumento en los procesos morfodinámicos.

Esta cuenca hidrográfica es la responsable por la generación del 70% de la energía hidráulica del Sistema Interconectado Nacional, cuyos desarrollos hidroenergéticos se ubican por encima de los 1.000 m.n.s.m con algunas escasas excepciones como es el caso de Betania.

El 66% de la población se estableció sobre la franja altitudinal de 1.000 a 3.000 sobre el nivel del mar, lo cual significa que los espacios de esta franja presentan una fuerte influencia sobre la regulación hídrica que para los desarrollo hidroeléctricos esta influencia presenta las siguientes connotaciones: Disminución de los caudales de base responsable de la energía de base o de la energía firme y aumento en la generación de sedimentos que disminuye la vida útil de las obras hidráulicas reguladoras del régimen hídrico.

En consecuencia el mejoramiento de la regulación hídrica y la disminución de los procesos morfológicos redundará, a mediano y largo plazo en beneficio del sistema interconectado; beneficios que se traducen en el aumento de la vida útil de los embalses y en el aumento de la energía firme del sistema.

El mejoramiento de la regulación hídrica se logra a corto plazo con el establecimiento de obras hidráulicas de regulación o el cambio de la cobertura vegetal actual por una cobertura que influya sobre los componentes del ciclo hidrológico especialmente sobre: Intercepción, infiltración, escorrentía y evaporación.

La cobertura vegetal que mayor influencia presenta sobre estos factores del ciclo hídrico es la cobertura de los bosques, los cuales son sometidos a un manejo hidroforestal dentro de las cuencas hidrográficas permiten una regulación hídrica y una disminución de los procesos de moldeamiento de las laderas.

De acuerdo con lo anterior y en vista de la gran problemática hídrica de la cuenca Magdalena Cauca se propone la necesidad de reforestar áreas hídricamente significativas dentro de la franja altitudinal entre 1.000 a los 3.500 m.s.n.m.

Para tener un efecto sobre la desregulación hídrica, se hace necesario dar inicio a un programa de reforestación de peso respecto al área por reforestar dentro de la cuenca Magdalena - Cauca. La propuesta es la reforestar en 9 años en un área 2.250.000 de hectáreas (22.500 Km<sup>2</sup>.) que equivale al 15% de la zona media y media alta (Zona ubicada entre los 1.000 y 3.500 m.s.n.m.).

Anualmente se reforestan 200.000 Has., esto significa ampliar casi en veinte veces el esfuerzo de reforestación actual del país. Estas reforestaciones se establecerán dentro de las cuencas hidrográficas abastecedoras del Sistema Interconectado Nacional la cual presenta un área de 37.300 Km<sup>2</sup>. que significa un control hídrico de aproximadamente el 14% de la cuenca total del Río Grande de la Magdalena.

El país genera por transferencias energéticas aproximadamente 50 millones de dólares por año y las regalías, para el año de 1.996 eran aproximadamente 170 millones de dólares. Por ley al manejo de cuencas le corresponde el 17%, lo cual significa que por transferencias de las regalías las cuencas hidrográficas reciben aproximadamente 28 millones de dólares.

En su conjunto anualmente el país cuenta con más de 170 millones de dólares para invertir en las cuencas hidrográficas.

Como el 70% de la producción de la energía hidráulica se realiza o efectúa en la cuenca Magdalena Cauca, más específicamente en el 14% de su superficie, es indispensable que dentro de estas áreas generadoras de energía eléctrica se establezca el criterio de la complementariedad del uso del recurso agua, es decir, el uso del recurso agua en la producción de energía tanto a nivel local, regional o nacional que propiciarán los recursos para recuperar la regulación hídrica, alterada por los procesos socio - económicos anteriores, y la disminución de los procesos morfológicos dentro de las mismas áreas.

Por lo tanto se plantea que anualmente, por transferencias energéticas se utilicen 30 millones de dólares al año y por regalías se utilicen 15 millones de dólares anuales, para contar con un monto anual de 45 millones de dólares para invertir en reforestaciones dentro de las áreas generadoras de energía hidroeléctrica para invertir en el programa de reforestación.

De esta forma el Estado entrará a pagar la deuda ambiental que, por situaciones generadas en la aplicación de modelos económicos equivocados dentro del



proceso de desarrollo de los últimos 500 años, este es responsable y por lo tanto tiene la obligación, con las generaciones presentes y futuras, de restituir los daños que sobre la regulación hídrica presentan las cuencas generadoras de hidroenergía para el Sistema-Interconectado.

La meta de restablecer la regulación hídrica, dentro de las áreas de las cuencas abastecedoras de los proyectos hidroenergéticos de la cuenca Magdalena - Cauca, debe constituirse en un propósito nacional del estado y no de programas de pequeños grupos de inversionistas los cuales, mediante el uso de algunas ventajas dadas por el estado sean estas tributarias o económicas, realicen algunas reforestaciones que no llegarían a cumplir con las metas previstas.

Lo anterior significa que para alcanzar las metas propuestas de la regulación hídrica a través del establecimiento de grandes programas de reforestación el estado deberá operar como una empresa en donde los recursos económicos provendrán de las transferencias energéticas y de las regalías y el suelo donde se realizarán las reforestaciones serán aportados por los particulares.

Los recursos económicos que en la actualidad están orientados a apoyar los municipios y las Corporaciones, dentro del esquema propuesto permitirán que estos entes territoriales y locales serán socios de las empresas que se cree para tal fin.

A nivel central se diseñará el plan de manejo hidroforestal de las cuencas hidrográficas abastecedoras de proyectos hidroenergéticos. este plan contendrá la definición del tamaño del mismo y la definición de la participación regional de las metas anuales e interanuales del proyecto.

A su vez a este nivel se diseñarán los instrumentos necesarios para la ejecución del programa, evaluando de otra parte, los diferentes sistemas operativos que permitan utilizar los recursos económicos con mayor agilidad en beneficio de la ejecución de los programas regionales.

A nivel regional se diseñarán los proyectos de reforestación, componentes de los diferentes subprogramas regionales de reforestación. La Corporación Regional de Desarrollo será el ente que actuará como planificador a nivel regional, y responsable del diseño del subprograma hidroforestal a nivel regional.

Este subprograma deberá ser el desarrollo técnico del programa forestal y será concertado con los diferentes municipios integrantes de la cuenca a lograr la regulación hídrica.

El diseño de los proyectos ejecutivos estará a cargo de los municipios bajo la dirección y apoyo técnico de las Corporaciones. La ejecución de estos proyectos

se hará a través de empresas locales, que para tal fin se creen o constituyan a nivel de los municipios. -- Los integrantes de estas empresas serán: La Corporación respectiva, el Municipio o Municipios en cuya jurisdicción se realizará el proyecto y los propietarios de los suelos donde se pretenda establecer las plantaciones forestales.

El establecimiento de las masas forestales estará a cargo directamente de esta empresa municipal o a través de subcontratos con entidades ejecutoras.

Aunque el objetivo del programa hidroforestal es el de lograr la regulación hídrica a mediano y largo plazo, este programa presenta unas externalidades muy tangibles como son los beneficios originados en las actividades económicas al hacer uso de los productos forestales.

Es por esta razón para la que en el diseño del subprograma se debe determinar con precisión cuales serán los usos finales de los productos forestales así como determinar los turnos de manejo de las nuevas masas forestales.

Los beneficios como producto de las actividades económicas del uso de las masas forestales serán repartidos entre los miembros constituyentes de las empresas municipales creadas para tal fin del tal forma que la Corporación y los municipios recibirán los respectivos beneficios por el uso del capital mientras que los propietarios de los suelos recibirán beneficios por el alquiler de tales suelos.

El reintegro de beneficios originados en las actividades forestales de regulación hídrica se constituye en una forma de generar beneficios por parte de los municipios al hacer uso del reintegro de beneficios por las regalías y por las transferencias energéticas.

Esta nueva generación de beneficios para los municipios permitirá a los mismos entrar a ser autosuficientes en la generación de sus propios recursos económicos, disminuyéndose en parte la dependencias que sobre estos tienen del poder central en la actualidad.

Las empresas locales que se constituyan tendrán como finalidad la ejecución de los proyectos forestales y para la cual se constituirán en administradoras de los recursos económicos tanto de las Corporaciones como de los municipios y de los recursos suelos a donde los proyectos forestales se van a implantar.

Los propietarios de los suelos dentro de una región tendrán dos modalidades de participación: Una integrándose como socios de la empresa y otra entregando los suelos para la administración de la respectiva empresa.



Estos costos de producción dan una gran alternativa al uso del bosque en la generación de energía eléctrica, lo cual viabiliza, a través de las externalidades, el programa hidroforestal de las cuencas hidrográficas abastecedoras de los proyectos hidroenergéticos.

Este análisis de identificación de la oportunidad de los bosques permite definir que la energía de la biomasa forestal se constituye en una gran opción para el sistema energético nacional, cuyo establecimiento permite mejorar la producción de los proyectos hidroenergéticos actuales, mediante el aumento de la energía firme y el aumento de la vida útil de los embalses.

Estas externalidades de los proyectos energéticos hidráulicos logrados con el manejo hidroforestal de las cuencas hidrográficas, son beneficios que se deben adicionar a los proyectos térmicos de leñomasa, lo cual significa que se mejorará aún más la opción de los proyectos energéticos sustentados en el uso de la leñomasa.

## 7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La energía solar incidente por unidad de área sobre la capa terrestre es alta alcanzando a los 2000 Kwh/m<sup>2</sup>. De esta energía incidente solo el 1% es sintetizada en hidratos de carbono por las plantas verdes, lo cual significa una baja capacidad de síntesis por parte de las plantas verdes. Sin embargo, en regiones tropicales en donde los niveles de radiación solar son altos y existe una disponibilidad de agua en cantidades suficientes, se puede lograr sintetizar del 2 al 3% de la energía solar incidente, cultivando plantas que presentan determinadas condiciones genéticas y las cuales son conocidas como plantas C<sub>4</sub>.

Esta alternativa de sintetizar la energía mediante el uso de plantas vegetales, con una alta capacidad de síntesis de la energía solar incidente, permite lograr almacenar sobre la superficie terrestre una gran cantidad de energía en forma de biomasa. Esta energía de la biomasa se constituye en una opción complementaria de las otras fuentes energéticas tradicionales del país: energía hidroeléctrica y energía térmica de fuentes fósiles, las cuales por diferentes razones, sean estas de carácter técnico o económico, se constituyen en limitantes para satisfacer la oferta energética en algunas regiones.

