

**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTONOMAS DE  
LA COSTA CARIBE NICARAGUENSE  
URACCAN – LAS MINAS**

**Investigación Monográfica**

**Potencial de biomasa generada por los aprovechamientos y  
procesamientos forestales para la producción de dendroenergía en  
el Municipio de Rosita, año 2003.**

**Para optar al título de Ingeniería Agroforestal.**

**Autores : Br. Guillermo On Sang López.  
Br. Bladimir Martínez Martínez.**

**Tutor: Ing. Jamill Castillo Martínez**

**Asesor: Ing. Bismarck Lee León.**

**Siuna, JUNIO 2004**



*“Dedicamos este trabajo monográfico a Dios por habernos dado vida y salud para poder culminar, nuestros estudios y poder graduarnos, a nuestras familias por el apoyo incondicional que nos brindaron en todo el trayecto.”*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos al cuerpo docente de de ingeniería agroforerestal de URACCAN LAS MINAS de por su valioso tiempo y conocimiento durante el transcurso de la nuestra carrera, en especial a los Ingenieros Jamill Castillo Martínez y Bismarck Lee León.

De la misma manera agradecemos a PASMA - DANIDA por su apoyo económico en la elaboración de nuestro trabajo monográfico, para culminar la carrera.

A la empresa PRADA por facilitarnos las áreas de nuestros y poder realizar la recolección de la información y hacer posible esta investigación.

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| ÍNDICE GENERAL.....  | i         |
| ÍNDICE DE CUADROS.....   | iii       |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS.....  | iv        |
| RESUMEN.....   | v         |
| <b>I. INTRODUCCION.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>II. OBJETIVOS.....</b>  | <b>6</b>  |
| 2.1 Objetivo general.....  | 6         |
| 2.2 Objetivos específicos.....   | 6         |
| <b>IV. MARCO TEORICO.....</b>  | <b>8</b>  |
| 4.1 Residuos de biomasa generada por los aprovechamientos forestales.....                        | 8         |
| 4.3 Conceptos básicos.....   | 9         |
| 4.2 Residuos generados por el procesamiento forestal.....  | 10        |
| 4.4 Clasificación de los combustibles.....   | 18        |
| <b>V. DISEÑO METODOLOGICO.....</b>   | <b>21</b> |
| 5.1 Ubicación del estudio:.....  | 21        |
| 5.2 Tipo de Estudio.....   | 21        |
| 5.3 Universo.....  | 21        |
| 5.4 Muestra.....   | 21        |
| 5.5 Técnicas, procedimiento y variables a considerar para la recopilación de la información..... | 22        |
| 5.6 Técnicas para el análisis y procesamiento de la información.....                             | 23        |
| <b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>   | <b>25</b> |
| 6.1 Residuos Generados por las actividades de aprovechamiento Forestal.....                      | 25        |
| 6.1.1 Apeo de árboles.....   | 25        |
| 6.1.2 Distribución de residuos de los árboles en los aprovechamientos forestales.....            | 26        |
| 6.1.3 Residuos generados por Daños a otros árboles durante la tumba.....                         | 26        |
| 6.1.4 Residuos procedentes de la apertura de caminos y trochas de extracción.....                | 27        |
| 6.2 Residuos generados en la industria.....  | 28        |
| 6.2.1 Planta de Plywood.....   | 28        |
| 6.2.1.1 Distribución y Utilización del procesamiento de la troza en la planta de plywood.....    | 29        |
| 6.2.2 En los aserrios.....   | 30        |
| 6.3 Producción de energía.....   | 32        |
| 6.3.1 Conversión a materia seca.....   | 32        |
| 6.3.2 Conversión a energía utilizable.....   | 33        |
| <b>VII. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>34</b> |
| <b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>IX. BIBLIOGRAFIA.....</b>   | <b>36</b> |

X. ANEXOS

.....3  
8

## ÍNDICE DE CUADROS

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | Volumen de residuos forestales por especie derivados de los aprovechamientos, Rosita, 2003.....  | 25 |
| 2. | Residuos generados por cada categoría de caminos forestales municipio de Rosita. 2003.....   | 27 |
| 3. | Volumen de residuos forestales por especie derivados del procesamiento de la madera, Rosita, 2003. ....  | 28 |
| 4. | Composición de la troza en plywood por especie utilizadas en la planta procesadora. Rosita 2003.....   | 28 |
| 5. | Porcentaje de residuos generados por los aserrios, Municipio de Rosita 2003.....   | 30 |
| 6. | Kilogramos de materia seca generada por los diferentes tipos de residuos de la extracción y el procesamiento forestal en el municipio de Rosita. 2003..... | 32 |
| 7. | Conversión de toneladas métricas de madera a mega watts de energía utilizable. Rosita, 2003.....   | 33 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | Distribución de residuos de los árboles cortados en el Aprovechamiento Forestal. Rosita 2003.....  | 26 |
| 2. | Residuos generados por la apertura de caminos forestales, Rosita 2003.....                         | 27 |
| 3. | Distribución y utilización del procesamiento de la troza en la planta de plywood. Rosita 2003..... | 29 |
| 4. | Distribución de los residuos en todo el proceso de aprovechamiento y procesamiento Forestal.....   | 31 |

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el municipio de Rosita, de la región autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua el cual tiene un clima tropical húmedo con dos estaciones bien marcadas, una lluviosa y una seca, su actividad principal es la extracción y procesamiento forestal donde el 50% es transportada hacia puesto cabezas, el 40% procesada por la empresa PRADA y el 10% por otros aserríos.

Esta extracción media de 7,280 árboles anuales genera una cantidad importante de residuos forestales los cuales se acumulan generando biomasa en proceso de degradación o descomposición, esto trae como consecuencia la facilidad para los incendios forestales y la recuperación tardía de las especies forestales extraída al disminuir su germinación.

Con este estudio se pretende evaluar el potencial de biomasa tanto de los residuos generados por los aprovechamientos en campo como en las plantas de primera y segunda transformación la cual pueda ser utilizada para la producción de energía.

Para tal efecto se midieron por separado los residuos generados en campo de los generados en las plantas de primera y segunda transformación.

En este documento se determinan los resultados del potencial de biomasa que es generada por los aprovechamientos y procesamientos forestales para la producción de energía

Los residuos que se generan anualmente son de 56,555.57 toneladas métricas correspondientes a los generados en campo, planta de plywood y aserríos.

La producción de energía que se generaría mediante la utilización de la biomasa es de 20.6 Mega Watt para el municipio de Rosita, la cual es derivada de la extracción y procesamiento forestal.

Los resultados obtenidos en este estudio servirán para posteriores estudios de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de energía a partir de biomasa.

## 1. INTRODUCCION

La Región Autónoma del atlántico Norte tiene una extensión de 61,320 km<sup>2</sup> equivalente al 47% del territorio nacional, comprende 6 municipios (Rosita, Bonanza, Siuna, Waspan, Puerto Cabeza y Prinzapolka), de los cuales Rosita esta ubicada a 480 Km. De la capital "Managua", tiene una población de 17,814 habitantes; de los cuales la Mayoría viven en la zona rural (10,025 habitantes); mientras que en la zona urbana viven aproximadamente unos 7,889 habitantes Esta población municipal es mayoritariamente mestiza; aunque las etnias miskitas y mayagnas cuentan con aproximadamente 6,000 personas y una extensión territorial de 4,418 Km. Limita: al Norte con el municipio de Waspán, al Sur con Prinzapolka, al Este con Puerto Cabeza y al Oeste con Siuna y Bonanza (HUMBOLDT , 2000)

Su clima es sub.-tropical, muy húmedo lo que permite que sea una zona con importantes remanentes boscosos.

El sector forestal constituye uno de los principales ejes económicos del municipio, especialmente de la población que habita en el área rural de la misma, donde predominan los pueblos indígenas; al igual que la de los pobladores del área urbana; ya que aproximadamente 290 familias se benefician laborando en la empresa PRADA.

La riqueza y diversidad genética de importancia forestal en las especies latifoliadas, es incalculables, los bosques que existen en las Regiones Autónomas contienen asociados vegetales muy ricos y variadas, en las que están representadas las mayorías de las dos mil quinientas de especies de árboles propios de las selvas tropicales húmedas de nuestro país, aunque existen unas doscientas especies de valor comercial.

En este tipo de bosque la industria tradicional (no ubicada en las regiones) se concentran en unas 35 a 40 especies cuando mucho. Por esto la tala en la explotación de los bosques es selectiva de estas especies, lo que producirá su agotamiento de los mismos en un mediano plazo.

Actualmente se lleva a cabo la industrialización a gran escala de madera a través de la empresa "PRADA S.A." ubicada a 3 Km. al sur del casco urbano del municipio de Rosita, siendo el principal acopiador y procesador de madera del municipio y de la zona por lo que se le considera la principal fuente de energía primaria de biomasa. Además se contabilizan 30 comercializadores individuales 5 aserrios (4 portátiles y 1 estacionario) que procesan madera.

Este hecho supone que hay gran cantidad de residuos que no tienen valor para la cadena nutritiva, ni para la fabricación de productos de mercado, pero que podría ser utilizada para la generación de bioenergía. (O energía procedente de la

biomasa): Comprende todas las formas de energía derivada de combustibles orgánicos (Biocombustibles) de origen biológico utilizados para producir energía. Comprende tanto los cultivos destinados a producir energía que se cultivan específicamente, como las plantaciones polivalentes y los subproductos (residuos y desechos). El término subproductos incluye los subproductos sólidos, líquidos y gaseosos derivados de las actividades humanas. Se puede considerar a la biomasa como una forma de energía solar transformada.

