

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PARA
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD
A PARTIR DE BIOMASA DE
RESIDUOS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
EN SÉBACO (MATAGALPA)**

Realizado por
Núria Nadal Salellas

Asesorado por
Carlos Zelaya Martínez
Serafin Filomeno Alves-Milho

Managua, Diciembre 2003

AGRADECIMIENTOS

A la UNA-FARENA y PROLEÑA por acogerme en Nicaragua.

A Atlantic S.A. por apoyarnos en el trabajo de campo y por motivar a hacer un buen estudio. Muy especialmente a don Héctor, informante clave por excelencia, por enseñarme un poquito del interesante mundo del café, por toda la ayuda y su gran simpatía y cariño.

Muchíííííííííísimas gracias a toda la gente que ha aportado la información esencial: beneficios, trillos, cafetaleros, arroceros, ganadero, camioneros y también a las instituciones: MAGFOR, POSAF, UNICAFE, ANAR. A Luis Valerio por toda la cartografía ofrecida amablemente.

A Carlos Zelaya, por hacer que la tesis se volviera un trabajo de colegas, por currárselo tanto viajando de aquí para allá, y por enseñarme ArcView, mecánica e historia, música, náhuatl y edafología de Nicaragua.

A Glenda Bonilla por los contactos con cafeteros que resultaron ser muy útiles.

A los clones, cómo no..., Andrés y Fernando, los habitantes del Sigma, por las dudas de ArcView resueltas, por sonreírme cuando llego (si se giran a mirar) y por las pocas pero divertidas noches en Masaya.

A Payín por prestarnos la oficina y la cámara y por ser tan majo. Suerte!

A doña Cornelia por la ayuda en el laboratorio y los cafés.

A la Verónica por animar el trabajo de campo un tiempo.

A doña Teo por cuidarme y por hacer de la casa protocolo un lugar tranquilo y agradable. Espero que siga con ese buen humor siempre!

A los amigos de Montpellier por ese final de curso tan intensamente carcajeante y por la ayuda en la recherche de stage.

A mi familia, que me ha recibido alegremente por teléfono estos meses, y a mis hermanos por asumir las responsabilidades de los tres.

Al Rabbit celeste por llevarnos a todas partes con bastantes averías pero arreglables, aguantando como un toro en todo tipo de caminos.

A toda esa gente (de cuyos nombres y caras no puedo acordarme) que estaba en la fiesta del Agrónomo la noche del 15 de mayo, bajitos, recibéndome sin querer con piel morena y con eclipse lunar. También a Maná y la Nueva Compañía, por introducir la Mariposa traicionera en mi banda sonora.

ABREVIATURAS PRESENTES EN EL DOCUMENTO

ABC	Agencia Brasileira de Cooperación
ANAR	Asociación nacional de arroceros
BUN-CA	Biomasa Users Network – Central America
CERs	Certificado de Reducción de emisiones
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNE	Comisión Nacional de Energía
DAP	Diámetro a la altura del pecho (1.30 m)
EERR	Energías renovables
GEI	Gases de efecto invernadero
GPS	Global Position System
ISA	Ingenio San Antonio
LIE	Ley de industria eléctrica
MAGFOR	Ministerio Agropecuario y Forestal
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
POSAF	Programa socio-ambiental y forestal
SIN	Sistema Interconectado Nacional
TLC	Tratado de Libre Comercio
UNICAFE	Unión Nicaragüense de caficultores

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN Y SUMMARY

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. Antecedentes.....	4
2.1.1. El modelo teórico de Zelaya et al 2002.....	4
2.1.2. Otros estudios.....	4
2.2. Definiciones.....	6
2.3. La bioenergía.....	6
2.4. Rutas de conversión de la biomasa en energía.....	7
2.5. Aspectos importantes de la bioenergía.....	10
2.6. Situación energética en Nicaragua.....	12
2.7. Experiencias de generación con biomasa.....	14
2.7.1. Experiencias fuera de Nicaragua.....	14
2.7.2. Experiencias en Nicaragua.....	16
2.8. Aspectos socioeconómicos de la bioenergía.....	18
2.9. Competitividad económica de la bioenergía.....	19
2.10. Aspectos ambientales de la bioenergía.....	20
2.10.1. Algunas ventajas ambientales.....	20
2.10.2. Nicaragua y el cambio climático.....	21
2.11. Barreras y limitaciones de la bioenergía en Nicaragua.....	22
2.12. El cultivo del café en Nicaragua.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Definición del área de estudio y su justificación.....	25
3.2. Descripción del área de estudio.....	25
3.2.1. Zonas biogeográficas.....	25
3.2.2. Vegetación actual.....	27
3.3. Información cartográfica y estadística de base.....	28
3.4. Materiales.....	28
3.5. Metodología para la estimación de cascarilla de café.....	29
3.5.1. Descripción y uso actual.....	29
3.5.2. Trabajo en campo.....	29
3.5.3. Trabajo en el laboratorio.....	31
3.5.4. Los cálculos.....	31
3.6. Metodología para la estimación de cascarilla de arroz.....	33
3.6.1. Descripción y uso actual.....	33
3.6.2. Trabajo en campo.....	33
3.6.3. En laboratorio.....	34
3.6.4. Los cálculos.....	34
3.7. Metodología para la estimación de la paja de arroz.....	35
3.7.1. Descripción y uso actual.....	35
3.7.2. Trabajo en campo y laboratorio.....	35
3.7.3. Los cálculos.....	38
3.7.4. Valoración de la superficie de arrozal.....	38