Por consiguiente, se debe entender que una propuesta de uso de la energía de la biomasa no constituye una propuesta de remplazo o de cambio de las energías identificadas como tradicionales por el Sistema Energético Nacional, por el contrario, constituye una propuesta energética complementaria para un país como Colombia, que además de tener otros recursos energéticos, puede generar

grandes cantidades de energía mediante la síntesis de la energía solar utilizando las inmejorables condiciones fisico-bióticas que el país posee.

Esta energía puede ser utilizada tanto en regiones en donde los costos de abastecimiento de energía de origen convencional son altos o en procesos tecnológicos industriales que demandan grandes cantidades de energía calorífica y cuyo acceso se hace necesario utiliza grandes cantidades de energía de transporte, lo cual, la oferta energética final resulta muy costosa.

Colombia presenta grandes zonas dentro de las cuales se pueden desarrollar programas dendroenergéticos, ya sea utilizando los bosques naturales bajo un manejo silvícola sostenido o creando las masas boscosas. Estos programas son complementarios a los programas energéticos del Sistema Energético Nacional.

Los diferentes paisajes que configuran la estructura fisico-biótica del país, permiten el establecimiento de programas de manejo de la cobertura boscosa con objetivos ya sea dendroenergéticos o de conservación y protección de los sistemas hidroenergéticos

Los programas dendroenergéticos se establecerán dentro de las regiones no interconectadas, en donde la satisfacción a la demanda energética, con fuentes convencionales tradicionales, es muy costosa; como es el caso de las regiones no interconectadas: Región del Pacífico, Región de la Amazonía, etc. También se establecerán los bosques dendroenergéticos en los municipios con grandes necesidades de energía calorífica para la cocción de alimentos y con insuficiente capacidad de oferta natural de biomasa.

En las regiones ocupadas, dentro de las cuales se ha establecido el 70% de la producción hidroenergética del país, el cambio de uso del suelo ocasionado por la acción de los procesos de la ocupación territorial, generó una desregulación hídrica con consecuencias desastrosas para los sistemas de generación hidroenergética: disminución intertemporal de la energía firme y pérdida de la vida útil de los embalses de regulación. El Sistema Energético Nacional, tratando de conservar tales sistemas productivos hidroenergéticos, estableció los mecanismos financieros que permitieran generar los recursos económicos necesarios para manejar las áreas de abastecimiento hídrico a tales proyectos.

Además se ha previsto que de las regalías, como producto de la explotación de los recursos fósiles, parte de estas se inviertan en el manejo y conservación de las cuencas hidrográficas.

Para dar solución a la problemática de la desregulación hídrica, es indispensable disminuir el efecto del factor activo del sistema natural: las precipitaciones, las cuales al alterarse la relación SUELO-AGUA-PLANTA, por efecto de la



Como se planteó los recursos anuales para la ejecución del programa hidroforestal provenientes de las transferencias y las regalías anuales podrían tener un monto de 45 millones de dólares, recursos necesarios para la reforestación de 90.000 Has. por año, sin embargo la propuesta presenta una cabida anual de 200.000 Has. año, lo cual significa que se debe contar con recursos cercanos a los 100 millones de dólares anuales, o sea 2.2 veces los ingresos anuales.

Para poder tener los recursos necesarios que permitan la ejecución del plan es necesario contar con un préstamo internacional sobre los recursos que anualmente entrarán al programa.

Esto significa que a través del préstamo se traen recursos futuros, en los que tanto los municipios como las Corporaciones tienen derecho a las regalías respectivas, así como de las transferencias energéticas.

El préstamo estaría por el orden de los 1.125 millones de dólares que corresponden a los recursos anuales, que en la actualidad entran a los municipios y las corporaciones ubicadas dentro de las áreas generadoras de energía, durante un período de 25 años. Estos recursos permitirán ejecutar en un plazo de 9 años una reforestación de 2.250.000 Has.

Como el manejo silvicultural de estas masas forestales es el manejo hidroforestal, se plantea que el aprovechamiento debe realizarse sobre el 50% del área reforestada, de tal forma que el 50% del área no aprovechada servirá para la protección del suelo y la conservación de las condiciones hídricas alcanzadas con el establecimiento de la masa forestal.

A nivel de la franja ubicada entre los pisos altitudinales de los 1.000 a 2.000 m.n.s.m. se puede obtener una producción de 20 Tn/año que en un turno de 7 años permite lograr una producción de 140 Tn. por turno. Tal como el aprovechamiento forestal se ha planteado en donde el uso energético de la biomasa se hará sobre el 50% de la superficie, se obtendrá a partir del octavo año una producción de 14 millones de toneladas, lo cual significa que anualmente se tienen 4.6 millones de TEP con una energía de 19.2 millones de Kw/hora, los cuales permiten instalar 2.429 Mw dentro de las cuencas abastecedoras de proyectos hidroenergéticos para conectarse al Sistema Interconectado Nacional.

Utilizando la metodología de la evaluación de costos anuales se puede calcular que los costos de producción de un Kw/hora en una planta térmica alimentada con leña es del orden de los 15 pesos (Ver Cuadro No. 12).

grandes cantidades de energía mediante la síntesis de la energía solar utilizando las inmejorables condiciones físico-bióticas que el país posee.

Esta energía puede ser utilizada tanto en regiones en donde los costos de abastecimiento de energía de origen convencional son altos o en procesos tecnológicos industriales que demandan grandes cantidades de energía calorífica y cuyo acceso se hace necesario utiliza grandes cantidades de energía de transporte, lo cual, la oferta energética final resulta muy costosa.

Colombia presenta grandes zonas dentro de las cuales se pueden desarrollar programas dendroenergéticos, ya sea utilizando los bosques naturales bajo un manejo silvícola sostenido o creando las masas boscosas. Estos programas son complementarios a los programas energéticos del Sistema Energético Nacional.

Los diferentes paisajes que configuran la estructura físico-biótica del país, permiten el establecimiento de programas de manejo de la cobertura boscosa con objetivos ya sea dendroenergéticos o de conservación y protección de los sistemas hidroenergéticos

Los programas dendroenergéticos se establecerán dentro de las regiones no interconectadas, en donde la satisfacción a la demanda energética, con fuentes convencionales tradicionales, es muy costosa; como es el caso de las regiones no interconectadas: Región del Pacífico, Región de la Amazonía, etc. También se establecerán los bosques dendroenergéticos en los municipios con grandes necesidades de energía calorífica para la cocción de alimentos y con insuficiente capacidad de oferta natural de biomasa.

En las regiones ocupadas, dentro de las cuales se ha establecido el 70% de la producción hidroenergética del país, el cambio de uso del suelo ocasionado por la acción de los procesos de la ocupación territorial, generó una desregulación hídrica con consecuencias desastrosas para los sistemas de generación hidroenergética: disminución intertemporal de la energía firme y pérdida de la vida útil de los embalses de regulación. El Sistema Energético Nacional, tratando de conservar tales sistemas productivos hidroenergéticos, estableció los mecanismos financieros que permitieran generar los recursos económicos necesarios para manejar las áreas de abastecimiento hídrico a tales proyectos.

Además se ha previsto que de las regalías, como producto de la explotación de los recursos fósiles, parte de estas se inviertan en el manejo y conservación de las cuencas hidrográficas.

Para dar solución a la problemática de la desregulación hídrica, es indispensable disminuir el efecto del factor activo del sistema natural: las precipitaciones, las cuales al alterarse la relación SUELO-AGUA-PLANTA, por efecto de la



Estos costos de producción dan una gran alternativa al uso del bosque en la generación de energía eléctrica, lo cual viabiliza, a través de las externalidades, el programa hidroforestal de las cuencas hidrográficas abastecedoras de los proyectos hidroenergéticos.

Este análisis de identificación de la oportunidad de los bosques permite definir que la energía de la biomasa forestal se constituye en una gran opción para el sistema energético nacional, cuyo establecimiento permite mejorar la producción de los proyectos hidroenergéticos actuales, mediante el aumento de la energía firme y el aumento de la vida útil de los embalses.

Estas externalidades de los proyectos energéticos hidráulicos logrados con el manejo hidroforestal de las cuencas hidrográficas, son beneficios que se deben adicionar a los proyectos térmicos de leñomasa, lo cual significa que se mejorará aún más la opción de los proyectos energéticos sustentados en el uso de la leñomasa.

## 7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La energía solar incidente por unidad de área sobre la capa terrestre es alta alcanzando a los 2000 Kwh/m<sup>2</sup>. De esta energía incidente solo el 1% es sintetizada en hidratos de carbono por las plantas verdes, lo cual significa una baja capacidad de síntesis por parte de las plantas verdes. Sin embargo, en regiones tropicales en donde los niveles de radiación solar son altos y existe una disponibilidad de agua en cantidades suficientes, se puede lograr sintetizar del 2 al 3% de la energía solar incidente, cultivando plantas que presentan determinadas condiciones genéticas y las cuales son conocidas como plantas C<sub>4</sub>.

Esta alternativa de sintetizar la energía mediante el uso de plantas vegetales, con una alta capacidad de síntesis de la energía solar incidente, permite lograr almacenar sobre la superficie terrestre una gran cantidad de energía en forma de biomasa. Esta energía de la biomasa se constituye en una opción complementaria de las otras fuentes energéticas tradicionales del país: energía hidroeléctrica y energía térmica de fuentes fósiles, las cuales por diferentes razones, sean estas de carácter técnico o económico, se constituyen en limitantes para satisfacer la oferta energética en algunas regiones

Por consiguiente, se debe entender que una propuesta de uso de la energía de la biomasa no constituye una propuesta de remplazo o de cambio de las energías identificadas como tradicionales por el Sistema Energético Nacional, por el contrario, constituye una propuesta energética complementaria para un país como Colombia, que además detener otros recursos energéticos, puede generar

destrucción de la cobertura boscosa, dan origen a la desregulación hídrica y al aumento de los procesos hidromorfodinámicos de moldeamiento de las laderas y de la formación de valles aluviales.