La empresa PRADA tiene interés en invertir en una planta de generación eléctrica a partir de biomasa; **(energía forestal)**: o sea toda la energía que se obtiene a partir de biocombustibles derivados de los bosques, árboles y otra vegetación de terrenos forestales. Por tanto la energía producida tras la combustión de combustibles de madera como leña, carbón vegetal, pellets, briquetas, etc., es llamada dendroenergía y corresponde al poder calorífico neto (PCN) del combustible; los residuos generados en el monte; así como los desperdicios de la industria producto de la transformación de la madera se utilizarían eficientemente para prestar un servicio energético de mayor y mejor calidad a la población circundante; ya que el servicio saldría más barato (una vez amortizada la inversión inicial), principalmente por el menor precio del Biocombustible en comparación con el combustible fósil. Garantizando de esta manera un mayor desarrollo del municipio.

En el año de 1940 con la llegada de la empresa minera "LA LUZ MINE COMPANY" se establece un enclave minero dándose la explotación de los minerales "oro, plata y cobre" realizado en la colina Santa Rita; Debido a ello el hoy Municipio de Rosita era conocido en ese entonces como Santa Rita.

A partir de ese momento la energía que se utilizaba para el consumo de la población y de la misma empresa era movida por combustible fósil.

Antes de la llegada de la empresa minera los pocos habitantes existentes se alumbraban con candiles y mechones de Ocote.

La explotación, minera se inicio a finales del siglo XIX, en la región minera del Pis Pis, en el sitio que hoy son los municipios mineros (Bonanza, Rosita, Siuna). En un principio los minerales extraídos de oro y plata, mas tarde se exploto el cobre; y es donde inicia la construcción de plantas para la producción de energía eléctrica.

El agravante social de mayor envergadura resultó ser la inestabilidad laboral de cada actividad económica, causada por el cierre intempestivo de las empresas ante la irracionalidad de la explotación. Esto ocasiono la inestabilidad del servicio energético a la población. Hasta 1979 con la apertura de las minas utilizando energía con residuos fósiles.

La situación ha cambiado radicalmente hoy en día. En 1998, la producción nacional de electricidad se incrementa un 39% con respecto a 1990. El 77% de la

electricidad fue producida por combustibles fósiles (derivados del petróleo y gas). La generación hidroeléctrica y geotérmica aporta el 22% del total generado del país. Esto ha incrementado la factura petrolera en Nicaragua, lo que hace que el sector eléctrico y la economía en general sea más susceptible a los vaivenes en los precios del crudo. Las tarifas eléctricas mostraron incremento hasta del 21.8% durante 1998, equivalentes a un 1.5% mensual en el sector residencial.

La privatización del sector eléctrico ha permitido que las compras de energía eléctrica por la parte del Estado se incrementen de 2.1 % en 1990 a casi 19 millones de dólares en 1998. Las principales compras se realizaron a nuevos proveedores nacionales que usan principalmente plantas térmicas con consumidoras de bunker.

En Nicaragua, históricamente la producción de energía primaria ha estado constituida básicamente por Hidroenergía, Geoenergía y Biomasa (principalmente leña y residuos vegetales).

La principal fuente de energía primaria en Nicaragua es la Biomasa, en el año 2000 los porcentajes de producción de energía primaria por fuente fueron los siguientes: 83.1 % de leña, 16.9% de residuos vegetales, 8.7% de Geoenergía, y finalmente el 3% de Hidroenergía.

En el año 2000 en la energía secundaria se dio un crecimiento de 16.6% resultado de un mayor consumo de energía secundaria (diesel y fuel oil) en las centrales termoeléctricas para la generación de la electricidad. Para este año los derivados de petróleo representaron el 79.7%, seguido por la energía eléctrica con el 18.6% y el 1.6% restante pertenecientes al carbón vegetal.

La energía secundaria que se obtuvo en los centros de transformación a partir de fuentes primarias, el total obtenido le correspondió a los derivados de petróleo, el 94.4%, electricidad el 3.7% y por último carbón vegetal con el 1.9%.

El municipio de Rosita su generación energética es 100% a partir de residuos fósiles y con inestabilidad y grandes costos

El municipio de Rosita es el que realiza la mayor actividad forestal en la zona del triángulo minero (Siuna, Rosita y Bonanza) de la RAAN. Esto lleva consigo una generación importante de residuos asociados a cada tipo de actividad, tanto en la extracción de la madera del bosque como en su procesamiento.

Estos residuos, en el caso de los que se quedan en el bosque, suponen un aumento del riesgo de incendios en las épocas de peligro debido a la acumulación de combustible seco, que incrementan la combustibilidad de las masas así como su continuidad vertical. Además la presencia de madera muerta en el suelo supone un grave riesgo sanitario ya que la masa es más susceptible al ataque de hongos, insectos etc.

Los residuos generados en las plantas de primera y segunda transformación básicamente consistentes en aserrín, ripios, cortezas suponen un serio problema medioambiental ya que al no tener un uso definido, son quemados ineficientemente provocando emisiones de gases invernadero a la atmósferas o en otros casos arrojados a cauces fluviales con las consecuencias negativas sobre la calidad de las aguas que esto implica.

Por otra parte, la población de los municipios de la zona enfrenta serias dificultades en el servicio básico de energía, ya que se encuentran fuera de la zona concesionada y no conectadas a la red nacional. Así pues su abastecimiento depende de plantas diesel aislados que en muchas ocasiones ofrecen un mal servicio (con muchos cortes y muchas horas sin luz, así como tarifas muy elevadas).

Es importante señalar que el presente estudio pretende llenar un vacío que existe, al no contar con estudios alrededor de la problemática y animar a otros investigadores a continuar en las investigaciones sobre la temática, además permitirá que otros municipios puedan aplicarla. También le servirá a otros estudiantes como base para realizar trabajos monográficos y; a instituciones del estado que tienen que ver sobre el tema en estudio.

Esta investigación puede ser una base para la planificación en el ámbito regional que requieren el uso forestal y promueva un aprovechamiento óptimo en función de la producción de bioenergía. Y un último elemento, es el poder revertir los resultados de la investigación a los sujetos involucrados en el estudio, para mostrarles los resultados del estudio y los principales elementos que sobresalen en el problema, esto para sensibilizarlos sobre las necesidades de actuar ya sin demora en las alternativas más viables para resolver el problema.

El desconocimiento y apatía como se han tratado los problemas de la Costa Caribe ha contribuido al sentir de la población costeña como aislados de la vida nacional o de sentirse extranjeros dentro de nuestro propio país, esperamos que la problemática de la energía eléctrica así como las otras se solucione.

El servicio por el consumo de energía que se paga actualmente en el municipio esta considerado el mas caro en América Central, el cual además de ser caro es muy inestable y de muy mala calidad.

El interés de la empresa PRADA S.A. (una de las empresas más importantes en el sector forestal de la zona) es conocer la cantidad de residuos que se generan, para plantear una posible inversión en una planta de generación eléctrica a partir de biomasa, junto con los problemas actuales en el abastecimiento de energía a la población hace que se plantee este estudio.

Con la instalación de este tipo de planta se eliminarían de una sola vez los dos serios problemas comentados anteriormente, ya que se utilizarían eficientemente los residuos generados en el bosque y en la industria de transformación para

Prestar un servicio energético de mayor calidad a la población circundante, ya que el servicio saldría mas barato (una vez amortizada la inversión inicial), principalmente por el menor precio del biocombustible en comparación con el combustible fósil y sería más fácil de conseguir y abastecer a la planta.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general.**

Cuantificar el potencial energético a partir de residuos derivados del Aprovechamiento y procesamiento forestal en el municipio de Rosita año 2003.

### **2.2 Objetivos Específicos.**

Determinar el volumen de residuos procedentes de las actividades de corta y extracción de madera en las áreas de aprovechamiento.

Estimar la cantidad de residuos forestales que se generan en plantas de primera y segunda transformación.

Estimar la cantidad de energía a obtenerse mediante la instalación de una planta de generación eléctrica a partir de biomasa.

### **III. HIPOTESIS.**

La producción de energía generada a partir de los residuos de los aprovechamientos y procesamientos forestales no satisface la demanda del municipio de Rosita.

La producción de energía generada a partir de los residuos de los aprovechamientos y procesamientos forestales satisface la demanda del municipio de Rosita.

## **IV. MARCO TEORICO.**

### **4.1 Residuos de biomasa generada por los aprovechamientos forestales.**

El aprovechamiento y transformación industrial de la madera de bosques naturales tropicales genera grandes cantidades de residuos leñosos que, al quemarse o descomponerse, producen emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el principal gas con efecto invernadero. La importancia del carbono en los residuos de los procesos de aprovechamiento y aserrío fue evaluada mediante un estudio en la unidad de manejo Río Chanchich, Petén, Guatemala en el 2002. Para un total de 57 árboles -el 4,5% de los árboles aprovechados- se estimó el volumen de madera y la biomasa dañada por la caída de cada árbol. La biomasa removida por la apertura de caminos y patios de acopio se estimó a partir del tamaño de las áreas abiertas. En el aserradero se estimó el volumen útil y de residuos de 95 trozas.

El volumen promedio por árbol aprovechado fue de 6,24 m<sup>3</sup>, y solamente el 53,3% de la madera llegó al aserrío; el resto quedó como residuos en el bosque.

Del volumen de las trozas aserradas, un 87% correspondió a madera; el rendimiento del aserrío fue de 51,2% del volumen sin corteza, utilizando un aserradero portátil.

En términos de carbono, el aprovechamiento removió del bosque 10,2 tC/ha, de las cuales solamente 1,4 tC/ha (13,7%) terminaron en productos de aserrío. (Bámaca; Figueroa; MarkkuKanninen; Louman; Gómez, 2004).