3.8. Residuos leñosos en cafetales.....	39
3.8.1. Descripción y uso actual.....	39
3.8.2. Trabajo en campo.....	40
3.8.3. Fincas con la leña en el suelo y de sombra homogénea en cuanto a especie y edad.....	42
3.8.4. Fincas con sombra muy heterogénea sin ramas en el suelo.....	43
3.8.5. Fincas de café sin sombra.....	44
3.8.6. Estimación de la densidad de la madera en laboratorio.....	45
3.8.7. Consumo de leña de la población.....	46
3.9. Metodología para costes de biomasa en la planta y forma de transporte....	46
3.10. Análisis espacial con herramienta SIG.....	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Cascarilla de café.....	49
4.1.1. Biomasa total disponible.....	49
4.1.2. Actores que poseen la biomasa.....	50
4.1.3. Distribución durante el año.....	50
4.1.4. Humedad del combustible.....	51
4.1.5. Aspectos más relevantes de la cascarilla de café.....	52
4.2. Cascarilla de arroz.....	53
4.2.1. Biomasa total disponible.....	53
4.2.2. Actores que poseen la biomasa.....	54
4.2.3. Distribución durante el año.....	55
4.2.4. Humedad del combustible.....	56
4.2.5. Aspectos más relevantes de la cascarilla de arroz.....	56
4.3. Paja de arroz.....	57
4.3.1. Rendimiento de paja por superficie.....	57
4.3.2. Superficie arrocera.....	58
4.3.3. Biomasa de paja total disponible por año y época.....	60
4.3.4. Actores que poseen la biomasa.....	61
4.3.5. Aspectos relevantes de la paja de arroz.....	61
4.4. Residuos leñosos en cafetales.....	62
4.4.1. Rendimiento por ha del café sin sombra.....	62
4.4.2. Rendimiento por ha del café con sombra.....	62
4.4.3. Superficie cafetalera.....	65
4.4.4. Biomasa generada y disponible en cafetales.....	67
4.4.5. Actores que poseen la biomasa.....	68
4.4.6. Aspectos relevantes de los residuos de cafetales.....	69
4.5. Oferta total de biomasa y tamaño de la planta generadora.....	69
4.5.1. Oferta total de biomasa disponible.....	69
4.5.2. Tamaño de la planta generadora.....	71
4.6. Forma y coste de transporte.....	72
4.7. Amenazas e incertidumbres del proyecto.....	74
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	78
VII. MAPAS.....	89

ANEXOS

- Anexo 1. Fichas de toma de datos de campo
- Anexo 2. Tablas de datos de las figuras

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	TÍTULO	Pág.
2.1.	Importaciones de petróleo en cantidad y coste entre 1998 y 2000.....	13
2.3.	Capacidad potencial, instalada y efectiva de las distintas fuentes de energía eléctrica.....	13
3.1.	Temperatura media anual, Precipitación y humedad relativa de algunas localidades.....	26
3.2.	Beneficios de café incluidos en el estudio.....	30
3.3.	Porcentajes de humedad según tipo de café.....	32
3.4.	Rendimiento en cascarilla del café pergamino seco.....	32
3.5.	Trillos arroceros incluidos en el estudio.....	34
3.6.	Fincas arroceras muestreadas.....	36
3.7.	Nombre, localización, superficie, altitud y tipo de sombra de las fincas cafetaleras muestreadas.....	41
4.1.	Cantidad de paja de arroz disponible por superficie según distintas fuentes.....	57
4.2.	Área de arrozales del Valle de Sébaco según diferentes fuentes.....	58
4.3.	Biomasa seca para los distintos tipos de fincas cafetaleras.....	64
4.4.	Áreas de cafetal en los departamentos del área de estudio según distintas fuentes de información.....	65
4.5.	Áreas de cafetal en algunos municipios del área de estudio según distintas fuentes de información.....	66
4.6.	Biomasa de sombra y de recepo por tipo de cafetal, total y disponible.....	67
4.7.	Resumen de biomasa disponible, época de disponibilidad y cantidad de actores.....	70
4.8.	Inputs utilizados para calcular la conversión de biomasa en energía.....	71
4.9.	Conversión de energía para tamaño de planta en escenario radio 20 km.....	72
4.10.	Conversión de energía para tamaño de planta en escenario radio 50 km.....	72
4.11.	Inputs utilizados para los costes de transporte de biomasa a la planta.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	TÍTULO	Pág.
2.1.	Líneas del SIN en el área concesionada.....	5
2.2.	Valor calorífico superior e inferior de la madera en función de la humedad.....	11
2.3.	Generación bruta de electricidad por fuente en el 2000.....	12
2.4.	Producción de energía primaria por fuente en el año 2000.....	14
2.5.	Proyección de demanda máxima neta de electricidad, período 2001-2017.....	14
2.6.	Emisiones de CO ₂ por sectores.....	22
3.1.	Partes de la planta de arroz diferenciadas para estimación de la biomasa.....	37
3.2.	Textura de arrozal en imagen satélite SPOT de resolución 10x10 m del Valle de Sébaco.....	39
3.3.	Medidas tomadas en troncos y ramas de cafetales para su cubicación.....	42
3.4.	Esquema del análisis SIG.....	48
4.1.	Cascarilla de café seca total generada, utilizada y disponible por año.....	49
4.2.	Cascarilla de café generada y disponible en cada beneficio.....	50
4.3.	Distribución mensual de la cascarilla de café total disponible.....	51
4.4.	Cascarilla de arroz seca total generada, utilizada y disponible por año.....	53
4.5.	Cascarilla de arroz generada y disponible en cada trillo.....	55
4.6.	Distribución mensual de la cascarilla de arroz total disponible.....	55
4.7.	Biomasa de regulación de sombra y recepo total y disponible por tipo de productor cafetalero.....	68
4.8.	Calendario anual de biomasa total disponible.....	70

RESUMEN

La generación de electricidad a partir de biomasa (bioenergía) es una de las alternativas a la generación con petróleo que tiene Nicaragua para suplir la demanda energética creciente del futuro. Uno de los lugares del país que reúne las condiciones para instalar una planta de bioenergía es Sébaco, porque se acumulan o quedan cerca grandes cantidades de residuos de agroindustrias y de cafetales: cascarilla de café, cascarilla de arroz, paja de arroz y residuos leñosos de las labores de regulación de sombra y poda de los cafetales.

La valoración de la cantidad, la localización, la disponibilidad, la posesión y la repartición durante el año de cada tipo de residuo, así como los costes de transporte de la biomasa hasta la planta, son las informaciones básicas para diseñar la configuración de la planta y para hacer un análisis de viabilidad del proyecto.

Con este estudio se detectó que hay varios factores que complican el establecimiento del proyecto: la variedad de biomasa a utilizar, la gran cantidad de actores que poseen la biomasa, una política energética poco favorable y el futuro incierto del cultivo del arroz y el café, aunque algunos de estos obstáculos se podrían solucionar con plantaciones energéticas cerca de Sébaco manejadas por la propia planta.