Se ha planteado que la solución a esta problemática es la de lograr, con proyecciones a mediano y a largo plazo, mejorar la relación SUELO-AGUA-PLANTA, a través de la ejecución de programas de reforestación que permitan, dentro de las cuencas hidrográficas abastecedoras de proyectos hidroenergéticos, mejorar la regulación hídrica y disminuir el efecto cinético e hidromorfodinámico de las precipitaciones sobre los suelos.

Los programas de reforestación, necesarios para dar solución a parte de la problemática hídrica y a los problemas de erosión actuales, deben tener un tamaño aproximado de 2.5 millones de hectáreas, las cuales se deben establecer en un periodo de ocho años.

Los recursos económicos necesarios para emprender el plan de la regulación hídrica y la disminución de la erosión, dentro del país ocupado, son los ya generados por el Sistema Energético Nacional y por los recursos de las regalías como producto de la explotación de los recursos fósiles.

Estos recursos económicos, bien programados y bien ejecutados, permitirán que el Estado pague la deuda ambiental, ocasionada por el proceso de la ocupación territorial, iniciado desde hace 500 años.

La propuesta del Plan Forestal, cuyo objetivo apunta a la regulación hídrica y a la disminución de los sedimentos dentro de las cuencas hidrográficas abastecedoras de proyectos hidroenergéticos, debe constituirse en un propósito Nacional, si se tiene en cuenta la necesidad de proteger las grandes inversiones que el país ha realizado para desarrollar la hidroenergía dentro del país ocupado. *las cuales son aproximadamente de  $14 \times 10^9$  US.*

Por lo tanto la ejecución de este Plan debe abordarse con la celeridad que el problema exige y para lo cual se hace indispensable entrar a plantear una organización técnica y administrativamente, tanto del Sistema SINA como de los diferentes ejecutores involucrados: Municipios, Departamentos y Ministerios (Agricultura, Minas y Desarrollo), así como fortalecer y direccionar, hacia la ejecución del Plan Forestal, los instrumentos económicos con que se cuenta en la actualidad: transferencias energéticas y regalías.

Es importante tener en cuenta que la actuación sobre el medio natural, objetivando la regulación hídrica y la disminución de los procesos hidromorfológicos, permiten no solo lograr los objetivos propuestos, sino también, como una externalidad, la acumulación de la energía solar en forma de biomasa forestal la cual tendrá, entre otras, una gran alternativa como fuente de energía



calorífica, permitiendo participar en el del Sector Energético Nacional actual aproximadamente en un porcentaje del 25 %, lo cual representa un porcentaje no despreciable, dentro de un balance energético nacional.

A su vez es indispensable anotar que el Plan Forestal de regulación hídrica y control de los procesos morfológicos, se constituye en una de las mejores propuestas de creación de empleo regional y local, pudiéndose decir que los costos de creación de empleo son mínimos, si se tiene en cuenta que el país no tiene necesidad de endeudarse para obtener los recursos económicos necesarios para poner en marcha el Plan Forestal, puesto que estos recursos económicos están en la actualidad siendo generados por compra de energía y por la explotación de los recursos fósiles.

Al utilizar los recursos económicos provenientes de las transferencias energéticas y de las regalías, es la sociedad actual la que paga el mejoramiento de las condiciones hídricas y morfológicas, que le permitirán contar a más largo plazo con energía de origen hidroenergético y crear una riqueza forestal, la cual aunada al mejoramiento de las condiciones hídricas y al control de los procesos morfológicos, se constituyen en una corresponsabilidad económica-ambiental por el uso presente de unos recursos.

Desde el punto de vista macro económico, la energía de origen hídrico, es de gran importancia para el país, si se tiene en cuenta que solamente el energético carbón mineral cuenta con reservas probadas para más de cien años, mientras que los otros energéticos fósiles, el petróleo y el gas, tienen reservas probadas para 20 y 40 años respectivamente. Por lo tanto, es fundamental y de seguridad Nacional, a largo plazo, proteger y conservar las cuencas hidrográficas abastecedoras de proyectos hidroenergéticos, actuales y futuros.

El reto que se plantea es muy grande, el país desde hace más de 20 años cuenta con recursos económicos provenientes de las transferencias energéticas y últimamente con recursos provenientes de las regalías, sin embargo, la situación ambiental no ha cambiado, por el contrario, ha empeorado: no se le ha dado respuesta a las demandas de energía calorífica de las zonas rurales, responsable por la deforestación de más de 50 a 60 mil has por año y no se ha entrado, con decisión, a disminuir la problemática hídrica y morfológica dentro de las cuencas de los proyectos hidroenergéticos.

El país cuenta con las fuentes económicas amparadas por la Ley, con los recursos técnicos y en especial con la firme convicción de parte del Poder Legislativo, sobre la necesidad de proteger el verdadero capital Nacional: LOS RECURSOS NATURALES. Como ejemplo de esta convicción de [parte del Poder Legislativo, lo constituye la Ley que crea las transferencias energéticas en el

El país, la cual viene operando desde hace más de veinte años, constituyéndose en una norma de avanzada a nivel mundial.

Con esta estructura que presenta el país, cabe preguntar: Porqué no se ha avanzado en la solución de estos problemas?, Porqué se continúa en la misma situación, llegando tan solo a niveles de diagnóstico del problema?, Adónde está la falla?; será que para dar respuesta a estos interrogantes es indispensable recurrir al adagio popular " Los árboles no nos dejan ver el bosque?"

Una de las causas, responsable de esta situación, fue la micro planeación a la cual entró el país hace más de veinte años y cuyo efecto fue haber tamizado la respuesta global integral a la problemática a nivel de las regiones; es por esta razón que un planteamiento macro, tanto de la problemática como de la solución, permite cuantificar y evaluar en sus justos términos el tamaño del problema y por lo tanto el tamaño de la solución.

La identificación macro del tamaño real, tanto de la problemática como de la solución, permite definir las responsabilidades que le competen, en la solución del problema, a los diferentes niveles administrativos nacionales: nivel central, nivel regional y nivel local; así como identificar si los instrumentos: técnicos, jurídicos, administrativos y económicos, con que cuenta en la actualidad el país son los necesarios para abordar con firmeza la ejecución de las diferentes acciones que permitan, a mediano y a largo plazo, dar solución a la problemática.

El país, la cual viene operando desde hace más de veinte años, constituyéndose en una norma de avanzada a nivel mundial.

Con esta estructura que presenta el país, cabe preguntar: Porqué no se ha avanzado en la solución de estos problemas?, Porqué se continúa en la misma situación, llegando tan solo a niveles de diagnóstico del problema?, Adónde está la falla?; será que para dar respuesta a estos interrogantes es indispensable recurrir al adagio popular " Los árboles no nos dejan ver el bosque?"

El país, la cual viene operando desde hace más de veinte años, constituyéndose en una norma de avanzada a nivel mundial.

Con esta estructura que presenta el país, cabe preguntar: Porqué no se ha avanzado en la solución de estos problemas?, Porqué se continúa en la misma situación, llegando tan solo a niveles de diagnóstico del problema?, Adónde está la falla?; será que para dar respuesta a estos interrogantes es indispensable recurrir al adagio popular " Los árboles no nos dejan ver el bosque?"

Una de las causas, responsable de esta situación, fue la micro planeación a la cual entró el país hace más de veinte años y cuyo efecto fue haber tamizado la respuesta global integral a la problemática a nivel de las regiones; es por esta razón que un planteamiento macro, tanto de la problemática como de la solución, permite cuantificar y evaluar en sus justos términos el tamaño del problema y por lo tanto el tamaño de la solución.

La identificación macro del tamaño real, tanto de la problemática como de la solución, permite definir las responsabilidades que le competen, en la solución del problema, a los diferentes niveles administrativos nacionales: nivel central, nivel regional y nivel local; así como identificar si los instrumentos: técnicos, jurídicos, administrativos y económicos, con que cuenta en la actualidad el país son los necesarios para abordar con firmeza la ejecución de las diferentes acciones que permitan, a mediano y a largo plazo, dar solución a la problemática.

El país, la cual viene operando desde hace más de veinte años, constituyéndose en una norma de avanzada a nivel mundial.

Con esta estructura que presenta el país, cabe preguntar: Porqué no se ha avanzado en la solución de estos problemas?, Porqué se continúa en la misma situación, llegando tan solo a niveles de diagnóstico del problema?, Adónde está la falla?; será que para dar respuesta a estos interrogantes es indispensable recurrir al adagio popular " Los árboles no nos dejan ver el bosque?"



## 8.0 BIBLIOGRAFIA

- BRINKWORTH, B, J, Energía solar para el hombre- Ediciones H BRUME- 1981 ;
- CARMONA, A, Hernán, Diagnóstico y formulación de programas de ordenación de cuencas hidrográficas-Proyecto dendroenergético- FAO- Colombia.1987 ;
- CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL FRANCAIS-Les forets tropales et l'Energia ;
- DANE- Censo 1985 ;
- DANE- Colombia estadística- 1989 ;
- F.A.O- Conservación y desarrollo de los productos forestales ;
- HUPPING, S, Carrol, Cómo usar las fuentes de energía- 1978 ;
- LESTER, R ,Brawn, pour ama sociedade viabel, 1983 ;
- MINIETERE DE LA COOPERATION FRANCAIS- Evaluacion des energies renouvelables pour les pays enveloppement ;
- TORRES, Jose Eddy, Persprctivas de sustitución de laña por carbón mineral- ECOCARBON-1995 ;
- UNIDAD DE PLANEACION MINERO- ENERGETICA, Estudio de proyección integrada de la demanda de energía en el país, 1995 .