### **Desperdicios en el campo**

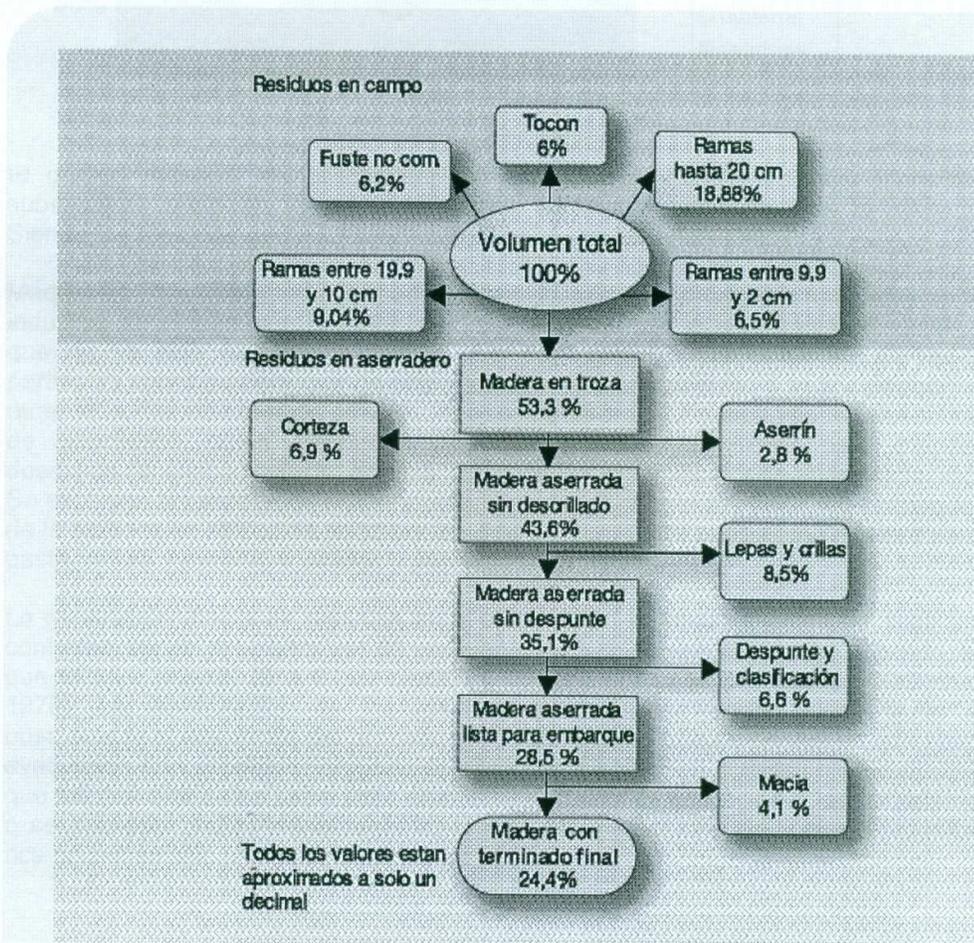
Según Arreaga (2002) los bosques de R<sup>TM</sup>o Chanchich tienen una biomasa de 209,4 ton/ha (aproximadamente 104,7 tC/ha). Utilizando las ecuaciones generadas, se procedió a estimar el volumen de madera que se pierde durante todo el ciclo.

La acción de tumba de los árboles significa la extracción de 5,48 tC/ha; o sea, alrededor de 2004,62 tC en toda el área anual de aprovechamiento (AAA). Del total de carbono removido, se quedan botados 2,46 tC/ha (900,65 tC/AAA); principalmente en ramas >20 cm de grosor (Figura 6a), las cuales pudieran ser procesadas para evitar la pérdida del carbono almacenado. En orden de importancia, le siguen las ramas entre 2 y 19,9 cm de grosor, fuste no comercial y tocón. Se calcula que los daños causados por la caída de los árboles genero un total de 2,49 tC/ha (912,05 tC/AAA).

Para la extracción de las trozas hasta los patios de acopio, se construyeron alrededor de 46 415 metros de vías de arrastre con un ancho promedio de 4 m, lo que da un área disturbada de 18,64 ha. Los caminos principales tuvieron una longitud total de 3217 m con ancho promedio de 12 m (área disturbada de 3,68.

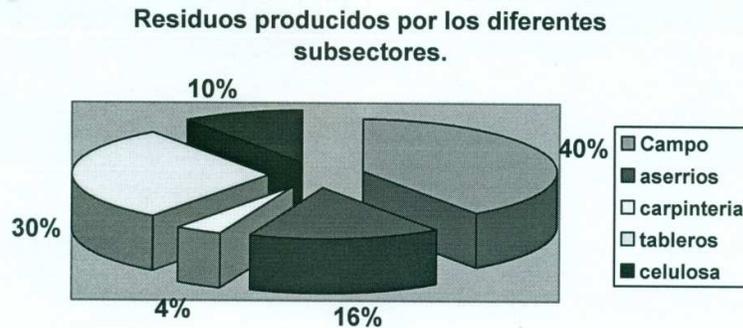
ha). El área total de bosque bajo caminos y vías de arrastre fue del 6,1%. El ancho promedio reportado para las vías de arrastre es mayor que las reportadas por Contreras y Morales (1995) y Johns et al. (1996), quienes hablan de 3,6 m y 3 m de ancho, respectivamente. Si bien la construcción de caminos y vías de arrastre se hizo en forma planificada y evitando la tumba de árboles de diámetros mayores, como residuos forestales que suman un total de 1,94 tC/ha (711,72 tC/AAA).

Los cuatro patios de acopio significaron la remoción del bosque en un área de 0,88 ha, con lo que se generó un promedio de 0,275 tC/ha (100,53 tC/AAA). En total, en el bosque quedan residuos por 2624,95 ton C (7,17 ton C/ha).



## 4.2 Residuos generados por el procesamiento forestal.

Situación de la biomasa forestal generada por las industrias de de procesamiento en Galicia.



El gráfico muestra los porcentajes de residuos generados por los diferentes subsectores tanto en la extracción como en el procesamiento de la madera. Siendo los residuos generados en campo por extracción forestal.

Madera en rollo que queda después de la producción de productos forestales en la industria de elaboración forestal (es decir, residuos de la elaboración forestal) y que no ha sido reducida a astillas o a partículas [definiéndose las astillas y partículas como madera que ha sido reducida deliberadamente a trozos pequeños durante la manufactura de otros productos madereros']. Se incluyen los desechos de aserradero, tapas, despuntes, recortes, duramen de trozas para chapas, desechos de chapa, aserrín, corteza, residuos de carpintería y de ebanistería, etc. Se excluyen las astillas de madera obtenidas directamente (es decir, en el bosque) de la madera en rollo o de residuos (es decir, ya contabilizadas como madera para pasta, rolliza y partida, o astillas y partículas de madera).

La generación media de residuos en la elaboración de madera aserrada, para las coníferas, es de alrededor del 30 por ciento de la biomasa del tronco utilizado, lo que incluye aserrín (5 a 8 por ciento) y corteza (10 a 14 por ciento) (Kalincha, 1978). La acumulación de los residuos en los aserraderos puede llegar a obstaculizar el desarrollo del proceso productivo, por lo que es necesario que sean evacuados con prontitud. Algunos productores los venden o regalan a empresas que les dan diferentes usos, pero en muchas ocasiones se envían a los vertederos o se incineran indiscriminadamente, lo que es un derroche de materia orgánica rica en nutrientes. (Álvarez; Díaz y Díaz, 2001)

## **Proyectos en operación y programados a la red pública o de autogeneración en Nicaragua.**

Dos son los proyectos de Cogeneración de energía eléctrica que actualmente están en operación en Nicaragua:

El primer proyecto forestal energético que se desarrolla en el país en 1980, fue el ingenio azucarero "Victoria de Julio", que actualmente tiene una capacidad de Generación (zafra) de 12 MW, con una demanda actual de leña de 48.597 t conteniendo un 25% de humedad, cuenta con una área reforestada de 3.500 ha y una producción estimada de 36.000 t. En la zafra 93/94 la energía eléctrica suministrada a la Red Nacional fue de 3.207.540 kWh. Se espera que al ampliar su capacidad de producción a 30,7 MW, su aporte a la red nacional sea mayor.

El otro proyecto forestal energético que se desarrolló en el año 1992 fue el Ingenio azucarero "San Antonio", que actualmente tiene una capacidad de Generación de 16,5 MW, con una demanda actual de astillas de 48.658 t, Y un área reforestada de 1.060 ha.

Estos ingenios tienen programado ampliar su capacidad de generación para abastecer energía de biomasa a la red nacional y están ampliando el desarrollo de plantaciones forestales energéticas, con especie de rápido crecimiento como combustible complementario al bagazo que permita operar las calderas a plena capacidad durante el "tiempo muerto", produciendo a través de inversiones marginales y ajustes en el esquema energético mayores excedentes de energía que se puedan colocar comercialmente en la red nacional. Lográndose no sólo beneficios para las empresas sino que haciendo aportes significativos al país tanto ambiental como económico, por medio de sustitución de importaciones de petróleo, generación de nuevas alternativas de empleo y de producción en suelos degradados por prácticas agrícolas no adecuadas.

## **Informaciones y datos sobre la situación actual de la generación de electricidad a partir de biomasa en el contexto de generación eléctrica.**

En la actualidad la generación de energía eléctrica a partir de biomasa es en los ingenios de caña de azúcar, los que se dedican a la producción de azúcar, alcohol y melaza. Los mismos se ubican en la Zona Central y Occidente del País. En total son cinco ingenios, tres privados y dos estatales.

### **Los ingenios privados son:**

El Ingenio Ofelina S.A, en el distrito de Nata, provincia de Coclé, el cual se dedica a la producción de azúcar cristalina, alcohol y melaza. Genera 7,9 millones kWh/día, con bagazo; lo que equivale al 72% de la energía utilizada en el proceso.

El Ingenio Santa Rosa S.A., ubicado en el Roble, distrito de Aguadulce, provincia de Coclé, produce un total de 128.410 t de bagazo y genera 5,01 millones de kWh/día, con bagazo lo que equivale al 75% de la energía utilizada en el proceso.