Por otro lado se halló que los residuos que están en un radio de 20 km alrededor de Sébaco, que provienen de las agroindustrias y actualmente no tienen valor y son un problema ambiental y logístico, son suficientes para abastecer una planta de 5 MegaWatts (MW). La planta sería de 10 MW si se completara esa biomasa con la de los residuos de los cafetales, que se encuentran a partir del radio de los 30 km.

Dado que los trillos de arroz y beneficios de café, así como también el cultivo del arroz bajo riego, son grandes consumidores de energía y que ésta representa uno de los mayores costes dentro de su estructura productiva, una planta generadora de electricidad a partir de biomasa podría abaratarles esos costes y los haría más competitivos.

Palabras claves: Bioenergía, biomasa, bioelectricidad, residuos agrícolas, cascarilla, paja, leña, Sébaco.

SUMMARY

Biomass electricity generation (bioenergy) is one of the alternatives to petroleum generation in Nicaragua to supply the growing energy demand of the future. One of the places of the country that has the conditions to install a bioenergy plant is Sébaco, where great quantities of residuals of close agroindustries and coffee plantations are accumulated: coffee husk, rice husk, rice straw and woody residuals of the works of shade regulation and prunes of coffee plantations.

Evaluation of the quantity, the localization, the availability, the possession and the year distribution of each residual type, as well as the costs of transport of the biomass to the plant, are the basic informations to design the configuration of the plant and to make a viability analysis of the project.

In his study we detected that there are several factors that complicate the project: the variety of biomass to use, the great quantity of stakeholders that possess the biomass, a not very favorable government energy policy and the uncertain future of rice and coffee crops, although these obstacles could be solved with energy plantations near to Sébaco managed by the own plant.

By the other side, we found the residuals in a radius of 20 km around Sébaco that come from the agroindustries and at the moment have no value and cause environmental and logistical problems, are enough to supply a plant of 5 MegaWatts (MW). The plant would be of 10 MW with this biomass completed with the residuals of coffee plantations, which is a radius 30 km far from Sébaco.

Since the rice and coffee mills, as well as the cultivation of irrigation rice are great energy consumers and that this is one of the biggest costs inside their productive structure, a biomass power plant could reduce these costs and would make them more competitive.

Key words: Bioenergy, biomass, bioelectricity, agricultural residuals, husk, straw, firewood, Sébaco.

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, alrededor del 80% de la energía eléctrica generada proviene de los derivados del petróleo, importado a precio creciente y cuyo uso es poco respetuoso con el medio ambiente. Por otro lado, la demanda actual en el país es de 450 MW, y se prevé un aumento de 600 MW para el 2010. Además, sólo un 50% de la población del país tiene acceso a la electricidad, aunque se pretende ampliar este servicio al 70% en el 2005. En consecuencia, en un futuro próximo es necesario aumentar la oferta de electricidad.

Existen alternativas para satisfacer ese aumento de oferta con energías renovables. Una de ellas es la bioenergía o generación a partir de biomasa, como ya lo está haciendo el Ingenio San Antonio a partir del bagazo de la caña de azúcar y astillas de eucalipto. Para identificar los lugares con potencial para generar bioelectricidad se está elaborando el Biomapa de Nicaragua, un mapa ofrece información de la cantidad de biomasa real disponible en cada lugar de país. Hasta el momento se ha elaborado un modelo teórico de producción de biomasa, cuya validación con datos de campo es el motivo de este estudio.

El Valle de Sébaco es *a priori* un lugar con potencial bioenergético, porque en él se concentran un número importante de agroindustrias de arroz y café, además de ser una de las zonas arroceras más grandes y productivas del país. Con ello se generan grandes cantidades de cascarilla de café y de arroz y de paja de arroz. Las cascarillas son un residuo casi sin aprovechamiento que genera problemas ambientales y costes para su eliminación. La paja de arroz se utiliza en parte para alimentación de ganado, siendo el resto un residuo que es quemado en los arrozales sin uso útil, causando también un problema ambiental.

Además, las montañas de alrededor del Valle son de las mayores áreas productoras de café del país, cultivado en general en sistemas agroforestales con estrato arbóreo de sombra. El manejo de estos cafetales, con la regulación de la sombra y el recepo del café, genera residuos leñosos, que se usan parcialmente como leña. Por último, y entre las dos zonas descritas, hay grandes extensiones de pastizales y tacotales de baja productividad que podrían ser reforestados con plantaciones energéticas, es decir, especies de crecimiento rápido y de madera bien combustible.

Una planta de generación de electricidad situada en Sébaco podría abastecerse de todos esos residuos agroindustriales y de los cafetales, y podría promover las plantaciones energéticas. Las ventajas de esta forma de energía serían múltiples: el combustible se genera en la zona mismo, evitando la dependencia de insumos exteriores y generando empleo, es ambientalmente bastante limpia (producida la biomasa sosteniblemente, el balance del carbono es 0) y puede ser competitiva económicamente (lo es la del ISA). De esta manera, se convertiría el problema de los subproductos costosos y molestos en un beneficio para el particular y para la sociedad.

Este estudio evalúa el potencial de generación de bioelectricidad en una planta situada en Sébaco y abastecida con los combustibles-residuos mencionados, a excepción de las plantaciones forestales (tema pendiente para otro estudio). El máximo énfasis está en la cuantificación y localización de los distintos tipos de biomasa disponible, pero también contempla los aspectos de viabilidad económica, tenida cuenta principalmente el transporte de la biomasa desde el lugar de producción a la planta de generación.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar el potencial de la zona de Sébaco para la generación de electricidad a partir de la biomasa de residuos agrícolas y forestales (cascarilla de arroz, cascarilla de café, paja de arroz y residuos leñosos de las labores de los cafetales).