## 8.0 ANEXOS





TIPO DE PLANTA	PARTE DE LA PLANTA	% DE AGUA	KCAL/KG
CAÑA DE AZUCAR	BAGAZO	12	3860
CAÑA DE AZUCAR	BAGAZO	52	2220
BAMBU	CAÑA	11	3925
NUEZ DE COCO	COQUE	13	4010
PINO	MADERA	12	4230
GRANOS DE OLEAGINOSAS	GRANOS		4775

fuelle: Alich et Himman

CUADRO NO 3



CONVENCIONES

VALOR	11	12	13	14	15	16
VALOR	17	18	19	20	21	22
VALOR	23	24	25	26	27	28
VALOR	29	30	31	32	33	34
VALOR	35	36	37	38	39	40
VALOR	41	42	43	44	45	46
VALOR	47	48	49	50	51	52
VALOR	53	54	55	56	57	58
VALOR	59	60	61	62	63	64
VALOR	65	66	67	68	69	70
VALOR	71	72	73	74	75	76
VALOR	77	78	79	80	81	82
VALOR	83	84	85	86	87	88
VALOR	89	90	91	92	93	94
VALOR	95	96	97	98	99	100

PROYECCIONES CONSUMO DE LEÑA SECTOR RESIDENCIAL  
TONELADAS ANUALES POR DEPARTAMENTO

DEPARTAMENTO	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Antioquia	967413	1051475	1133190	1148441	1163874	1179490	1195293	1211283
Atántico	224407	252630	281493	286987	292582	298281	304884	309995
Bolívar	563652	623564	684372	696063	707941	320007	732264	744714
Boyacá	245195	723449	759083	765708	772376	779087	785840	792636
Caldas	157563	254451	262127	263201	264275	265347	266419	267490
Caquetá	157263	179114	202230	206794	211456	216219	221086	226057
Cauca	573386	619551	663136	671509	679976	688536	697188	705936
César	293459	327900	356785	764374	371637	379037	386576	394258
Córdoba	610395	664100	717079	727021	737086	247276	757592	768035
Cundinamarca	601998	650084	712094	727451	742500	757847	773489	189442
Chocó	226706	249814	272818	277283	281750	286283	290884	295553
Huila	324265	357595	390916	397287	403753	410317	416980	423742
Guajira	82246	93011	103886	205992	108137	110325	112554	114826
Magdalena	432138	469963	507209	514198	521273	528436	535686	543025
Meta	120496	138869	157843	161509	165257	169089	173005	177010
Nariño	612224	652783	694835	703010	711268	719608	528032	736540
Norte de Santander	475985	518732	561874	570165	578568	587082	595711	604454
Quindío	63778	63447	70594	71105	71619	72138	72653	73174
Risaralda	140011	155135	169892	172661	175473	178327	181223	184163
Santander	513853	154431	594716	602241	609850	617541	625318	633180
Sucre	354478	382459	410186	415352	420575	425855	431193	436589
Tolima	444023	465379	484298	487431	490576	493730	496895	500070
Valle	430994	469276	507160	514277	521484	528781	536170	543651
Ex. Territorios Nales	254261	301315	350514	359850	369475	379403	389638	400196
TOTAL	9399805	10222132	11048990	11209912	11372760	11538035	11705774	11876018

FUENTE: Torres, José Eddy, Perspectivas de sustitución de leña por carbón mineral, ECOCARBON (1.995)

DEPARTAMENTO	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Antioquia	319246,29	346986,75	373952,7	378985,53	384078,42	389231,7	394446,69	399723,39
Atántico	74054,31	83367,9	92892,69	94705,71	96552,06	98432,73	100611,72	102298,35
Bolívar	186005,16	205776,12	225842,78	229700,79	233620,53	105602,31	241647,12	245755,62
Boyacá	80914,35	238738,17	250497,39	252683,64	254884,08	257098,71	259327,2	261569,88
Caldas	51995,79	83968,83	86501,91	86856,33	87210,75	87564,51	87918,27	253271,7
Caquetá	51898,79	59107,62	66735,9	68242,02	69780,48	71352,27	72958,38	74598,81
Cauca	189217,38	204451,83	218834,88	221597,97	224392,08	220616,88	230072,04	232958,88
César	96841,47	108207	117739,05	252243,42	122640,21	125082,21	127570,08	130105,14
Córdoba	201430,35	219153	236636,07	239916,93	243238,38	81601,08	250005,36	253451,55
Cundinamarca	198659,34	214527,72	234991,02	240058,83	245025	250089,51	255251,37	62515,88
Chocó	74812,98	82438,62	90029,94	91503,39	92977,5	94473,39	95991,72	97532,49
Huila	107007,45	118008,35	129002,28	131104,71	133238,49	135404,61	137603,4	139834,86
Guajira	27141,18	30693,63	34282,38	67977,36	35685,21	36407,25	37142,82	37892,58
Magdalena	142605,54	155087,79	167378,97	169685,34	172020,09	174383,88	176776,38	179198,25
Meta	39763,68	45826,77	52088,19	53297,97	54534,81	55799,37	57091,65	58413,3
Nariño	202033,92	215418,39	229295,55	231993,3	234718,44	237470,64	174250,56	243058,2
Norte de Santander	157075,05	171181,56	185418,42	188154,45	190927,44	193737,06	196584,63	199469,82
Quindío	21046,74	20937,51	23296,02	23464,65	23634,27	23805,54	23975,49	24147,42
Risaralda	46203,63	51194,55	56064,36	56978,13	57906,09	58847,91	59803,59	60773,79
Santander	169571,49	50962,23	196256,28	198739,53	201250,5	203788,53	206354,94	208949,4
Sucre	116977,74	126211,47	135361,38	137066,16	138789,75	140532,15	142293,69	144074,37
Tolima	146527,59	153575,07	159818,34	160852,23	161890,08	162930,9	163975,35	165023,1
Valle	142228,02	154861,08	167362,8	169711,41	172089,72	174497,73	176936,1	179404,83
Ex. Territorios Nales	83906,13	99433,95	115669,62	118750,5	121926,75	125202,99	128580,54	132064,68
<b>TOTAL</b>	<b>3101935,65</b>	<b>3373303,56</b>	<b>3646166,7</b>	<b>3699270,96</b>	<b>3753010,8</b>	<b>3807551,55</b>	<b>3862905,42</b>	<b>3919085,9</b>

CONSUMO DE LEÑA EN TONELADAS EQUIVALENTES DE PETROLEO (TEP)

DEPARTAMENTO	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Antioquia	319246,29	346986,75	373952,7	378985,53	384078,42	389231,7	394446,69	399723,39
Atántico	74054,31	83367,9	92892,69	94705,71	96552,06	98432,73	100611,72	102298,35
Bolívar	186005,16	205776,12	225842,78	229700,79	233620,53	105602,31	241647,12	245755,62
Boyacá	80914,35	238738,17	250497,39	252683,64	254884,08	257098,71	259327,2	261569,88
Caldas	51995,79	83968,83	86501,91	86856,33	87210,75	87564,51	87918,27	253271,7
Caquetá	51898,79	59107,62	66735,9	68242,02	69780,48	71352,27	72958,38	74598,81
Cauca	189217,38	204451,83	218834,88	221597,97	224392,08	220616,88	230072,04	232958,88
César	96841,47	108207	117739,05	252243,42	122640,21	125082,21	127570,08	130105,14
Córdoba	201430,35	219153	236636,07	239916,93	243238,38	81601,08	250005,36	253451,55
Cundinamarca	198659,34	214527,72	234991,02	240058,83	245025	250089,51	255251,37	62515,88
Chocó	74812,98	82438,62	90029,94	91503,39	92977,5	94473,39	95991,72	97532,49
Huila	107007,45	118008,35	129002,28	131104,71	133238,49	135404,61	137603,4	139834,86
Guajira	27141,18	30693,63	34282,38	67977,36	35685,21	36407,25	37142,82	37892,58
Magdalena	142605,54	155087,79	167378,97	169685,34	172020,09	174383,88	176776,38	179198,25
Meta	39763,68	45826,77	52088,19	53297,97	54534,81	55799,37	57091,65	58413,3
Nariño	202033,92	215418,39	229295,55	231993,3	234718,44	237470,64	174250,56	243058,2
Norte de Santander	157075,05	171181,56	185418,42	188154,45	190927,44	193737,06	196584,63	199469,82
Quindío	21046,74	20937,51	23296,02	23464,65	23634,27	23805,54	23975,49	24147,42
Risaralda	46203,63	51194,55	56064,36	56978,13	57906,09	58847,91	59803,59	60773,79
Santander	169571,49	50962,23	196256,28	198739,53	201250,5	203788,53	206354,94	208949,4
Sucre	116977,74	126211,47	135361,38	137066,16	138789,75	140532,15	142293,69	144074,37
Tolima	146527,59	153575,07	159818,34	160852,23	161890,08	162930,9	163975,35	165023,1
Valle	142228,02	154861,08	167362,8	169711,41	172089,72	174497,73	176936,1	179404,83
Ex. Territorios Nales	83906,13	99433,95	115669,62	118750,5	121926,75	125202,99	128580,54	132064,68
<b>TOTAL</b>	<b>3101935,65</b>	<b>3373303,56</b>	<b>3646166,7</b>	<b>3699270,96</b>	<b>3753010,8</b>	<b>3807551,55</b>	<b>3862905,42</b>	<b>3919085,9</b>

FUENTE : Hernán Carmona A (1996)  
TEP = 10000 Kcal/kg

CUADRO 5

DEPARTAMENTO	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Antioquia	1328,06457	1443,48488	1555,64323	1576,5798	1597,76623	1619,20387
Atántico	308,06593	346,810464	386,43359	393,975754	401,65657	409,480157
Bolívar	773,781466	856,028659	939,505882	955,55286	971,861405	439,30561
Boyacá	336,603696	993,150787	1042,06914	1051,16394	1060,31777	1069,53063
Caldas	216,302486	349,310333	359,847946	361,322333	362,79672	364,268362
Caquetá	215,890646	245,887699	277,621344	283,886803	290,286797	296,825443
Cauca	787,144301	850,519613	910,353101	921,847555	933,471053	917,766221
César	402,860515	450,14112	489,794448	1049,33263	510,183274	520,341994
Córdoba	837,950256	911,67648	984,406051	998,054429	1011,87166	339,460493
Cundinamarca	826,422854	892,435315	977,562643	998,644733	1019,304	1040,37236
Chocó	311,221997	342,944659	374,52455	380,654102	386,7864	393,009302
Huila	445,150992	490,906416	536,649485	545,395594	554,272118	563,283178
Guajira	112,907309	127,685501	142,614701	282,785818	148,450474	151,45416
Magdalena	593,239046	645,165206	696,296515	705,891014	715,603574	725,436941
Meta	165,416909	190,639363	216,68687	221,719555	226,86481	232,125379
Nariño	840,461107	896,140502	953,869488	965,092128	976,42871	987,877862
Norte de Santander	653,432208	712,11529	771,340627	782,722512	794,25815	805,94617
Quindío	87,5544384	87,1000416	96,9114432	97,612944	98,3185632	99,0310464
Risaralda	192,207101	212,969328	233,227738	237,029021	240,889334	244,807306
Santander	705,417398	212,002877	816,426125	826,756445	837,20208	847,760285
Sucre	486,627398	525,039715	563,103341	570,195226	577,36536	584,613744
Tolima	609,554774	638,872291	664,844294	669,145277	673,462733	677,792544
Valle	591,668563	644,222093	696,229248	705,999466	715,893235	725,910557
Ex. Territorios Nales	349,049501	413,645232	481,185619	494,00208	507,21528	520,844438
TOTAL	12904,0523	14032,9428	15168,0535	15388,9672	15612,5249	15839,4144