El Ingenio Varela Hermanos S.A, ubicado en el distrito de Pese, provincia de Herrera produce 625 t/día de bagazo con 48% de humedad y lo utilizan para la producción de vapor durante el proceso de molienda, y la destilación. El uso de bagazo representa un ahorro para la empresa de B/115.500, si tuviera que comprar el bunker.

Los ingenios Estatales son:

Ingenio La Victoria en el corregimiento La Raya, distrito de Santiago, provincia de Veraguas. Este ingenio produce 219.035 t de bagazo y genera 866.100 kWh/día, equivalente al 90% de la energía utilizada en el proceso.

El otro ingenio se ubica en el distrito de Alange, provincia de Chiriquí, y presenta características similares al anterior.

### **Valor calorífico de las especies forestales.**

En Panamá se cuenta con resultados de investigación silvicultural de especies de rápido crecimiento y con alto potencial dentro energético, estas especies fueron evaluadas por los proyectos Leña y Fuentes Alternas de Energía y Madeleña. Cuadro

Por otro lado existen estudios de suelos y sitio en donde estas especies y otras crecen muy bien con incrementos medios anuales satisfactorios, lo que indica que parte de estas experiencias se pueden aplicar en programa dendroenergéticos en nuestro país.

### **Especies de rápido crecimiento investigadas**

| <b>Especie</b>           | <b>Poder calorífico (kcal(kg))</b> |
|--------------------------|------------------------------------|
| Acacia mangium           | 4.770                              |
| Eucalyptus camaldulensis | 4.800                              |
| Guazuma ulmifolia        | 4.423                              |
| Gliricidia sepium        | 4.900                              |
| Gmelina arborea          | 4.800                              |
| Leucaena leucocephala    | 4.445                              |
| Tectona grandis          | 5.000                              |

### Estudios en Francia.

Se sostiene que la madera continúa siendo el combustible más barato en Francia, especialmente para cocinar. El valor calorífico de 1 kilo gramo de leña seca (4.110 calorías), es equivalente a 0,548 Kg. de carbón de piedra, a 0,934 m<sup>3</sup>. de gas de tubería, a 0,349 Kg. de botellón, y a 0,777 Kw. de electricidad. Sobre esta base, 4 francos (1 centavo de dólar) de leña, sobre la base de 4.000 francos la tonelada, producirá tanto calor como 7,67 francos (2 centavos de dólar) de carbón de piedra, 28 francos (8 centavos de dólar) de gas, 33,60 francos (10 centavos de dólar) de butano, y 119 francos (36 centavos de dólar) de electricidad.

La siguiente tabla muestra los valores aproximados de los residuos forestales producidos actualmente en nuestro país, con datos del Segundo Inventario Forestal Nacional (ICONA, 1986 a 1995).

Superficie arbolada (ha): 12.091.164

#### CANTIDAD RESIDUOS DE CORTE Y ELABORACIÓN DE LA MADERA(1000

Tm/año):

|                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| Residuos de ramas                   | 290,17          |
| Corteza, serrín y virutas de ramas  | 79,42           |
| Corteza, serrín y virutas de madera | 1.110,31        |
| Hojas, tocones, raíces              | 864,59          |
| <b>Total</b>                        | <b>2.344,49</b> |

#### RESIDUOS DE TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS:

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Residuos de madera de sierra       | 370,46          |
| Residuos de madera de industria    | 1.183,05        |
| Leña para astillas                 | 1.338,00        |
| <b>Total</b>                       | <b>2.891,51</b> |
| <b>RESIDUOS FORESTALES TOTALES</b> | <b>5.236,00</b> |

Como se puede observar, los residuos forestales (incluyendo aquéllos de las industrias de transformación primaria de la madera) generados anualmente suponen aproximadamente 5 millones de toneladas. Si se le asigna a esta biomasa (con un contenido en humedad muy bajo) un poder energético de 16,7 MJ/kg se obtendría un potencial energético de unos 2 millones de tep/año.

### Energía procedente de la biomasa

Comprende todas las formas de energía derivada de combustibles orgánicos (biocombustibles) de origen biológico utilizados para producir energía. Comprende tanto los cultivos destinados a producir energía que se cultivan específicamente, como las plantaciones polivalentes y los subproductos (residuos y desechos). El término subproductos incluye los

subproductos sólidos, líquidos y gaseosos derivados de las actividades humanas. Se puede considerar a la biomasa como una forma de energía solar transformada.

### **Balance de bioenergía**

El balance de bioenergía es un cuadro de conjunto de la producción y consumo de Biocombustibles primarios y secundarios en una zona, país o región determinados. Todos los valores deben indicarse en la misma unidad y tener el mismo prefijo para indicar su magnitud (tara, peta, giga, etc.). Los balances de energía deben abarcar todas las fuentes de energía primaria y secundaria, mostrando claramente los usos no energéticos de esas fuentes. En los casos en los que los Biocombustibles son utilizados para procesos industriales, como la industria de la producción de arrabio, deben indicarse claramente su utilización y considerarse todos los procesos previos implicados.

### **Dendroenergía (energía forestal)**

Toda la energía obtenida a partir de Biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos primarios y secundarios derivados de los bosques, árboles y otra vegetación de terrenos forestales. La dendroenergía es la energía producida tras la combustión de combustibles de madera como leña, carbón vegetal, pellets.

### **Combustibles de madera**

En esta categoría se incluyen todos los tipos de Biocombustibles derivados directa o indirectamente de los árboles y arbustos que crecen en tierras forestales y no forestales. La definición de bosque utilizada en la evaluación de los recursos forestales de la FAO de 1990 (Estudio FAO: Montes 124, p.?) es muy amplio e incluye tierras con una cubierta de copas mínima del 20 por ciento en los países desarrollados y del 10 por ciento en los países en desarrollo. Entre los combustibles de madera se incluye también la biomasa derivada de actividades silvícola (aclareos, podas y otros) y de extracción y explotación (puntas, raíces, ramas, etc.), así como subproductos industriales derivados de industrias forestales primarias y secundarias que se utilizan como combustible. Se incluyen también los combustibles de madera derivados de plantaciones forestales con fines energéticos.

Con arreglo a su origen, los combustibles de madera se dividen en tres grupos: combustibles de madera directos, combustibles de madera indirectos y

combustibles de madera recuperados. Este último no cabe en nuestro estudio ya que en el municipio no se cuenta con actividades de esta índole.

**Combustibles de madera directos:** madera extraída directamente de los bosques (bosques naturales y plantaciones); tierra en la que la cubierta de copas ocupa más de un 10 por ciento de la superficie en una extensión de más de 0,5 ha); otros terrenos boscosos (tierra con una cubierta de copas de entre el 5 y el 10 por ciento de la superficie, en la que los árboles pueden alcanzar una altura de al menos 5 m al alcanzar la madurez in situ, o tierra con una cubierta de copas de más del 10 por ciento de la superficie, en la que los árboles no pueden alcanzar una altura de al menos 5 m al alcanzar la madurez in situ, y cubierta arbustiva o de

matorral); y otras tierras destinadas al suministro de energía para cubrir la demanda, e incluye tanto los combustibles de madera inventariados (registrados en estadísticas oficiales) como no inventariados.

Los combustibles de madera directos se queman directamente o se transforman en otro combustible, como el carbón vegetal, los gases de pirolisis, pellets, etanol, metanol, entre otros.

**Combustibles de madera indirectos:** generalmente, son subproductos industriales derivados de industrias primarias de la madera (aserraderos, fábricas de tableros de partículas, plantas de fabricación de pasta de papel) y secundarias (ebanistería, carpintería), tales como residuos del aserrado, costeros restos del canteado y el escuadrado, aserrín, virutas y astillas, licor negro, etc. Los combustibles de madera indirectos se queman directamente o se transforman en otro combustible, como el carbón vegetal, gases de pirolisis, pellets, etanol, metanol, etc.

**Combustibles de madera recuperados:** biomasa leñosa derivada de todas las actividades económicas y sociales ajenas al sector forestal, generalmente, desechos de la construcción, demolición de edificios, bandejas de carga, contenedores, cajas de madera y otros que se queman tal cual están o se transforman en astillas, pellets, briquetas o polvo.

Por lo que respecta a los productos que se han de considerar al contabilizar la dendroenergía, los combustibles de madera se puede dividir en diferentes tipos de productos: leña, carbón vegetal, licor negro y otros, definidos según se indica continuación.

**Leña:** incluye la "madera en bruto" en piezas pequeñas (leña), astillas, pellets y/o polvo derivados de los bosques y árboles aislados, así como los subproductos de la industria de la madera y los productos leñosos recuperados. Conservan la estructura original básica de la madera y se pueden utilizar directamente o después de haber sido transformados en otro combustible de madera como el carbón vegetal. Cuando es necesario, la leña se puede preparar en productos más.

adecuados, como astillas y pellets, sin necesidad de realizar transformaciones físico-químicas importantes.

**Carbón vegetal:** residuo sólido derivado de la carbonización, destilación, pirolisis y torrefacción de la madera (de troncos y ramas de árboles) y subproductos de la madera, utilizando sistemas continuos o discontinuos (hornos de pozo, ladrillo y metal). Incluye las briquetas de carbón vegetal.

**Otros combustibles de madera:** esta categoría incluye una amplia gama de combustibles líquidos y gaseosos derivados de la leña y el carbón vegetal en general, mediante procesos pirólíticos o enzimáticos, como gases de pirolisis, etanol, metanol, productos de interés creciente pero que por el momento

**Agro combustibles:** Combustibles obtenidos como productos de la biomasa y subproductos agrícolas. Consisten principalmente en la biomasa derivada directamente de los cultivos destinados a ser utilizados como combustible y de los subproductos agrícolas, agroindustriales y animales.