Objetivos específicos:

- * Obtener una estimación de los residuos de biomasa generados por las diferentes actividades agrícolas y forestales de la zona: cultivo y trillado de arroz, manejo de cafetales y beneficiado de café.
- * Aportar la información necesaria para validar el modelo teórico de Zelaya et al, 2002, en el área de Sébaco.
- * Hacer una primera aproximación de la forma y coste de la biomasa hasta la planta, teniendo en cuenta el precio inicial, el transporte, la carga y la descarga.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. El modelo teórico de Zelaya et al. 2002

Este estudio se enmarca en la validación, con datos reales de campo de un modelo teórico de producción de biomasa realizado por Zelaya et al. en 2002, con el objetivo de crear el **Biomapa de Nicaragua**. Este se inició con una propuesta de PROLEÑA y la Universidad de Utrecht (Países Bajos).

Este modelo se construye sobre la zonificación agroecológica (ZAE) de Nicaragua según el método de la FAO. Para cada zona agroecológica se aplica un modelo que se basa en la eficiencia de las plantas en transformar la radiación solar en biomasa. El resultado es un mapa que contiene datos de cantidad potencial de biomasa disponible en cada lugar del país. La biomasa tenida en cuenta es la de residuos agrícolas y la de plantaciones energéticas (no existentes pero realizables). En él se estima una capacidad en Nicaragua de generación de 400MW de manera sostenida en plantas de 3-10MW y 15-30MW. También pone de manifiesto el interés de Sébaco y alrededores, estimando una capacidad generadora de 20MW a partir de biomasa disponible (y no biomasa teórica), es decir, descontando la biomasa demandada por otros usos como áreas protegidas, ecosistemas frágiles, centros urbanos y consumo de leña para uso doméstico.

2.2.2. Otros estudios

Hay otros estudios anteriores que apuntan al Valle de Sébaco como posible para la generación de electricidad a partir de biomasa:

- * El "Programa de modernización del sector dendroenergético de Nicaragua. Estudio del potencial de bioelectricidad en la región del Pacífico y central de Nicaragua", realizado por la Agencia Brasileña de Cooperación (ABC) en 2002, estima que el departamento de Matagalpa constituye el tercer mayor potencial generador de electricidad de Nicaragua, después de las dos regiones atlánticas. Y valora en el Valle de Sébaco una capacidad generadora igual a la de resto del departamento, principalmente contando con los residuos del cultivo del arroz: cascarilla y paja.

- * También hay un estudio de prefactibilidad promovido por la empresa Atlantic, S.A. de instalación de una planta generadora de 5MW, cuya materia prima serían las cascarillas de arroz y café y paja de arroz.
- * La Comisión Nacional de Energía (CNE), para promover la modernización del sector dendroenergético de Nicaragua, cita un estudio "Recolección de datos de biomasa como fuente bioenergética en la Región del Pacífico de Nicaragua" en el que se identifican 11 regiones potencialmente fuentes de materia orgánica, siendo la tercera de ellas Sébaco.

Los estudios anteriores arrojan datos sobre disponibilidad teórica de biomasa, pero es necesario conocer el potencial real de biomasa disponible para evaluar la viabilidad económica, social y ecológica de una planta generadora.

Además del potencial de biomasa disponible, otra razón que apuntan a Sébaco como un buen lugar para la bioelectricidad es que el Sistema Interconectado Nacional (SIN) pasa por ese lugar (Fig. 2.1), con una línea de 138kV y una subestación eléctrica importante. Esto posibilitaría la conexión de la electricidad generada a la red general. Por otro lado, es de destacar que el mismo Valle de Sébaco, con la industria que acoge, es un gran consumidor de energía, de manera que la electricidad también podría suministrarse más directamente a los consumidores.

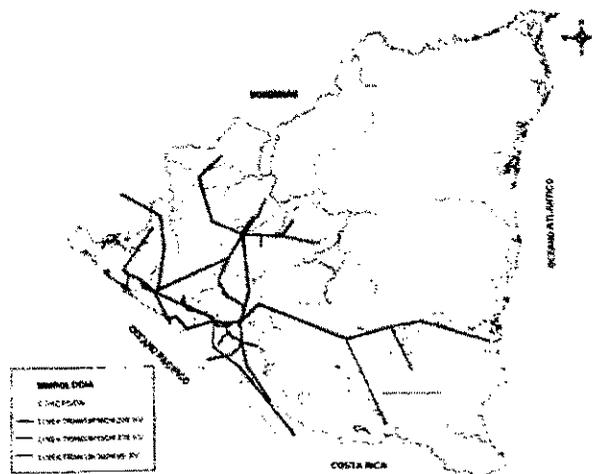


Figura 2.1. Líneas del SIN en el área concesionada.

2.2. Definiciones:

Biomasa Se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz) y del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros) (BUN-CA, 2002). Tienen siempre un ciclo de carbono corto.

Bioenergía. En este documento es la energía obtenida producto de la conversión por cualquier ruta de biomasa (Best, 2001). También se usa como sinónimo de bioelectricidad.

Bioelectricidad. Es la energía eléctrica generada a partir de biomasa.

Biocombustible. Es un combustible procedente de biomasa con ciclo de carbono corto. No incluye a los combustibles fósiles (petróleo, carbón), ya que provienen de la biomasa pero de hace millones de años. Puede ser biomasa sin transformar, o en forma de biogas, etanol, briquetas, pellets... (2.3)

Cogeneración. Es la producción simultánea de calor y electricidad. Se aplica a procesos industriales que requieren las dos formas de energía, como por ejemplo en los ingenios azucareros (BUN-CA, 2002).

Energía primaria. Forma de energía que se presenta sin transformaciones intermedias (leña, energía geotérmica, petróleo, hidroenergía).

Energía secundaria. Energía transformada (electricidad, diesel, gasolina).

Poder calorífico. Es el contenido calórico por unidad de masa y es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa. Está relacionado directamente con el contenido de humedad.

2.3. La bioenergía (Boyle, 1996)

La fuente inicial de energía de la biomasa es el sol. Aunque sólo una pequeña fracción de la energía solar que alcanza la tierra es fijada como materia orgánica, ésta es equivalente a unas ocho veces nuestro consumo total de energía primaria. La energía almacenada en las plantas

(a través de la fotosíntesis) es reciclada naturalmente a través de una serie de conversiones que implican procesos químicos y físicos (combustión, oxidación...) en las plantas, los suelos, la atmósfera circundante y otra materia viva, hasta que es finalmente irradiada fuera de la tierra como calor a baja temperatura (excepto una pequeña parte que se queda como turba y otra que se convertirá lentamente en energía fósil) La biomasa acumulada en la superficie terrestre es, entonces, un almacén de energía solar que se renueva continuamente.