CONSUMO DE LEÑA EQUIVALENTE EN ENERGIA (GWH)

DEPARTAMENTO	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Antioquia	1328,06457	1443,48488	1555,64323	1576,5798	1597,76623	1619,20387	1640,89823	1662,8493
Atántico	308,06593	346,810464	386,43359	393,975754	401,65657	409,480157	418,544755	425,56114
Bolívar	773,781466	856,028659	939,505882	955,55286	971,861405	439,30561	1005,25202	1022,3434
Boyacá	336,603696	993,150787	1042,06914	1051,16394	1060,31777	1069,53063	1078,80115	1088,1307
Caldas	216,302486	349,310333	359,847946	361,322333	362,79672	364,268362	365,740003	1053,6103
Caquetá	215,890646	245,887699	277,621344	283,886803	290,286797	296,825443	303,506861	310,33105
Cauca	787,144301	850,519613	910,353101	921,847555	933,471053	917,766221	957,099686	969,10894
César	402,860515	450,14112	489,794448	1049,33263	510,183274	520,341994	530,691533	541,23738
Córdoba	837,950256	911,67648	984,406051	998,054429	1011,87166	339,460493	1040,0223	1054,3584
Cundinamarca	826,422854	892,435315	977,562643	998,644733	1019,304	1040,37236	1061,8457	260,06598
Chocó	311,221997	342,944659	374,52455	380,654102	386,7864	393,009302	399,325555	405,73516
Huila	445,150992	490,906416	536,649485	545,395594	554,272118	563,283178	572,430144	581,71302
Guajira	112,907309	127,685501	142,614701	282,785818	148,450474	151,45416	154,514131	157,63313
Magdalena	593,239046	645,165206	696,296515	705,891014	715,603574	725,436941	735,389741	745,46472
Meta	165,416909	190,639363	216,68687	221,719555	226,86481	232,125379	237,501264	242,99933
Nariño	840,461107	896,140502	953,869488	965,092128	976,42871	987,877862	724,88233	1011,1221
Norte de Santander	653,432208	712,11529	771,340627	782,722512	794,25815	805,94617	817,792061	829,79445
Quindío	87,5544384	87,1000416	96,9114432	97,612944	98,3185632	99,0310464	99,7380384	100,45327
Risaralda	192,207101	212,969328	233,227738	237,029021	240,889334	244,807306	248,782934	252,81897
Santander	705,417398	212,002877	816,426125	826,756445	837,20208	847,760285	858,43655	869,2295
Sucre	486,627398	525,039715	563,103341	570,195226	577,36536	584,613744	591,94175	599,34938
Tolima	609,554774	638,872291	664,844294	669,145277	673,462733	677,792544	682,137456	686,4961
Valle	591,668563	644,222093	696,229248	705,999466	715,893235	725,910557	736,054176	746,32409
Ex. Territorios Nales	349,049501	413,645232	481,185619	494,00208	507,21528	520,844438	534,895046	549,38907
TOTAL	12904,0523	14032,9428	15168,0535	15388,9672	15612,5249	15839,4144	16069,6865	16303,398

FUENTE : Hernán Carmona A (1996)  
1Kg de Gasoil = 4.16 Kwh

CUADRO 6



DEPARTAMENTO	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Antioquia	151,605544	164,779096	177,584844	179,974864	182,393405	184,840625	187,31715	189,82298
Atántico	35,1673438	39,5902356	44,1134236	44,9744011	45,8512066	46,7443101	47,7790816	48,580038
Bolívar	88,3312175	97,7201666	107,24953	109,081654	110,943083	50,1490422	114,754797	116,70587
Boyacá	38,4250795	113,373378	118,957665	119,995884	121,040842	122,092538	123,150816	124,21583
Caldas	24,6920647	39,8756088	41,0785326	41,2468416	41,4151507	41,5831463	41,7511419	120,27515
Caquetá	24,645051	28,0693721	31,6919342	32,4071693	33,1377622	33,884183	34,6469019	35,425919
Cauca	89,8566553	97,09128	103,921587	105,233739	106,560622	104,767833	109,257955	110,62887
César	45,9886433	51,3859726	55,9126082	119,78683	58,2400997	59,399771	60,5812252	61,785089
Córdoba	95,6564219	104,072658	112,37512	113,933154	115,510464	38,7511978	118,724007	120,36055
Cundinamarca	94,3405085	101,876178	111,593909	114,00054	116,358904	118,763968	121,215262	29,687897
Chocó	35,5276252	39,1489337	42,7539441	43,4536647	44,1536986	44,8640756	45,585109	46,316799
Huila	50,8163233	56,0395452	61,2613567	62,259771	63,2730729	64,3017326	65,3459068	66,405596
Guajira	12,8889622	14,5759704	16,280217	32,281486	16,9464011	17,2892877	17,6385995	17,99465
Magdalena	67,7213523	73,6489962	79,4859036	80,581166	81,6899058	82,8124362	83,9486005	85,098712
Meta	18,8832088	21,7624844	24,7359441	25,3104515	25,8978093	26,498331	27,1120164	27,739649
Nariño	95,9430488	102,299144	108,889211	110,170334	111,464465	112,771445	82,7491244	115,4249
Norte de Santander	74,5927178	81,2916997	88,052583	89,3518849	90,6687386	92,0029874	93,3552581	94,725394
Quindío	9,9947989	9,94292712	11,0629501	11,1430301	11,2235803	11,304914	11,3856208	11,467268
Risaralda	21,9414499	24,3115671	26,624171	27,0581074	27,4987825	27,9460395	28,3998784	28,860613
Santander	80,5271003	24,2012416	93,1993293	94,3785896	95,5710137	96,7762882	97,99504	99,227112
Sucre	55,5510729	59,9360405	64,2812033	65,0907792	65,9092877	66,7367288	67,5732592	68,418879
Tolima	69,5838784	72,9306268	75,8954674	76,3864471	76,8793074	77,3735781	77,8695726	78,367134
Valle	67,5420734	73,5413348	79,4782247	80,5935463	81,7229721	82,8665019	84,0244493	85,196814
Ex. Territorios Nales	39,8458334	47,2197753	54,9298652	56,3929315	57,9012877	59,4571277	61,0610784	62,715647
<b>TOTAL</b>	<b>1473,06533</b>	<b>1601,93411</b>	<b>1731,51295</b>	<b>1756,73141</b>	<b>1782,2517</b>	<b>1808,15233</b>	<b>1834,4391</b>	<b>1861,1184</b>

CONSUMO DE LEÑA EQUIVALENTE EN POTENCIA (MW)

DEPARTAMENTO	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Antioquia	151,605544	164,779096	177,584844	179,974864	182,393405	184,840625	187,31715	189,82298
Atántico	35,1673438	39,5902356	44,1134236	44,9744011	45,8512066	46,7443101	47,7790816	48,580038
Bolívar	88,3312175	97,7201666	107,24953	109,081654	110,943083	50,1490422	114,754797	116,70587
Boyacá	38,4250795	113,373378	118,957665	119,995884	121,040842	122,092538	123,150816	124,21583
Caldas	24,6920647	39,8756088	41,0785326	41,2468416	41,4151507	41,5831463	41,7511419	120,27515
Caquetá	24,645051	28,0693721	31,6919342	32,4071693	33,1377622	33,884183	34,6469019	35,425919
Cauca	89,8566553	97,09128	103,921587	105,233739	106,560622	104,767833	109,257955	110,62887
César	45,9886433	51,3859726	55,9126082	119,78683	58,2400997	59,399771	60,5812252	61,785089
Córdoba	95,6564219	104,072658	112,37512	113,933154	115,510464	38,7511978	118,724007	120,36055
Cundinamarca	94,3405085	101,876178	111,593909	114,00054	116,358904	118,763968	121,215262	29,687897
Chocó	35,5276252	39,1489337	42,7539441	43,4536647	44,1536986	44,8640756	45,585109	46,316799
Huila	50,8163233	56,0395452	61,2613567	62,259771	63,2730729	64,3017326	65,3459068	66,405596
Guajira	12,8889622	14,5759704	16,280217	32,281486	16,9464011	17,2892877	17,6385995	17,99465
Magdalena	67,7213523	73,6489962	79,4859036	80,581166	81,6899058	82,8124362	83,9486005	85,098712
Meta	18,8832088	21,7624844	24,7359441	25,3104515	25,8978093	26,498331	27,1120164	27,739649
Nariño	95,9430488	102,299144	108,889211	110,170334	111,464465	112,771445	82,7491244	115,4249
Norte de Santander	74,5927178	81,2916997	88,052583	89,3518849	90,6687386	92,0029874	93,3552581	94,725394
Quindío	9,9947989	9,94292712	11,0629501	11,1430301	11,2235803	11,304914	11,3856208	11,467268
Risaralda	21,9414499	24,3115671	26,624171	27,0581074	27,4987825	27,9460395	28,3998784	28,860613
Santander	80,5271003	24,2012416	93,1993293	94,3785896	95,5710137	96,7762882	97,99504	99,227112
Sucre	55,5510729	59,9360405	64,2812033	65,0907792	65,9092877	66,7367288	67,5732592	68,418879
Tolima	69,5838784	72,9306268	75,8954674	76,3864471	76,8793074	77,3735781	77,8695726	78,367134
Valle	67,5420734	73,5413348	79,4782247	80,5935463	81,7229721	82,8665019	84,0244493	85,196814
Ex. Territorios Nales	39,8458334	47,2197753	54,9298652	56,3929315	57,9012877	59,4571277	61,0610784	62,715647
<b>TOTAL</b>	<b>1473,06533</b>	<b>1601,93411</b>	<b>1731,51295</b>	<b>1756,73141</b>	<b>1782,2517</b>	<b>1808,15233</b>	<b>1834,4391</b>	<b>1861,1184</b>