**Cultivos destinados a ser utilizados como combustible:** especies de plantas cultivadas en plantaciones o granjas destinadas a producir materia prima para la producción de biocombustibles. Estos cultivos se pueden producir en granjas terrestres (yuca, caña de azúcar, euphorbia, etc.), en granjas marinas (algas) o en granjas de agua dulce (jacintos de agua). Los cultivos para combustible producidos en tierra se pueden clasificar en: cultivos de azúcar/almidón, cultivos oleaginosos y otros cultivos energéticos.

**Cultivos de azúcar/almidón:** Son cultivos que se plantan básicamente para producir etanol (alcohol etílico) como combustible utilizado principalmente en el transporte (solo o mezclado con gasolina). El etanol se puede producir mediante la fermentación de la glucosa derivada de las plantas que contienen azúcar (como la caña de azúcar) o de materiales de almidón después de realizar la hidrólisis.

#### 4.3 Clasificación de los combustibles.

La finalidad básica que inspira la Terminología Unificada sobre Dendroenergía (UWET) es crear un marco adecuado para identificar la cuantía y el tipo de dendroenergía procedente de diferentes fuentes para satisfacer las necesidades de los usuarios. Así, el combustible o producto utilizado para transportar la energía es el parámetro básico que debe contabilizarse y clasificarse adecuadamente. Tanto en forma comercial como no comercial, estos combustibles deben ser considerados siempre como productos valiosos que pueden satisfacer la demanda.

Como complemento del enfoque general que se presenta en la figura 1, en el cuadro 2 se ofrece un sistema detallado de clasificación de los biocombustibles.

La principal consideración en la que se basa la clasificación propuesta en el cuadro 2 es el reconocimiento del emplazamiento básico en el que se produce la biomasa; dicho de otra forma, establecer si el Biocombustible está relacionado con la actividad forestal, agrícola o municipal. Además, la inclusión de un grupo sobre la utilización de agro combustibles tiene por objeto distinguir los biocombustibles clásicos (que suelen estar relacionados con la explotación forestal) de los más modernos, orientados básicamente a la plantación anual o plurianual.

Los grupos establecidos en relación con la oferta son subdivisiones importantes que identifican claramente el origen de los biocombustibles. En lo que respecta al usuario final, se puede observar la diversidad de combustibles que se pueden producir para cada grupo, lo que permite comparar y verificar los datos relativos tanto a la oferta como a la demanda. En la última columna del cuadro 2 se enumeran los diferentes tipos de combustibles, primarios, secundarios e incluso terciarios, que se pueden utilizar para generar calor, electricidad y energía. Frecuentemente, los combustibles secundarios y terciarios proceden de la biomasa en bruto producida por varias fuentes tras la aplicación de unos procesos de transformación bastante complejos.

#### Importancia del combustible de madera

| Productos<br>(vectores<br>dendroenergéticos)                | Oferta (Fuentes)                      |   |  |
|---|---------------------------------------|---|--|
|   | Combustibles<br>de madera<br>directos | Combustibles<br>de madera<br>indirectos | Combustibles<br>de madera<br>recuperados |
| Leña  | XXX, E                                | XXX, NE                                 | XXX, NE                                  |
| Carbón vegetal  | XXX, E                                | XX, NE                                  | X, NE                                    |
| Licor negro   |                                       | XXX, NE                                 |  |
| Otros (metanol, etanol, gases<br>de pirolisis)              | X, NE                                 | X, NE                                   | X, NE                                    |
| <b>Importancia:</b>   |                                       | <b>Base de datos</b>                    |  |
| XXX : muy importante  |                                       | E : estimación actual                   |  |
| XX : importante   |                                       | NE: no evaluado actualmente             |  |
| X : menos importante o en fase de<br>desarrollo tecnológico |                                       |   |  |

Esta versión dista de estar ultimada y existen algunas deficiencias y superposiciones que deberán ser aclaradas en el futuro. No obstante, a la luz de las novedades técnicas recientes en el sector de la bioenergía, se han suprimido algunos términos utilizados habitualmente en las publicaciones actuales. De hecho, han desaparecido términos tales como energía no comercial y se ha revisado la definición anterior de biocombustible, que se refería a la biomasa elaborada para obtener etanol, esteres y otros productos derivados de la biomasa, con el fin de presentar la definición más adecuada y realista. Hay que señalar que, actualmente, el término plantaciones energéticas se refiere tanto a plantaciones forestales como agroenergéticas.

En esta nueva clasificación, las plantación es para la obtención de energía se refieren a las plantaciones para la obtención de energía forestal, en tanto que las plantaciones agrícolas se denominan simplemente cultivos para producir energía. Por otra parte, se proponen nuevos términos como agro combustibles, que se refieren a los combustibles derivados de actividades no agrícolas, incluidos subproductos energéticos de la cría de animales, la agricultura y la agroindustria. Como norma general, se propone sustituir los términos desechos y residuos por subproductos.

## **V. DISEÑO METODOLOGICO**

### **5.1 Ubicación del estudio**

El estudio se realizara en el municipio de Rosita Región Autónoma del Atlántico Norte característico de climas tropicales. Al igual que toda la costa del Caribe se caracteriza por tener dos épocas bien definidas; una lluviosa que inicia a finales de mayo y concluye en diciembre siendo el mes de julio el más lluvioso y de otra de menor precipitación comprendida entre enero y abril; siendo este ultimo el más seco; y es en esta época en que se concentra la actividad de extracción de la madera.

La temperatura media anual es de 23.2°C; sin embargo en época seca alcanza temperaturas mayores de 30°. Las precipitaciones se estiman entre 2300 - 4000 Mm. Anuales, sobresaliendo elevaciones de hasta 60 metros sobre el nivel del mar con rangos de pendientes que van desde 2 a 20%, de manera general las pendientes no representan impedimentos para el aprovechamiento forestal. Y esta ubicada en la latitud 14°02 y longitud 83°23 y una elevación de 23 metros sobre el nivel del mar (estación meteorológica de Puerto Cabezas). La variabilidad de precipitación y temperaturas inciden directamente en la diversidad florística de la zona.

### **5.2 Tipo de Estudio**

El presente estudio es analítico - cuantitativo, de carácter retrospectivo y de corte transversal.

### **5.3 Universo**

Este comprende 16,500 ha.; las cuales están divididas en 6 planes generales de manejo; siendo estos: Layasiksa, Kukalaya, Kiwatingni, Okonwas, Kuliwas, y El Cascal. En el caso de Layasiksa, Kukalaya y Kiwatingni pertenecen a comunidades indígenas, Okonwas, Kulinwas y el Cascal son propiedad de la empresa.

### **5.4 Muestra**

Se tomaron dos planes operativos (Layasiksa y el Cascal) derivados de planes generales de manejo ubicados en el municipio de Rosita de la región del atlántico norte, en donde el Cascal es propiedad de la empresa PRADA S.A. mientras que Layasiksa pertenece a una comunidad indígena; pero ambos planes están siendo manejadas por dicha empresa comprendiendo una extensión de 742 ha; lo que representa una muestra de 4.5 %

Con relación a la muestra de los desperdicios generados por el procesamiento de primera y segunda transformación. Donde se harán un muestreo a la empresa prada ya que procesa el 80% de la madera del municipio.

## **5.5 Técnicas, procedimiento y variables a considerar para la recopilación de la información**

### **Residuos forestales de los aprovechamientos.**

Para la medición de los residuos que se generan en el bosque se eligieron 5 especies; las cuales representan un alto porcentaje de las especies utilizadas en plywood y aserrío. Las especies elegidas fueron: Cedro macho (*Carapa Guianensis*), Nanciton (*Hyerinima alchorneoides*), Ceiba (*Ceiba pentandra*), Maria (*Calophyllum brasilenses* varo Recoi y Guapinol (*Hymenae coubaril*).

Con todo esto y tras observar los procedimientos de corta" in situ" se decidió realizar las mediciones a la vez que los operarios tumbaban los árboles.

Para realizar el muestreo se escogieron 10 árboles al azar de cada especie a los cuales se midieron antes y después de talados.

En primer lugar se midieron las dimensiones del fuste comercial, con su longitud y sus diámetros mayores y menores; a la vez las ramas comerciales en el caso de existir. Posteriormente las ramas de la copa, lo cual se realizo midiendo rama por rama, y entre bifurcación y bifurcación, estableciendo un limite para el diámetro inicial de 20 cm.

Dada la importancia de los aletones del Cedro Macho (*Carapa guiñéense*) y la Ceiba (*Ceiba pentandra*) en relación con el volumen total de la madera cortada, se midieron los aletones o contra fuertes de la base de los troncos, los cuales también se dejan en el campo como residuos, y poseen en la mayoría de los casos dimensiones considerables. (Ver Anexo)

En las operaciones de tala y descorné de los árboles se tomaron en consideración las variables siguientes:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm.
- Altura comercial en metro.
- Medición de ramas con diámetros mayores de 10 cm.
- Medición de aletones (largo, ancho y grosor) en cm.

## **En la Medición de los residuos generados por los caminos forestales y patios de acopio.**

Para calcular los residuos generados por la apertura de caminos se realizaron mediciones 3 transeptos de 100 m cada uno a lo largo de 3 caminos de cada categoría de reciente creación. A lo largo de dichos transeptos y a ambos lados del camino se midió la longitud y diámetros inicial y final de cada árbol derribado de un diámetro inicial mayor de 10 cm. El objetivo de estas mediciones es el de obtener una estimación del volumen de residuos que se generan en la apertura de cada kilómetro de los caminos que se abren en es te tipo de bosque.

### **El formato de tabla utilizado esta en el Anexo I.**

En es te caso no se han tenido en cuenta las especies de los árboles que han sido derribados, solamente s e cuantificará el volumen y se le asignará un densidad y humedad medias para su posterior procesado en la hoja de cálculo. Las mediciones para el establecimiento de los transeptos se realizaron con una cinta métrica de 50m y las medidas de los pies derribados se hicieron con la cinta métrica metálica auto enrollable de 5m.