La fotosíntesis es el mecanismo de la Naturaleza que crea oxígeno y combustibles. Por este proceso, las plantas toman CO₂ y agua y, usando la energía solar, los convierte en "material vegetal" o biomasa:



Y la biomasa es un combustible, ya que arde en la combustión, que necesita del oxígeno y libera la energía en forma de calor:



De esta manera, el balance de CO₂ se equilibra, no habiendo emisiones extras.

2.4. Rutas de conversión de la biomasa en energía

* Combustión directa

Es un proceso por el cual la biomasa se convierte en dióxido de carbono, agua y energía según la reacción del apartado anterior. Generalmente se aplica a la obtención de **calor** (cocción de alimentos, secado de productos agrícolas o madera...). Además se puede aprovechar en la producción de vapor para procesos industriales y electricidad.

Los procesos generalmente son muy ineficientes y, además, pueden causar contaminación cuando no se realiza bajo condiciones controladas. Pero las pérdidas se pueden disminuir considerablemente con prácticas mejoradas de operación y un diseño adecuado de equipo. (BUN-CA, 2002)

El vapor generado (por calentamiento de agua) puede mover una turbina de vapor conectada a un generador de electricidad. Las eficiencias alcanzadas con este sistema están entre 20 y 30% de la energía total de la biomasa.

* Gasificación (Boyle, 1996)

Es un proceso por el cual un combustible sólido reacciona con vapor de agua caliente y aire u oxígeno, dando como resultado un combustible gaseoso, el **gasógeno**. Este gas es una mezcla cuyos principales componentes son monóxido de carbono, hidrógeno y metano, además de dióxido de carbono y nitrógeno en proporciones que dependen de las condiciones de proceso y de si se usa aire u oxígeno.

En la Segunda Guerra Mundial se usaron muchos vehículos que arrastraban gasificadores de madera como suministro de combustible, y antes del gas natural se usaba gas proveniente de la gasificación del carbón como gas ciudad

Tiene como ventajas el ser un combustible más limpio que la biomasa original, ya que los contaminantes indeseables pueden ser eliminados en el proceso, junto con la materia inerte que produce humo. Además, un gas es más versátil que un combustible sólido, ya que puede ser usado en motores o turbinas de gas. Como el proceso más simple de gasificación da como resultado un gas con más del 50% en volumen de nitrógeno y CO₂ (sin valor combustible), el poder energético está muy diluido y su uso más adecuado es *in situ*.

Pero un gasificador que use oxígeno puede producir un gas formado principalmente por hidrógeno, CO y CO₂. Si se extrae el CO₂, la mezcla restante es un gas a partir del cual se puede formar cualquier carbohidrato, por ejemplo metano puro. También se puede generar metanol, un combustible líquido que es sustituto directo de la gasolina.

* Pirólisis (Boyle, 1996)

Es el método más simple y antiguo de convertir un combustible en otro mejor. La pirólisis convencional consiste en calentar el material original a 300-500°C en ausencia de oxígeno, hasta que la fracción volátil se ha marchado. Lo que queda es el **carbón**, un combustible con una densidad energética unas dos veces mayor al combustible original, y que arde a una temperatura mucho mayor.

Durante siglos el carbón se ha producido con la pirólisis de madera. Dependiendo de la humedad y la eficiencia del proceso, se requieren entre 4 y 10 t de madera para producir una t de carbón. Con técnicas sofisticadas, los volátiles se pueden recoger y aprovechar como fuel oil. También se puede obtener gas con pirólisis rápida.

En el presente, la pirólisis convencional se considera la tecnología más atractiva, ya que las bajas temperaturas hacen que se emitan pocos contaminantes, en comparación a la combustión completa.

* Digestión anaeróbica (Boyle, 1996)

Es la degradación anaeróbica de la biomasa (como la pirólisis), pero en lugar de la temperatura, es la acción bacteriana la que descompone. Se ve favorecida por la humedad, el calor y la ausencia de aire. Las bacterias rompen la materia orgánica en azúcares y luego en ácidos que son descompuestos en el gas final. Es el proceso que se da naturalmente en la vegetación del fondo de los pantanos.

En cuanto a las aplicaciones energéticas está el **biogas**, generado a partir de las aguas negras urbanas o de estiércol de animales y el **landfill gas** (gas de basurero), producido con residuos sólidos urbanos. En ambos casos el gas resultante es una mezcla constituida principalmente por metano y CO₂. Existen muy diversas tecnologías para tratar así biomazas tan distintas.

* Fermentación (Boyle, 1996)

Es un proceso biológico anaeróbico en el que los azúcares se convierten en alcohol por la acción de microorganismos, normalmente levaduras. El alcohol resultante es **etanol** (C₂H₅OH) (y no metanol como en la gasificación con oxígeno), que también puede ser usado en motores de combustión interna, tanto de forma directa en motores modificados o bien mezclándolo con gasolina formando el gasohol (20% de etanol y 80% de gasolina).

La biomasa adecuada para la fermentación depende de su facilidad de ser convertida en azúcares. El material más conocido para ello es la caña de azúcar (o la melaza que queda después de extraer el caldo de caña). La biomasa formada por almidón (papas, maíz...) requieren un proceso de conversión con enzimas del almidón en azúcar. La madera, formada por celulosa, es muy resistente a ácidos o enzimas, de manera que su proceso es más complicado.

El líquido resultante de la fermentación contiene apenas un 10% de etanol, que debe ser destilado antes de ser usado como combustible. El producto final tiene un valor calorífico alto. Todo el proceso requiere de una cantidad considerable de calor, que suele ser suministrado

por residuos de cultivo, como el bagazo de caña. En la fermentación se pierde bastante energía, pero eso se compensa por la conveniencia y facilidad de transporte del combustible líquido y por el bajo coste y simplicidad de la tecnología.