FUENTE : Hernán Carmona A (1996)  
Horas año = 8760 h

CUADRO 7

DEPARTAMENTO	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Antioquia	6891,1611	7489,9589	8072,03836	8180,67562	8290,60932	8401,84658	8514,41589	8628,3173
Atántico	1598,51562	1799,55616	2005,15562	2044,29096	2084,14575	2124,74137	2171,77644	2208,1836
Bolívar	4015,05534	4441,82575	4874,97863	4958,25699	5042,8674	2279,50192	5216,12712	5304,8121
Boyacá	1746,59452	5153,33534	5407,16658	5454,35836	5501,85644	5549,66082	5597,76438	5646,1742
Caldas	1122,36658	1812,52767	1867,20603	1874,85644	1882,50685	1890,14301	1897,77918	5467,0521
Caquetá	1120,22959	1275,88055	1440,54247	1473,05315	1506,26192	1540,19014	1574,85918	1610,269
Cauca	4084,39342	4413,24	4723,70849	4783,35178	4843,66466	4762,17425	4966,27068	5028,5852
César	2090,39288	2335,72603	2541,48219	5444,85589	2647,27726	2699,98959	2753,69205	2808,4132
Córdoba	4348,01918	4730,57534	5107,96	5178,77973	5250,47562	1761,41808	5396,54575	5470,9342
Cundinamarca	4288,20493	4630,73534	5072,45041	5181,84274	5289,0411	5398,36219	5509,78466	1349,4499
Chocó	1614,89205	1779,49699	1943,3811	1975,16658	2006,9863	2039,27616	2072,05041	2105,309
Huila	2309,83288	2547,25205	2784,60712	2829,98959	2876,04877	2922,80603	2970,26849	3018,4362
Guajira	585,861918	662,54411	740,009863	1467,34027	770,290959	785,876712	801,754521	817,93863
Magdalena	3078,24329	3347,68164	3612,99562	3662,78027	3713,17753	3764,20164	3815,84548	3868,1233
Meta	858,327671	989,203836	1124,3611	1150,47507	1177,17315	1204,46959	1232,36438	1260,8932
Nariño	4361,04767	4649,9611	4949,50959	5007,74247	5066,56658	5125,97479	3761,32384	5246,5863
Norte de Santander	3390,57808	3695,07726	4002,39014	4061,44932	4121,3063	4181,95397	4243,42082	4305,6997
Quindío	454,309041	451,951233	502,86137	506,50137	510,16274	513,859726	517,528219	521,23945
Risaralda	997,33863	1105,07123	1210,18959	1229,91397	1249,94466	1270,27452	1290,90356	1311,846
Santander	3660,32274	1100,05644	4236,33315	4289,93589	4344,13699	4398,92219	4454,32	4510,3233
Sucre	2525,04877	2724,36548	2921,87288	2958,67178	2995,87671	3033,48767	3071,51178	3109,949
Tolima	3162,90356	3315,02849	3449,79397	3472,11123	3494,51397	3516,98082	3539,52603	3562,1425
Valle	3070,09425	3342,78795	3612,64658	3663,34301	3714,68055	3766,65918	3819,29315	3872,5825
Ex. Territorios Nales	1811,17425	2146,35342	2496,81205	2563,31507	2631,87671	2702,59671	2775,50356	2850,7112
TOTAL	66957,5151	72815,1868	78705,1342	79851,4279	81011,4411	82188,7425	83383,5956	84596,293

AREA FORESTAL NATURAL ANUAL PARA ABASTECER LA DEMANDA DE LEÑA DEPARTAMENTAL (Has)

DEPARTAMENTO	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Antioquia	6891,1611	7489,9589	8072,03836	8180,67562	8290,60932	8401,84658	8514,41589	8628,3173
Atántico	1598,51562	1799,55616	2005,15562	2044,29096	2084,14575	2124,74137	2171,77644	2208,1836
Bolívar	4015,05534	4441,82575	4874,97863	4958,25699	5042,8674	2279,50192	5216,12712	5304,8121
Boyacá	1746,59452	5153,33534	5407,16658	5454,35836	5501,85644	5549,66082	5597,76438	5646,1742
Caldas	1122,36658	1812,52767	1867,20603	1874,85644	1882,50685	1890,14301	1897,77918	5467,0521
Caquetá	1120,22959	1275,88055	1440,54247	1473,05315	1506,26192	1540,19014	1574,85918	1610,269
Cauca	4084,39342	4413,24	4723,70849	4783,35178	4843,66466	4762,17425	4966,27068	5028,5852
César	2090,39288	2335,72603	2541,48219	5444,85589	2647,27726	2699,98959	2753,69205	2808,4132
Córdoba	4348,01918	4730,57534	5107,96	5178,77973	5250,47562	1761,41808	5396,54575	5470,9342
Cundinamarca	4288,20493	4630,73534	5072,45041	5181,84274	5289,0411	5398,36219	5509,78466	1349,4499
Chocó	1614,89205	1779,49699	1943,3811	1975,16658	2006,9863	2039,27616	2072,05041	2105,309
Huila	2309,83288	2547,25205	2784,60712	2829,98959	2876,04877	2922,80603	2970,26849	3018,4362
Guajira	585,861918	662,54411	740,009863	1467,34027	770,290959	785,876712	801,754521	817,93863
Magdalena	3078,24329	3347,68164	3612,99562	3662,78027	3713,17753	3764,20164	3815,84548	3868,1233
Meta	858,327671	989,203836	1124,3611	1150,47507	1177,17315	1204,46959	1232,36438	1260,8932
Nariño	4361,04767	4649,9611	4949,50959	5007,74247	5066,56658	5125,97479	3761,32384	5246,5863
Norte de Santander	3390,57808	3695,07726	4002,39014	4061,44932	4121,3063	4181,95397	4243,42082	4305,6997
Quindío	454,309041	451,951233	502,86137	506,50137	510,16274	513,859726	517,528219	521,23945
Risaralda	997,33863	1105,07123	1210,18959	1229,91397	1249,94466	1270,27452	1290,90356	1311,846
Santander	3660,32274	1100,05644	4236,33315	4289,93589	4344,13699	4398,92219	4454,32	4510,3233
Sucre	2525,04877	2724,36548	2921,87288	2958,67178	2995,87671	3033,48767	3071,51178	3109,949
Tolima	3162,90356	3315,02849	3449,79397	3472,11123	3494,51397	3516,98082	3539,52603	3562,1425
Valle	3070,09425	3342,78795	3612,64658	3663,34301	3714,68055	3766,65918	3819,29315	3872,5825
Ex. Territorios Nales	1811,17425	2146,35342	2496,81205	2563,31507	2631,87671	2702,59671	2775,50356	2850,7112
TOTAL	66957,5151	72815,1868	78705,1342	79851,4279	81011,4411	82188,7425	83383,5956	84596,293

FUENTE : Hernán Carmona A (1996)  
 Capacidad de energía potencial /hectarea = 22Kw /año

CUADRO 8

PROYECTOS HIDROELECTRICOS IDENTIFICADOS  
ZONA NO INTERCONECTADA

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	DEMANDA EXISTENTE	POTENCIA A INSTALAR KW	POBLACION A ATENDER KW	ESTADO ACTUAL
CHOCO	ACANDI	1300	2000	4450	D
	UNGUIA	429	1000	7350	D
	JURADO	1217	1000	5330	D
	PIZARRO	770	850	1750	R
	URUSI	91	810	1012	R
	JAVI	40	100	235	R
	COQUI	40	185	600	R
	PANQUI	94	216	575	R
	NUQUI	744	700	3250	R
	BAUDO	820	3700	2523	R
	SIPI	244	11436	1158	R
	SANANDOSITO	35	146	108	R
	PTO. ECHEVERRY	35,3	135	402	R
	PTO. CORDOBA	41,3	158	536	R
	PIE DE PATO	125	115	1090	R
	CHIGORODO	55,5	187	879	R
	CHACHAJU	50,9	230	749	R
CUPICA	85	300	400	R	
STA. RITA	200	500	1140	R	
VAUPES	MITU	1200	200	5946	D
META	MACARENA	600	600	2900	D
AMAZONAS	CHORRERA	150	100	450	PR
CAQUETA	STA. ANA RAMOS	96	300	465	R
CAQUETA	TARQUI	48	50	90	R
CAUCA	TIMBIQUI	350	3000	2500	D
CAUCA	GUAPI	1800	16000	12600	D
TOTAL		10702	47776	58712	

Fuente: ICEL

D = Diseño

R = Reconocimiento

PR = Prefactibilidad

CUADRO No 9



SUPERFICIE DE BOSQUES (HAS) NECESARIA PARA SATISFACER LA DEMANDA ENERGETICA EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (BIOMASA EQUIVALENTE A PROYECTOS HIDROENERGETICOS)

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POTENCIA A INSTALAR KW	SUPERFICIE	
			B1 HAS	B2 HAS
CHOCO	ACANDI	2000	87	95
	UNGUIA	1000	44	48
	JURADO	1000	44	48
	PIZARRO	850	37	41
	URUSI	810	36	39
	JAVI	100	4,5	5
	COQUI	185	8	9
	PANQUI	216	100	5
	NUQUI	700	31	34
	BAUDO	3700	161	177
	SIPI	11436	490	545
	SANANDOSITO	146	6,5	7
	PTO. ECHEVERRY	135	6	7
	PTO. CORDOBA	158	7	8
	PIE DE PATO	115	5	6
	CHIGORODO	187	8,5	9
	VAUPES	MITU	200	9
META	MACARENA	600	26	29
AMAZONAS	CHORRERA	100	4,5	5
CAQUETA	STA. ANA RAMOS	300	13	15
CAQUETA	TARQUI	50	3	3
CAUCA	TIMBIQUI	3000	131	143
CAUCA	GUAPI	16000	696	761
TOTAL		47776		