#### **5.5.1 Planta de plywood y aserrios**

En las actividades de la planta de plywood las mediciones se realizaron mediante un turno completo de producción (8 hrs.) para poder estimar adecuadamente la cantidad de residuos generados. En primer lugar se midieron las trozas antes de entrar al torno, su diámetro en ambos extremos con y sin corteza (ver anexos). Al finalizar el proceso de cada troza en el torno se media el bolillo final y el diámetro. Hasta aquí es posible realizar un procedimiento Troza por troza, por lo que los resultados se pueden referir directamente, pero en el resto del proceso los residuos y sobrantes se realizan mediante una medición al final del día de los residuos totales y luego promediarlos (ver cuadro de especies).

En el caso de las variables para el Aserrío se consideró:

- Diámetro mayor, menor y el largo.
- especie (nombre común).
- Medición de corteza en cm.
- Ripios y sobrantes en kilogramos.
- Aserrín de primera y segunda sierra en Kg.

#### **5.6 Técnicas para el análisis y procesamiento de la información**

Para poder llevar acabo el análisis y procesamiento de la información se utilizaron el programa Excel. Así como tablas de conversión para la homogenización de unidades de medidas y conversión utilizada para el procesamiento de datos con

uniformidad de medidas, de igual, manera se utilizaron formulas matemáticas necesarias para el cálculo de volúmenes, peso y energía. (Ver anexo 5)

**Tabla de conversión utilizada para unidades de volumen y peso**

| Unidades iniciales | Conversión | Unidades finales.              |
|--------------------|------------|--------------------------------|
| Pies (ft)          | /0.3084    | Metro (m)                      |
| Pies tablares      | /423.78    | Metro cúbico (m <sup>3</sup> ) |
| Pulgadas           | /2.54      | Centímetros (cm.)              |
| Libras             | /0.454     | Kilogramos (Kg.)               |
|                    |            |                                |

De la misma manera la tabla de conversiones utilizada para la cuantificar la energía potencial y convertirla de materia Kilogramos de seca a mega watt. Ver siguiente tabla.

| Unidades iniciales   | Conversión | Unidades finales.    |
|--|------------|----------------------|
| <b>1 Tn m<sup>3</sup> madera tiene 11,500 mega Joules (MJ)</b> |            |                      |
| MJ   | /3.6       | Kilowatts hora (Kwh) |
| Kwh  | /8,760     | Kilowatts (Kw)       |
| Kw   | /1000      | Mega Watts (Mw)      |
|  |            |                      |

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Una vez procesados tanto los datos obtenidos en campo como los de laboratorio se presentan a continuación los resultados obtenidos.

### 6.1 Residuos Generados por las actividades de aprovechamiento Forestal.

Las actividades inmersas en el aprovechamiento forestal son; cortas de árboles, construcción de caminos forestales.

#### 6.1.1 Apeo de árboles

En las actividades de corta de árboles se obtienen residuos directos procedentes de los propios pies derribados, pero además se provocan unos daños al arbolado circundante que se puede traducir en metros cúbicos de residuos derivados de daños.

**Cuadro 1. Volumen de residuos forestales por especie derivados De los Aprovechamientos, Rosita, 2003.**

| Especies                      | Rama >20   | Ramas 10-20  | Ramas <10    | Aletones     | Fuste no aprovechado | total         |
|-------------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|---------------|
| Cedro Macho                   | 2,214      | 0,357        | 0,176        | 0,597        | 0                    | <b>3,344</b>  |
| Maria                         | 1,798      | 0,424        | 0,156        | 0            | 0,883                | <b>3,261</b>  |
| Nanciton                      | 3,539      | 0,273        | 0,158        | 0            | 0,151                | <b>4.121</b>  |
| Guapinol                      | 6,057      | 0,331        | 0,175        | 0            | 0                    | <b>6.563</b>  |
| Ceiba                         | 8,824      | 0,459        | 0,272        | 1,890        | 3,133                | <b>14.578</b> |
| <b>Promedio m<sup>3</sup></b> | <b>4.5</b> | <b>0.368</b> | <b>0.187</b> | <b>0.497</b> | <b>0.833</b>         | <b>6.385</b>  |

El cuadro representa los tipos de residuos que se generan por especies y de cada árbol cortado durante los aprovechamientos forestales donde se puede apreciar que los residuos más importantes son de las ramas mayores de 20 centímetros de diámetro los cuales generan el 70% de los residuos de los árboles tumbados, los Aletones son importantes en la Ceiba y al Cedro macho, y por la dominancia de este último es por lo que supone un porcentaje relativamente alto sobre el total al igual que la Ceiba por sus grandes Aletones.

El fuste no aprovechado no depende de la especie, está en función únicamente de la existencia de alguna deformidad o enfermedad en el tronco que hace que se descarte de la producción y que se quede en el campo.

Dentro de los residuos generados por aletones, únicamente las especies de **Ceiba pentandra** y **Charapa gianensis** son las que la producen por su forma de la base del fuste, sin embargo cabe señalar que el **Carapa giannensis** es la mas importante por la abundante de la especie.

### 6.1.2 Distribución de residuos de los árboles en los aprovechamientos forestales.

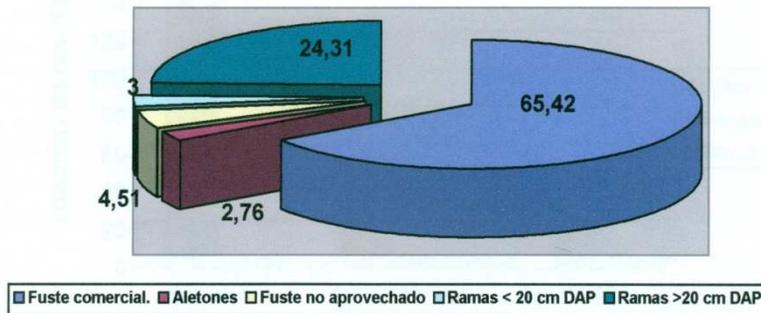


Gráfico 1. Distribución de residuos de los árboles cortados en el Aprovechamiento Forestal. Rosita 2003.

En el grafico 2 se puede observar que de cada árbol tumbado se aprovecha como fuste comercial el 65.42% del volumen total del árbol lo que significa que el 34.58% son desperdicios potenciales para ser utilizados en la generación de energía.

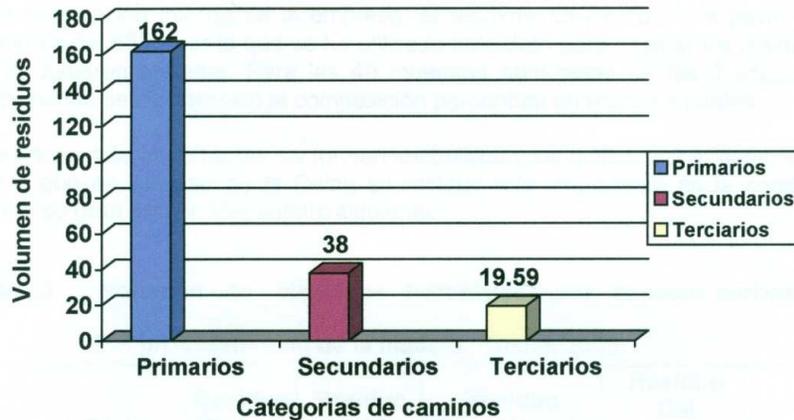
### 6.1.3 Residuos generados por Daños a otros árboles durante la tumba.

Según los muestreos realizados en campo al momento de la tumba de árboles, por cada árbol tumbado se derriban un promedio de 3 árboles con un diámetro mayor de 20 centímetros, los cuales generan un volumen de residuos disponibles de 2.41 m<sup>3</sup> los cuales pueden ser utilizados para otros usos.

En el municipio de Rosita se tumban aproximadamente un promedio de 7,280 árboles los cuales generan un volumen de residuos por daños a otros árboles de 17,290 m<sup>3</sup> disponibles para su utilización en la producción de energía.

**6.1.4 Residuos procedentes de la apertura de caminos y trochas de extracción.**

Para la extracción de la madera en los aprovechamientos forestales es necesario la construcción de caminos forestales, los cuales están definidos por categorías; caminos primarios, secundarios y terciarios para lo que hay que tumbar árboles para su construcción y estos se convierten en residuos potenciales para su uso en la producción de energía. Ver grafico 3.



**Gráfico 2. Residuos generados por la apertura de caminos forestales, Rosita 2003.**

El gráfico muestra los residuos generados por cada Kilómetro de camino en los aprovechamientos forestales, donde el mayor Volumen lo producen los caminos primarios por ser de un ancho mayor, ya que donde circulan los camiones y maquinarias que cargaran y transportaran la madera.

**Cuadro 2. Residuos generados por cada categoría de Caminos Forestales Municipio de Rosita. 2003.**

| Categoría de caminos forestales.         | caminos primarios Km | caminos secundarios Km | caminos terciarios Km | Total Km      |
|--|----------------------|------------------------|-----------------------|---------------|
|  | 15.11                | 28.05                  | 50.75                 | <b>93.9</b>   |
| <b>Residuos generados(m<sup>3</sup>)</b> | 2,456.00             | 1,068.12               | 994.19                | <b>4518.3</b> |

En el cuadro se reflejan los volúmenes de residuos generados por caminos forestales en el 2002, en donde se genero un Volumen total de 4,518m<sup>3</sup> anualmente.

Estos residuos generados en la apertura de caminos también suponen una gran cantidad, sumado al hecho de estar apilados junto a los caminos, hace que es los residuos estén mucho más accesibles al transporte, siendo sin duda los residuos más rentables y de más fácil extracción.

## 6.2 Residuos generados en la industria

### 6.2.1 Planta de Plywood

Según información interna de la empresa, el rendimiento medio de la planta de plywood es del 65%, por lo que se ha utilizado este dato para estimar los residuos que no pudieron medirse. Para las 49 muestras analizadas de las 3 especies seleccionadas se ha obtenido la composición porcentual en residuos totales.