* Tecnología BEM (Pinatti et al., 2003 (2))

Parte de un concepto de "Refinería de biomasa" o RB, ya que se aprovecha todo lo posible. La RB está constituida por una secuencia de seis procesos termoquímicos, termoeléctricos y tratamiento biológico de lodo: Pre hidrólisis (PH), Furfural (FF), Estación de Tratamiento de Efluentes y Agua (ETE / ETA) con tecnología ampliada de lodo biológicos, Conversión de Baja Temperatura (CBT), Termoeléctrica a Ciclo Combinado (TECC) y Vitrificación Cerámica de Cenizas o aplicaciones de Silices (cemento, neumáticos, alimentos, medicamentos, electrónica).

La RB utiliza cualquier tipo de biomasa. Los productos de la RB son: celulignina térmica, energía eléctrica, gasolina ecológica serie P (55% etanol o metanol / 17,5% MTHF obtenido a través de hidrogenación del FF / 27,5% gasolinas con C>5), carbón, óleos pasibles de esterificación a biodiesel y cenizas / sílice.

2.5. Aspectos importantes de la bioenergía

Los aspectos más relevantes de la biomasa para energía son:

Valor calorífico y distancia de transporte. El valor calorífico de la biomasa comparado con el del Diesel, la gasolina o el carbón es muy pequeño. Además, la biomasa suele llevar un porcentaje de humedad que se transporta con ella. Por eso los derivados del petróleo pueden ser transportados a largas distancias de su lugar de producción conservando un balance energético positivo. En cambio, la biomasa se tiene que transformar en otro combustible de mayor valor calorífico para ser transportado lejos, o bien ser transformada en energía (como electricidad) cerca de donde se produce o acumula.

Contenido de humedad. Cuando se combustiona la biomasa, parte del calor obtenido se invierte en evaporar el agua contenida en la biomasa, de manera que el valor calorífico real es inferior al de la biomasa seca, haciendo el balance energético del proceso menor. El valor calorífico superior (HHV) es el de la biomasa seca, el valor calorífico inferior (LHV_%) es el de la biomasa a una determinada humedad %, y disminuye a medida que aumenta esa humedad (Fig. 2.2).

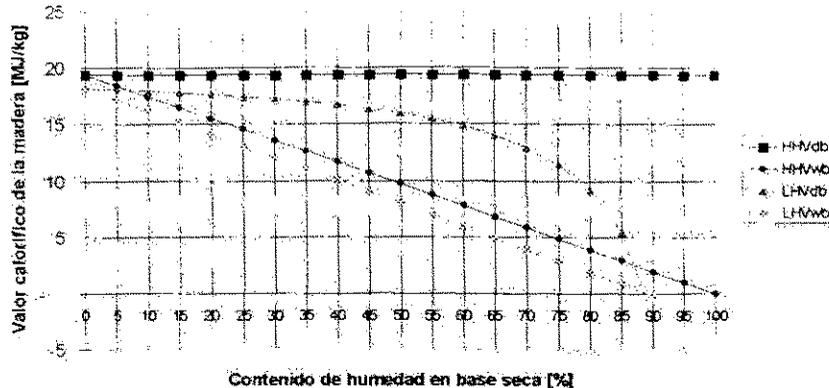


Figura 2.2. Valor calorífico superior e inferior de la madera en función de la humedad (van den Broek, 2000)

Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Muchas veces, los residuos salen del proceso productivo con un contenido de humedad muy superior, que obliga a implementar operaciones de acondicionamiento, antes de ingresar al proceso de conversión de energía.

Porcentaje de cenizas: El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza y su composición, pues, en algunos casos, ésta puede ser utilizada; por ejemplo, la ceniza de la cascarilla de arroz es un excelente aditivo en la mezcla de concreto o para la fabricación de filtros de carbón activado (BUN-CA, 2002).

Garantía de acceso a la biomasa: La inversión de una planta generadora es muy alta y, lógicamente, eso significa que la biomasa-combustible tiene que estar garantizada con un mínimo de seguridad para que el riesgo sea aceptable para el inversionista. Por eso es clave el saber y tener control sobre los poseedores de la biomasa. Cuantos más actores intervienen más difícil es alcanzar el nivel de seguridad. Una forma de garantizar el combustible sería hacer contratos de suministro de biomasa, o bien de intercambio de biomasa por energía eléctrica (Silva, P., 2003)

2.6. Situación energética en Nicaragua

Aunque en 1990 el 60% de la electricidad generada en Nicaragua provenía de fuentes renovables (hidroeléctrica y geotérmica) y solamente el 40% era producida por combustión de derivados del petróleo, la situación de hoy es muy distinta. La demanda creciente de electricidad se ha ido supliendo en los últimos años por plantas generadoras que funcionan a base de Fuel oil o Diesel, de manera que es ésta la fuente que ocupa el primer lugar.

En efecto, en el año 2000 alrededor del 80% de la energía eléctrica bruta generada provino de plantas térmicas de Fuel oil (Búnker) y Diesel oil, y el resto de las centrales hidroeléctricas Centroamérica y Santa Bárbara, de la planta geotérmica del Momotombo y de los Autoproductores (Fig. 2.3) (CNE, 2001).

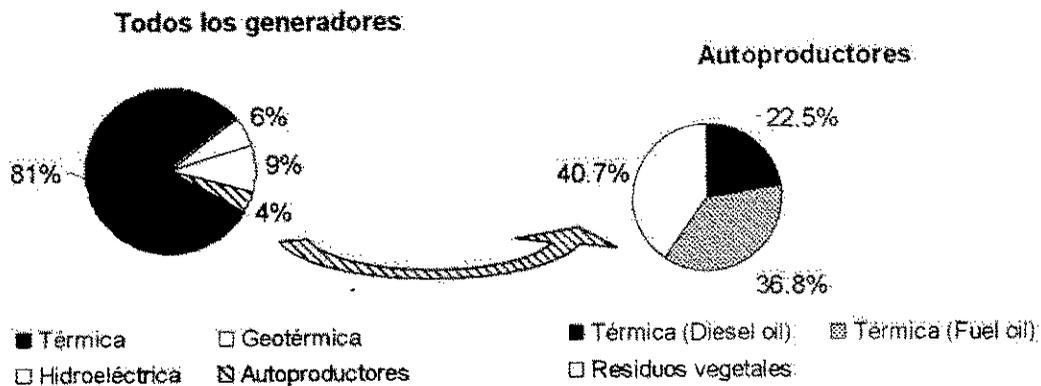


Figura 2.3. Generación bruta de electricidad por fuente en el 2000 (CNE, 2001).