Fuente: Hernán Carmona A. (1997)  
 B1= Bosque húmedo  
 B2= Bosque Artificial

CUADRO N0 10

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POTENCIA A INSTALAR KW	B1 HAS	B2 HAS
VAUPES	MITU	200	9	10
META	MACARENA	600	26	29
AMAZONAS	CHORRERA	100	4,5	5
CAQUETA	STA. ANA RAMOS	300	13	15
CAQUETA	TARQUI	50	3	3
CAUCA	TIMBIQUI	3000	131	143
CAUCA	GUAPI	16000	696	761
TOTAL		47776		

Biblioteca

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	SUPERFICIE (has)	
		B1	B2
CHOCO	ACANDI	2195	760
	UNGUIA	1100	384
	JURADO	1100	384
	PIZARRO	625	328
	URUSI	900	312
	JAVI	113	40
	COQUI	200	72
	PANQUI	2500	40
	NUQUI	775	272
	BAUDO	4025	1416
	SIPI	12450	4360
	SANANDOSITO	163	56
	PTO. ECHEVERRY	150	56
	PTO. CORDOBA	175	64
PIE DE PATO	125	48	
CHIGORODO	213	72	
CHACHAJU	250	88	
CUPICA	325	120	
STA. RITA	550	192	
VAUPES	MITU	225	80
META	MACARENA	650	232
AMAZONAS	CHORRERA	113	40
CAQUETA	STA. ANA RAMOS	325	1200
CAQUETA	TARQUI	75	24
CAUCA	TIMBIQUI	3275	1144
CAUCA	GUAPI	17400	6088

**SUPERFICIE TOTAL DE BOSQUES ENERGETICOS NECESARIOS  
PARA ABASTECER LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	SUPERFICIE ( has )	
		B1	B2
CHOCO	ACANDI	2195	760
	UNGUIA	1100	384
	JURADO	1100	384
	PIZARRO	625	328
	URUSI	900	312
	JAVI	113	40
	COQUI	200	72
	PANQUI	2500	40
	NUQUI	775	272
	BAUDO	4025	1416
	SIPI	12450	4360
	SANANDOSITO	163	56
	PTO. ECHEVERRY	150	56
	PTO. CORDOBA	175	64
PIE DE PATO	125	48	
CHIGORODO	213	72	
CHACHAJU	250	88	
CUPICA	325	120	
STA. RITA	550	192	
VAUPES	MITU	225	80
META	MACARENA	650	232
AMAZONAS	CHORRERA	113	40
CAQUETA	STA. ANA RAMOS	325	1200
CAQUETA	TARQUI	75	24
CAUCA	TIMBIQUI	3275	1144
CAUCA	GUAPI	17400	6088

Fuente: Herán Carmona A. ( 1997 )  
 B1= Bosque Natural con manejo de la regeneración  
 B2= Bosque Artificial con manejo sostenido

CUADRO NO 11

Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Nombre	Superficie (m <sup>2</sup> )
180	0.85	ACAJI	
384	1.00	INQUIA	
304	1.00	JUJUA	
328	0.78	PIDARRI	
312	0.60	LURUBI	
40	0.12	JAVI	
74	0.20	HOQUI	
40	0.200	HANQUI	
372	1.12	MUON	
1416	4.02	BAUSI	
400	12.50		
88	1.02	BANAGUETE	
80	1.00	PTO. ECHERRI	
84	1.12	PTO. CONDIBA	
48	1.02	PIE DE HATO	
72	2.12	CHIGORRO	
88	2.08	CHICHA	
120	3.28	CHIDA	
102	2.90	STA. RITA	
80	2.22	MU	
282	8.00	MACARI	
40	1.12	CHORRIS	
1200	12.22	STA. MARÍA	
24	0.72	TARU	
114	2.22	TIBORI	
808	12.00	GUH	

**COSTOS ANUALES DE UNA PLANTA TERMICA DE LEÑO - MASA  
CAPACIDAD 1000 MW**

PARAMETRO	COSTOS US*1000000
A - Costos de funcionamiento	
A1 - Intereses	100
A2 - Constitución de fondo	10
A3 - Operación y mantenimiento	20
<b>TOTAL</b>	<b>130</b>
B - Producción ( Gwh )	8.640
C - Costo producción Kwh \$ Colombianos	15

CUADRO No 12

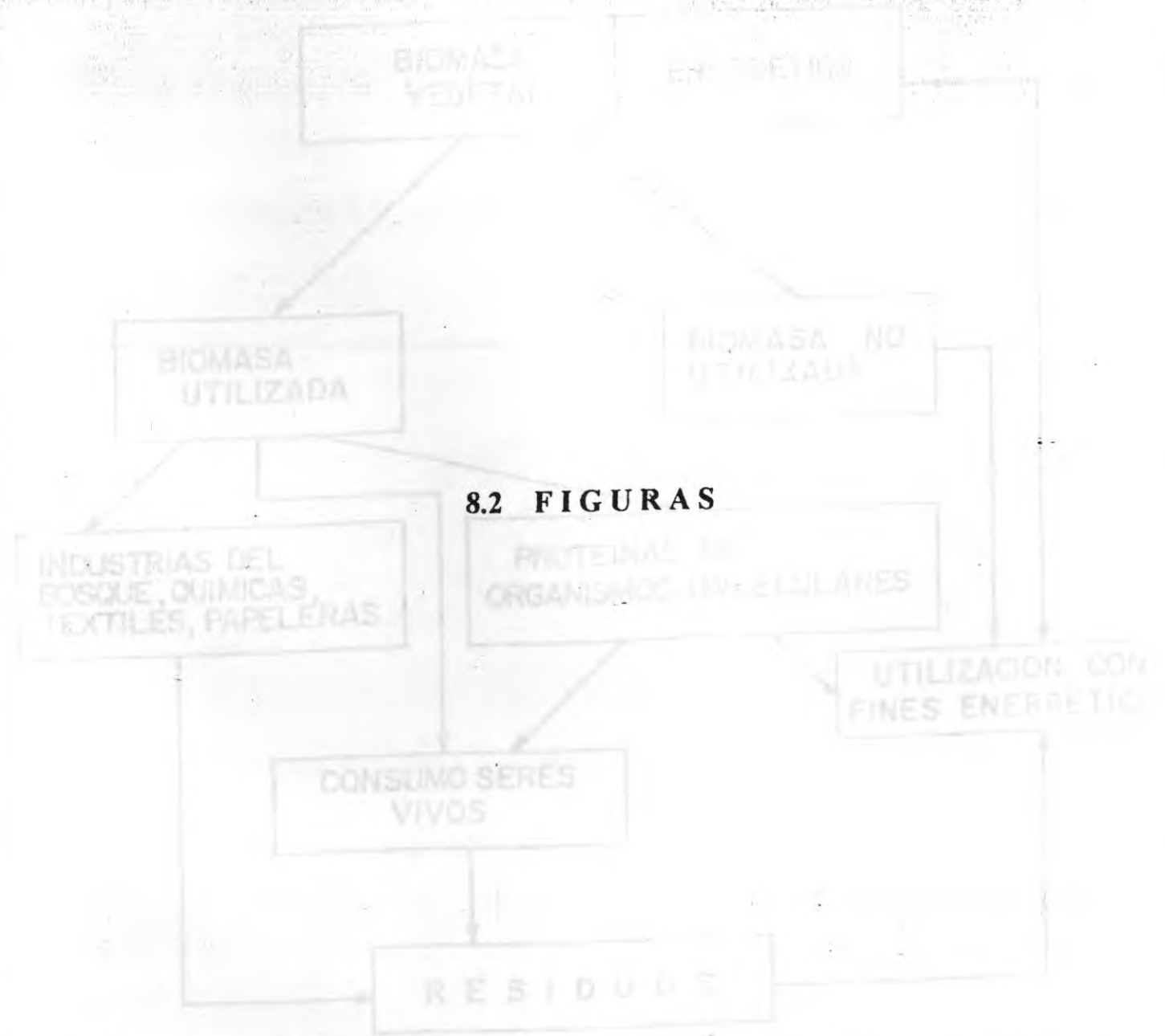


ESTADÍSTICA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN EL PERÚ 1980

REGIÓN	Producción (Mg)	Producción (Tm)
Amazonas	100	100
Andes	100	100
Costa	100	100
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>300</b>