Los residuos más importantes los forman los bolillos y los guillotinos, aunque se observa que en el caso de la Ceiba su residuo más importante es la corteza, debido a su gran grosor. Ver cuadro siguiente.

**Cuadro 3. Volumen de Residuos Forestales por especie derivados Del procesamiento de la madera, Rosita, 2003.**

| Especies | Corteza (m3) | Residuo láminas (m3) | Residuo bolillo (m3) | Residuo dimensionado a 100" (m3) | Residuo Del guillotinado | Total         |
|----------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------|
| Cedro    | 0.025        | 0.0379               | 0.135                | 0.0349                           | 0.0744                   | <b>0.3072</b> |
| Macho    | 0.327        | 0.0885               | 0.2144               | 0.134                            | 0.1909                   | <b>0.9548</b> |
| Sebo     | 0.055        | 0.044                | 0.122                | 0.0267                           | 0.0693                   | <b>0.317</b>  |
|          |              |                      |                      |                                  |                          |               |

En el cuadro se puede observar el volumen de residuos forestales por cada troza que se procesa en la planta de plywood donde la Ceiba pentandra es la que genera la mayor cantidad de residuos con 0.954 m<sup>3</sup> debido al grosor de su corteza.

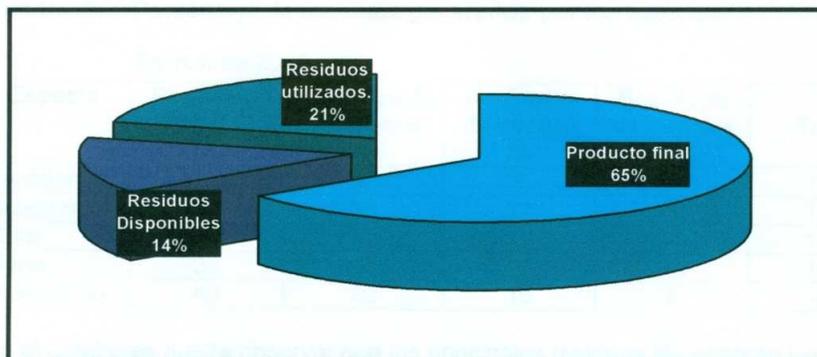
**Cuadro 4. Composición de la troza en plywood por especie utilizadas en La planta procesadora. Rosita 2003.**

| Producto final (plywood) | Corteza (%) | Residuo láminas (%) | Residuo Bolillo (%) | Residuo dimensionado a 100" (%) | Residuo Del Guillotinada (%) | Total       |
|--------------------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------|
| 65%                      | 4.4%        | 3.61%               | 12.25%              | 3.76%                           | 10.91%                       | <b>100%</b> |

En este cuadro se representa el rendimiento de la planta la cual posee un rendimiento aceptable para este tipo de plantas, siendo sus más importantes residuos los del bolillo, es decir, el centro de la troza donde se adapta el eje de giro, y los de los guillotinos, donde están incluidos además todos los residuos posteriores al secado.

Los bolillos tienen un diámetro medio ponderado de 26.5 cm., y su longitud media es de 2.66 m. Tienen dimensiones más que suficientes para dedicarlos a muchos otros usos, sin embargo la empresa los considera como residuos.

### 6.2.1.1 Distribución y Utilización del procesamiento de la troza en la planta de plywood.



**Gráfico 3. Distribución y utilización del procesamiento de la troza en la planta de plywood. Rosita 2003.**

El gráfico muestra que de cada troza que entra al procesamiento en la planta el 65% es convertido en plywood y 35% son residuos en bolillos, corteza, laminas, guillotinado y dimensionado, de los cuales se está utilizando el 21% para la producción de calor el cual proporciona el secado de las laminas de plywood, lo que significa que está disponible el 14% de los residuos para otros usos, como la producción de energía eléctrica.

Según información suministrada por la empresa, la planta de plywood posee una producción media anual de 12,000 m<sup>3</sup> de producto terminado. Si a esto le aplicamos el factor de rendimiento del 65%, tenemos que para ello entran a la planta 18,461.5 m<sup>3</sup> anualmente.

Esta cantidad de madera procesada anualmente genera un promedio de 6461.525 m<sup>3</sup> de residuos de los cuales estarían disponibles el 14% equivalente a 904 m<sup>3</sup> para la producción de energía eléctrica anualmente.

### 6.2.2 En los aserrios.

En los aserraderos se procesan principalmente 5 especies donde el principal residuo es el formado por las cantoneras y los ripios. Las trozas de Nancitón y Mora son las que mayor porcentaje de cantoneras presentan, esto es debido a que el Nancitón posee normalmente un fuste irregular y poco cilíndrico, aunque esto se compensa con los grandes volúmenes de sus trozas, que le hacen tener el mayor rendimiento. Las trozas de Mora, sin embargo, suelen tener un volumen mucho más pequeño, por lo que su porcentaje de cantoneras es más elevado y su rendimiento es mucho menor.

Cabe señalar que los aserrios tienen un rendimiento del 35.36% lo que significa que el 64.64% es generado como residuo clasificados en ripios, cantoneras, corteza y aserrín. Ver cuadro 3.

**Cuadro 5. Porcentaje de residuos generados por los aserrios, municipio De Rosita 2003.**

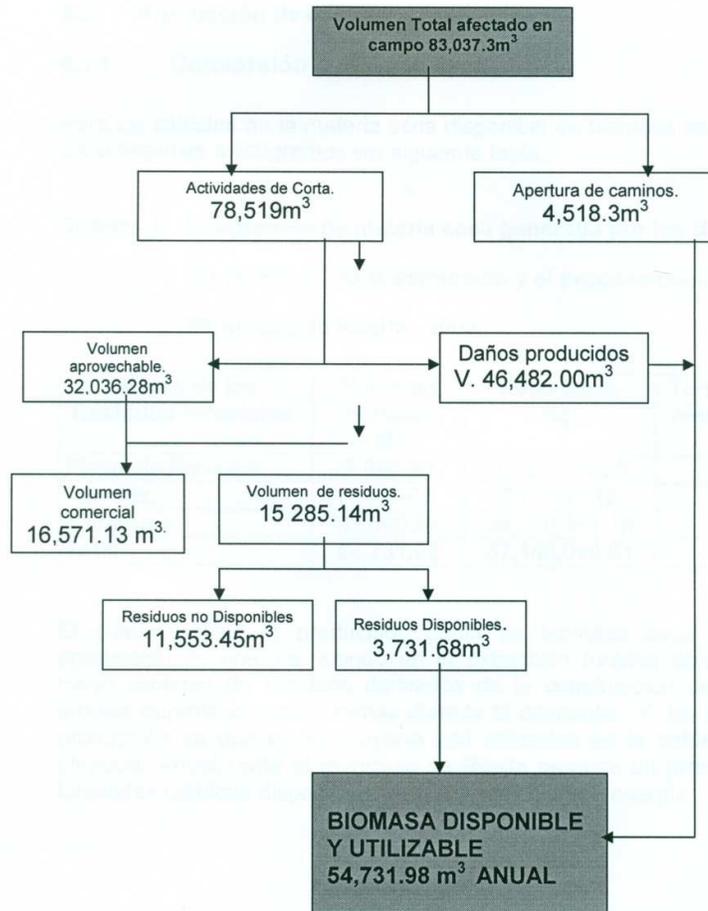
| <b>Especie</b> | <b>Residuos de ripios %</b> | <b>Residuos de cantoneras %</b> | <b>Residuos de aserrín %</b> | <b>Residuos de corteza %</b> | <b>Total</b> |
|----------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|
| Nanciton       | 25                          | 55                              | 8                            | 12                           | 100          |
| Guapinol       | 45                          | 30                              | 12                           | 13                           | 100          |
| Mora           | 26                          | 52                              | 12                           | 10                           | 100          |
| Maria          | 35                          | 40                              | 15                           | 10                           | 100          |
| Quebracho      | 45                          | 32                              | 15                           | 8                            | 100          |

En el cuadro se puede observar que los principales residuos los generan los ripios y cantoneras con un promedio de 35% en los ripios y 41.8 por las cantoneras produciendo entre ellos un total de 76.8 del total de los residuos de los aserrios.

Los aserrios procesan un promedio anual de 13,574.66 m<sup>3</sup> los cuales generan un promedio de 8,774.66 m<sup>3</sup> anual de estos residuos son utilizados el 87% equivalente a 7,633.95m<sup>3</sup> lo que implica que solamente esta disponible el 13% de los residuos totales correspondiente a los producidos por el aserrín.

**Distribución de los volúmenes afectados en la extracción y procesamiento forestal.**

**Grafico 4. Distribución de los residuos en todo el proceso de Aprovechamiento y procesamiento forestal**



En el grafico resumen refleja los volúmenes de residuos que se generan tanto en los aprovechamientos forestales como en las plantas de primera y segunda transformación en donde el volumen de residuos disponibles los integran los que son generados por la construcción de caminos forestales, daños árboles durante

la tumba, el 13% de los residuos de los aserrios y el 40% de los residuos de la planta de Pywood, las cuales generan un total de 54,731.98 m<sup>3</sup>.

El resto de residuos equivalentes a 11,553.45m<sup>3</sup> son utilizados para la caldera de planta que proporciona el secado de las láminas de plywood.

### 6.3 Producción de energía.

#### 6.3.1 Conversión a materia seca.

Para los cálculos de la materia seca disponible de biomasa es necesario convertir los volúmenes a kilogramos ver siguiente tabla.