Por otro lado hay que destacar que el índice de electrificación nacional está entorno al 50% (en el año 2000 era del 48%), aunque la meta a alcanzar por la CNE en el 2005 es del 70%. Esta población abastecida está dentro de la llamada Área concesionada, cubierta por el SIN, que abarca únicamente la región del Pacífico (Fig. 2.1). Del resto del territorio, un 21% de la población dispone de electricidad gracias a los sistemas aislados, la mayoría de los cuales funcionan a base de derivados del petróleo.

Con esta situación, para abastecerse energéticamente Nicaragua es altamente dependiente del petróleo, un insumo exterior cuyo precio en el mercado internacional es fluctuante, escapa

del todo al control del propio país y tiene una clara tendencia al alza, de forma que la balanza de pagos del país se ve afectada negativamente (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Importaciones de petróleo en cantidad y coste entre 1998 y 2000 (CNE, 2001)

Año	Barriles de petróleo importados (x1000)	Gasto (millones de US\$)
1998	6,295.3	Sin datos
1999	5,943.5	108.5
2000	5,991.5	184.4
	Diferencia:	75.9

También en la economía de consumidor, y no sólo en la macroeconomía, la electricidad es un problema. En las grandes empresas, uno de los elementos de mayor peso en la estructura de costes es la electricidad, y esta situación ha venido agravándose en los últimos años.

Paradójicamente, Nicaragua tiene un gran potencial en fuentes de energías renovables diversas. Existe un gran desfase entre la capacidad potencial en energías renovables y la generación real de energía no renovable (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Capacidad potencial, instalada y efectiva de las distintas fuentes de energía eléctrica (de Trinidad, 2003).

Tipo de energía	Potencial (MW o lo especificado)	Capacidad instalada (MW)	Capacidad efectiva (MW)
Geotérmica	1000	70	12
Hidráulica	3760	103.4	97.4
Eólica	200	0	0
Biomasa	1.2×10^6 T/año	29.6	16
Solar	4.5 KWh/m ² ·día	0	0
Derivados del petróleo		405.2	364.4

La importancia del recurso biomasa es en realidad un hecho, ya que es la fuente más importante en cuanto a energía primaria (Fig. 2.4). Es decir, la leña principalmente, es la fuente de energía más usada. En Nicaragua el 59,6% del consumo final de energía en el año

2000 provino de la leña (principalmente en el sector residencial), de residuos vegetales y carbón vegetal (CNE, 2001).

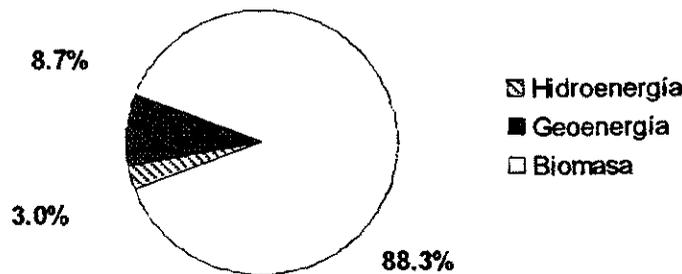


Figura 2.4. Producción de energía primaria por fuente en el año 2000 (CNE, 2001).

Mirando hacia el futuro, la demanda de electricidad del país va a aumentar, de los 450MW actuales a 600MW en 2010 y a 900MW en 2017 según las previsiones de la CNE (Fig. 2.5), de manera que a medio plazo se vuelve a hacer necesario ampliar la capacidad eléctrica instalada. Una estrategia alternativa es la de usar las energías renovables (EERR), entre ellas la energía a partir de biomasa.

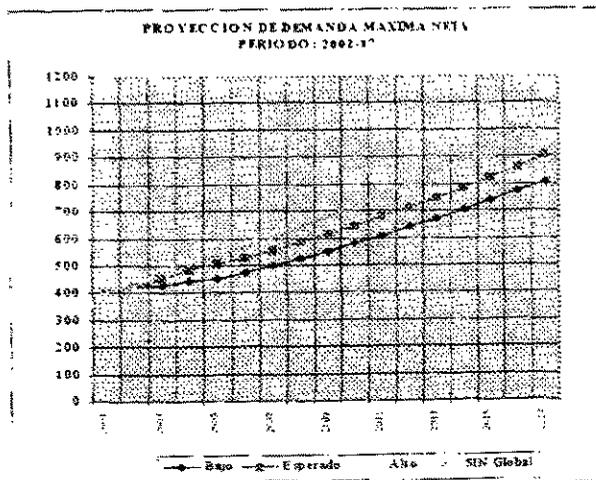


Figura 2.5. Proyección de demanda máxima neta de electricidad, periodo 2001-2017 (CNE, 2001).

2.7. Experiencias de generación con biomasa

2.7.1. Experiencias fuera de Nicaragua

La investigación y promoción de la energía con biomasa ha estado muy relacionada con las crisis energéticas del petróleo: se ha potenciado en los lugares y momentos en los que el abastecimiento de crudo ha sido difícil o muy caro, mientras que se ha descuidado cuando ha

sido más barato y fácil el generar con petróleo. Así se refleja en los ejemplos que aquí se explican.

En el terreno de la generación conectada a la red general, los ejemplos son en USA y en Brasil, mientras que en el de los sistemas aislados es de interés el caso de la India (de Trinidad, 2003).

En USA una ley de 1978 obligó a las compañías eléctricas distribuidoras a comprar electricidad a suplidores independientes que generaran a precios menores a los generadores convencionales (de carbón, petróleo o gas). Estos suplidores principalmente fueron plantas menores de 50MW que utilizaban desperdicios y residuos diversos como combustible. En 1989 había una capacidad instalada de 8421MW de energía producida a base de biomasa. Más tarde, con la reestructuración del sector eléctrico en USA y la relativa baja en los precios del petróleo de los años 90, la biomasa dejó de ser competitiva respecto a la generación convencional, y ya a finales de los 90 muchas plantas habían desaparecido o estaban al final de sus contratos. La crisis energética iniciada en 2001 ha vuelto a movilizar la energía con biomasa y actualmente USA tiene unos 11000MW instalados con biomasa (de Trinidad, 2003).