UNIDAD: Mg

ESQUEMA DE LA BIOMASA UTILIZADA EN EL PERÚ

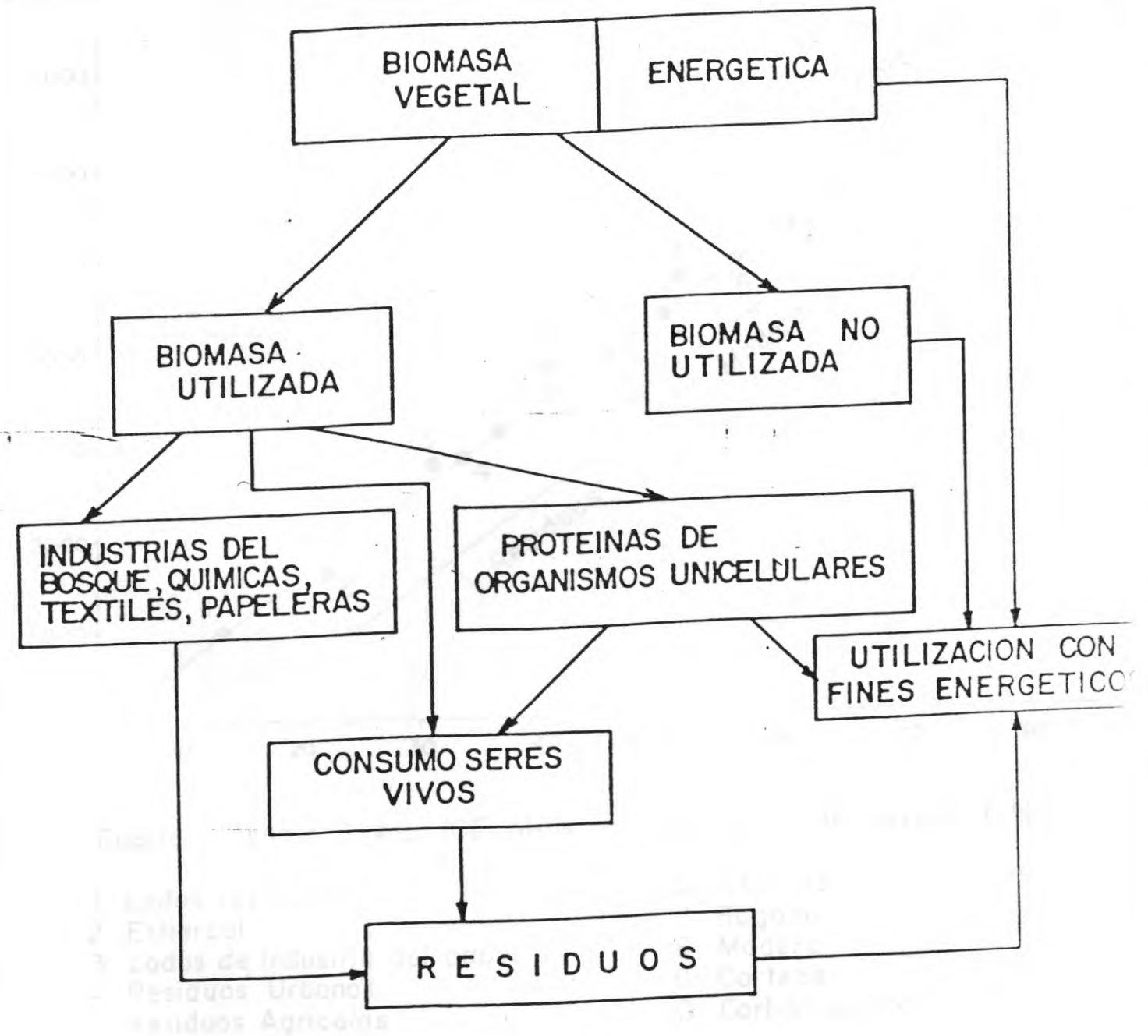


8.2 FIGURAS

Fuente: A. Demeyer et al.

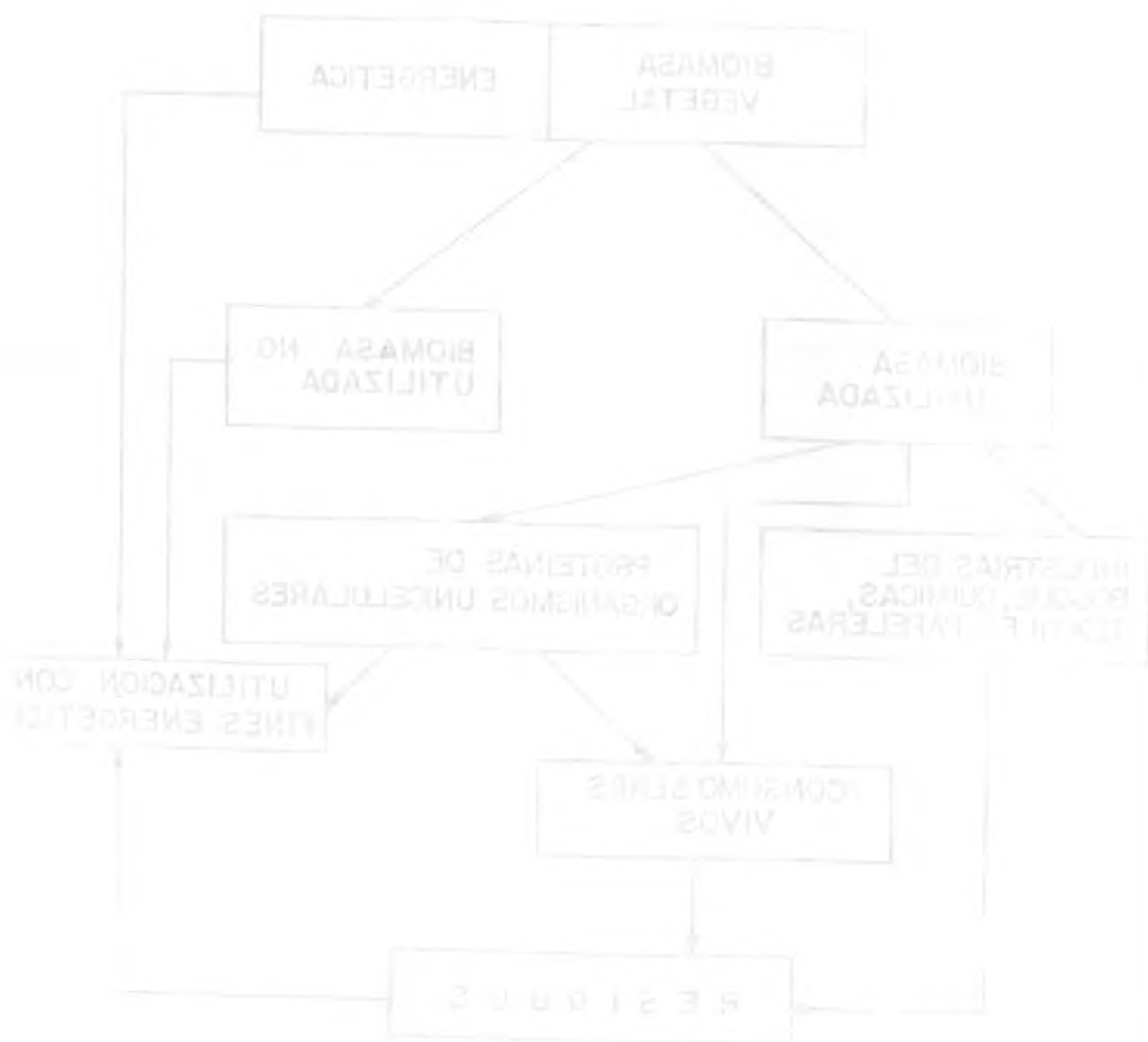
Gráfico 1

# ESQUEMA DE LA BIOMASA VEGETAL Y SUS SUBPRODUCTOS

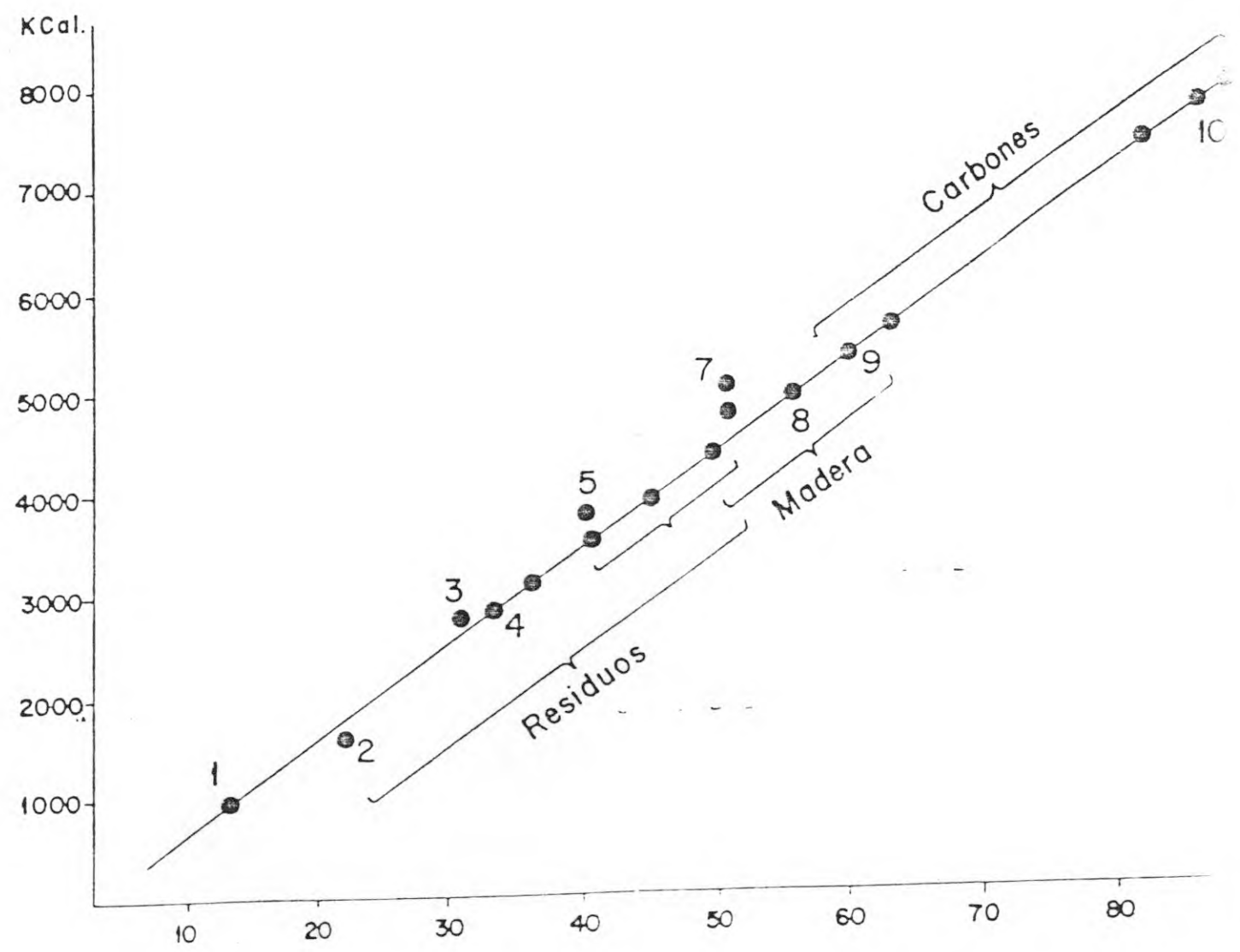


Fuente : A. Demeyer et al.

PROBLEMA DE LA BIOMASA VEGETAL Y SUS SUBPRODUCTOS



RELACION PODER CALORITICO A CONTENIDO DE CARBONO



- Fuente : Penner S. e L. ICELMAN. Contenido de Carbono C%
- |                                 |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| 1. Lodos residuales             | 6. Aserrios        |
| 2. Estiercol                    | 7. Bagazo          |
| 3. Lodos de industria del papel | 8. Madera          |
| 4. Residuos Urbanos             | 9. Corteza         |
| 5. Residuos Agricolas           | 10. Carbon vegetal |

Gráfico 2