**Cuadro 6. Kilogramos de materia seca generada por los diferentes tipos de residuos de la extracción y el procesamiento forestal en el Municipio de Rosita. 2003.**

| Origen de los Residuos forestales. | Volumen humedo M <sup>3</sup> | Peso seco. Kg.       | Tonelada metricas de residuos disponibles |
|------------------------------------|-------------------------------|----------------------|---|
| Planta de Plywood.                 | 2,584.40                      | 1,157,811.20         | 1,763.00                                  |
| Aserrios.                          | 1,147.07                      | 791,937.12           | 1,205.93                                  |
| Extraccion.                        | 51,000.51                     | 35,190,351.19        | 53,586.64                                 |
| <b>Total</b>                       | <b>54,731.98</b>              | <b>37,140,099.51</b> | <b>56,555.57</b>                          |

El cuadro refleja la producción anual de biomasa seca disponible para la producción de energía, siendo en la extracción forestal donde se producen la mayo cantidad de residuos derivados de la construcción de caminos daños a árboles durante la corta y ramas durante el despunte. Y los aserrios con menos producción ya que en su mayoría son utilizados en la caldera de la planta de plywood. Anualmente el municipio de Rosita produce un promedio de 56,555.57 toneladas métricas disponibles para la producción de energía.

### 6.3.2 Conversión a energía utilizable.

**Cuadro 7. Conversión de toneladas métricas de madera a Mega watts de Energía utilizable. Rosita, 2003.**

| Origen de los residuos | Toneladas métricas | MJ                | Kwh                   | Kw              | Mw           |
|------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|--------------|
| Planta de Plywood.     | 1,763.00           | 20,274,500        | 5,631,805.56          | 642.9           | 0.65         |
| Aserrios.              | 1,205.93           | 13,868,195        | 3,852,276.39          | 439.7           | 0.44         |
| Extraccion.            | 53,586.64          | 616,246,360       | 171,179,544.45        | 19,541          | 19,5         |
| <b>Total</b>           | <b>56,555.57</b>   | <b>650,389,05</b> | <b>180,663,626.40</b> | <b>20,623.6</b> | <b>20.64</b> |

A partir de los datos anteriores, y utilizando las conversiones necesarias, se ha obtenido que a partir de las 56,555.57 T m de residuos totales se pueden generar un mínimo de 20.64 MW.

Sin embargo hay que destacar que esta producción de residuos los genera solamente la empresa PRADA, la cual procesa solamente el 40% de la producción forestal del municipio ( URACCAN 2003).

## **VII. CONCLUSIONES**

Una vez procesado y analizados los datos de campo se obtienen las siguientes conclusiones.

En el estudio se estima una producción de 2,968.93 toneladas métricas generadas por las plantas de primera y segunda transformación (Aserrios y la planta procesadora de Plywood) equivalente al 70% de la madera extraída del municipio de Rosita.

La producción de residuos generados por la extracción forestal es de 53,586.64 toneladas métricas las cuales se derivan de los árboles cortados por la construcción de caminos, árboles afectados por la tala, descorné y despunte, aletones y ramas de la copa.

La producción de energía que se generaría mediante la utilización de la biomasa es de 20.6 Mega Watt para el municipio de Rosita, la cual es derivada de la extracción y procesamiento forestal, la cual no es suficiente para la demanda actual del municipio, sin embargo si es viable para la empresa PRADA.

En términos generales la producción de biomasa se incrementaría con el procesamiento del 100% de la madera extraída en el municipio ya que el 30% de esta madera es procesada en Puerto Cabezas Bilwi, de la misma manera incrementaría la producción de energía en un 100% a lo estimado en este estudio.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar un estudio de este tipo teniendo en cuenta la totalidad de área bajo influencia de la empresa, ya que ésta además procesa madera procedente de municipios próximos, con el objetivo de estimar la cantidad de residuos que se podrían obtener para poder plantear un estudio de prefactibilidad teniendo en cuenta los costos de transporte de los mismos.

Realizar un análisis económico para conocer la viabilidad de un proyecto de generación de energía a partir de biomasa.

La ubicación ideal de una posible planta de generación sería en las mismas instalaciones de la empresa de transformación o en sus alrededores, con la finalidad de facilitar la recolección y el transporte de los residuos aprovechando las actividades de la propia empresa, reduciendo así los costos de transporte.

## IX. BIBLIOGRAFIA

BES T , G.(1996). La biomasa en los países en desarrollo: Potencialidades y restricciones. Reunión regional sobre e generación de electricidad a par TIR de biomasa. Santiago de Chile (Chile). Disponible en Internet: [http://www.fao.org/docrep/T\\_2363s/t2363s08.htm](http://www.fao.org/docrep/T_2363s/t2363s08.htm).

BOYLE, G. (2000). Renewable Energy. Power for a Sustainable Future. 3ª Ed. Oxford University Press, Glasgow (United Kingdom). I S BN 0-19-856452-X. 477 págs.

BUN-CA, (2002). Manuales sobre energía renovable: Biomasa. 1ª Edición, San José (Costa Rica). 42 págs. Disponible en Internet: <http://www.bun-ca.org>.

CAMPS, M., MARCOS, F. (2002). Los Biocombustibles. Ed. Mundiprensa, Barcelona (España). I S BN 84-8476-017-0. 364 págs.

CNE (2003). Situación actual del sector energético. Página Web de la Comisión Nacional de Energía de Nicaragua. Disponible en Internet: <http://www.cne.gob.ni>.

FI LOMENO, S .A-M. (2000). Mecanismo de desarrollo limpio (MDL). Generación de Electricidad a partir de Residuos de Madera en Ocotal (Estudio de Prefactibilidad). Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COS UDE. Programa Ambiental Nicaragua- Finlandia. Managua (Nicaragua). 63 págs .

FUJI NO, J., YAMAJI , K., YAMAMOTO, H. (1999). Biomass -Balance for evaluating bioenergía resources. Applied Energy, Vol. 63, págs. 75-89.

FUWAPE, J.A., AKINDELE, S .O. (1997). Biomass yield and energy value of some fast-growing multipurpose trees in Nigeria. Biomass and Bioenergy, Vol. 12, No. 2, págs. 101-106.

HERRERA, Z., MORALES, A. (1993). Propiedades y usos potenciales de 100 maderas nicaragüenses .Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (I RENA). Servicio Forestal Nacional. Laboratorio de Tecnología de la Madera. Ed. Hispamer, Managua (Nicaragua).

HERRERA, Z ., MORALES , A. (1993). Secado al aire de 37 maderas nicaragüenses. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (I RENA). Servicio Forestal Nacional. Laboratorio de Tecnología de la Madera. Ed. Hispamer , Managua (Nicaragua).

PRADA, S .A. (2003). Comunicación personal de datos de producción y del sector eléctrico de Rosita.

ROJAS, A. (1996). Cogeneración usando desechos de madera como combustible principal. Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa. Santiago de Chile (Chile). Disponible en Internet: <http://www.fao.org/docrep/T2363s/t2363s0d.htm>

T ROS S ERO, M.A. (1996). Generación eléctrica a partir de combustibles vegetales: Aspectos técnicos, económicos y ambientales. Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa. Santiago de Chile (Chile). Disponible en Internet: <http://www.fao.org/docrep/T2363s/t2363s09.htm>.

URACCAN (2003). Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense. Apoyo con datos de una tesis en elaboración sobre extracción maderera en el Rosita, Siuna y Prinzapolka.

VAN DEN BROEK, R. (2000). Sustainability of biomass electricity systems: An assessment of costs, macro-economic and environmental impacts in Nicaragua, Ireland and the Netherlands. Ed. Eburon, Utrecht. ISBN 90-5166-800-7. 216 págs.

VOIVONTAS, D., ASSIMACOPOULOS, D., KOUKIOS, E., G. (2001). Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method. Biomass and Bioenergy, Vol. 20, págs. 101-112.

YAMAMOTO, H., FUJINO, J., YAMAJI, K. (2001). Evaluation of bioenergy potential with a multiregional global-land-use-and-energy model. Biomass and Bioenergy, Vol. 21, págs. 185-203.

Alvarez E; Diaz S; Diaz M. 2001 UTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS RESIDUOS FORESTALES. Centro de Estudios de Biomasa Forestal, Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Rojas; H, 1998 El costo del Desperdicio de Madera, revista el mueble y la madera.

Bámaca. E; Figueroa, S, MarkkuKanninen, B, Louman, L, Gómez. P; 2004. Contenido del carbono en los productos y residuos forestales generados por el aprovechamiento y el aserrío en la Reserva de Biosfera Maya, Costa Rica.

X. Anexos.

# Anexos



**Anexo 2. FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS EN ASERRIOS.**

| No troza | Largo | Diámetro | Especie | V Ripios |            |             | Aserrín | cantoneras |      |         |
|----------|-------|----------|---------|----------|------------|-------------|---------|------------|------|---------|
|          |       |          |         | Base (m) | Altura (m) | Espesor (m) |         | DAP        | Log. | espesor |
|          |       |          |         |          |            |             |         |            |      |         |
|          |       |          |         |          |            |             |         |            |      |         |
|          |       |          |         |          |            |             |         |            |      |         |
|          |       |          |         |          |            |             |         |            |      |         |

**Anexo 3. Formato para la recolección en la planta de plywood.**

| Especie | No de troza | Corteza | Bolillo  |       | Guillotinado | Dimensionado |
|---------|-------------|---------|----------|-------|--------------|--------------|
|         |             |         | Diámetro | Long- |              |              |
|         |             |         |          |       |              |              |
|         |             |         |          |       |              |              |
|         |             |         |          |       |              |              |
|         |             |         |          |       |              |              |

**Anexo 4. Formato para el levantamiento de los residuos en los Caminos forestales.**

| Tipos de caminos |             |            | Especie | Árboles derribados por construcción de caminos forestales. |                |              |
|------------------|-------------|------------|---------|--|----------------|--------------|
| Primarios        | secundarios | Terciarios |         | Diámetro 1(m)  | Diámetro 2 (m) | Longitud (m) |
|                  |             |            |         |  |                |              |
|                  |             |            |         |  |                |              |