En la India hay diversas experiencias de implementación de tecnología moderna de biomasa de forma descentralizada en poblados que tenían deficiencias en el abastecimiento desde la red central. En dos poblados el proyecto consistió en el manejo del estiércol de ganado bovino para producción de biogás, una parte para cocinar y el resto para producir electricidad con un motor y un generador. En otro poblado se demostró la factibilidad de generar a partir de gasificación de leña de pequeñas plantaciones, para iluminación, bombeo de agua, irrigación y trillado de grano.

La India ha desarrollado un grupo de institutos que ha experimentado y desarrollado tecnología de biomasa, en gasificadores de tamaño pequeño, de 5-10MW, y biodigestores para producir biogás. Además, del gobierno se han creado las condiciones para la promoción de las EERR. En 1990 se empezaron a subsidiar a los promotores de tecnologías no convencionales y en 1992 se creó el Ministerio de Energías no Convencionales, que las promocionó mucho. Luego se promovió la implicación del sector privado en el uso final de las tecnologías (energía rural, energía para industria urbana y generación de electricidad). Se

estimuló mucho la inversión privada con subsidios y con incentivos fiscales indirectos. Entre 1993 y 1995 se vio un incremento significativo en EERR (de Trinidad, 2003).

Brasil cuenta con numerosas experiencias de bioenergía. En los últimos 10 años se han desarrollado varias industrias dedicadas a ello, que han construido numerosas plantas de generación y cogeneración con residuos de madera, bagazo de caña y aceite combustible. Esto ha sido posible gracias a mecanismos de apoyo financiero, al establecimiento de tarifas competitivas y a la facilitación de entrada de pequeños productores al mercado mayorista.

En el Noreste del país, la empresa Shell ha desarrollado la tecnología BIG/GT (Biomasa Integrated Gasification/ Gas Turbina System), que puede elevar la eficiencia de conversión de la biomasa alrededor de un 40% (de Trinidad, 2003).

Además existe una producción muy importante de etanol para mezclar con la gasolina.

En **Centroamérica** la experiencia en energía con biomasa básicamente ha sido en la cogeneración en los ingenios azucareros a base de bagazo de caña: 164MW en Guatemala, 28MW en Nicaragua (en dos ingenios) y otros menores en Costa Rica y Honduras.

Además de los ingenios existen otras experiencias: en Costa Rica de gasificadores de pequeña escala para mover pequeños motores; en Honduras de generación de electricidad con residuos de aserríos; en Guatemala también gasificación pequeños para sustitución de diesel en motobombas de agua; en Belice se está estudiando la cogeneración con residuos de madera.

En cuanto a la promoción de las EERR des de los gobiernos, Panamá y Guatemala tienen un anteproyecto de Ley de promoción de incentivos de EERR, y Honduras ha aprobado varios decretos que incentivan fiscalmente el uso de recursos renovables (de Trinidad, 2003).

2.7.2. Experiencias en Nicaragua

En Nicaragua hay dos ingenios azucareros que actualmente tienen programas de cogeneración (producción de electricidad y calor) y que, además de autoabastecerse, envían la energía sobrante al SIN: el Ingenio San Antonio y el Ingenio Monte Rosa, ambos en la costa del Pacífico de Chinandega.

El **Ingenio San Antonio (ISA)**, situado en Chichigalpa (Chinandega), genera 34MW, se autoabastece de electricidad y suministra a la red 19MW de media (14MW durante la no-zafra y 7,5MW durante la zafra. Este proyecto se basa en una expansión progresiva de su capacidad hasta 48MW en el 2010 (De Trinidad, 2003). Esta energía eléctrica es la más barata de Nicaragua (Silva, 2003). Además, el proceso también genera calor que es aprovechado por el ingenio en el proceso de preparación del caldo de caña.

El combustible es el bagazo de caña durante la zafra (del 15 de Noviembre al 15 de Abril) y astillas de eucalipto fuera de la zafra. El bagazo es un residuo de la actividad del ingenio que se genera ahí mismo, se puede decir que es gratuito, y que sin ese uso energético debería eliminarse o transportarse fuera del ingenio, constituyendo una molestia y un coste. Las astillas de eucalipto provienen de las 6000mz (unas 4200ha) de plantaciones de la especie *Eucalyptus camaldulensis* (de Trinidad, 2003) que el Ingenio posee en un radio de hasta 15 km del ingenio. Primero se plantaron los terrenos cercanos al ingenio no aptos para la caña y más tarde en tierras más lejanas, en general sobre suelos degradados o poco aptos para el cultivo. Estas plantaciones energéticas de crecimiento rápido tienen un ciclo total de 24 años, con 4 rotaciones de 6 años (van den Broek, 1998).

Inicialmente el proyecto se concibió sólo con el bagazo y por ello la eficiencia de conversión de éste es mayor que la del eucalipto (la cual sale más cara). Económicamente el conjunto es rentable gracias a que el bagazo es el combustible base y que el eucalipto se planta entre la caña y la recogida se apoya en la infraestructura de la cosecha de la caña (Silva, 2003).

El **Ingenio Monte Rosa**, situado en el Viejo (Chinandega), tiene una configuración similar a la del ISA: cogeneración a base de bagazo de caña de azúcar. Por la configuración de sus instalaciones y la mayor eficiencia de sus calderas, produce más energía con menos bagazo, de manera que dispone de suficiente combustible para suministrar 11MW durante todo el año al SIN.

El **proyecto GEMINA**, que actualmente se encuentra en fase de búsqueda de financiamiento, se trata de la generación eléctrica a partir de cascarilla de arroz. La planta generadora tendría una capacidad instalada de 1.5MW. Se prevé un consumo de 20000Mg/año de cascarilla, generando 1.432MW efectivos y trabajando al 85% de la capacidad. La eficiencia de conversión es de un 17%, consiguiendo producir 571kWh por Mg de cascarilla. La electricidad

se entregaría directamente a las instalaciones de la industria Gemina. Este proyecto está propuesto como mecanismo de desarrollo limpio (MDL) y puede incluirse en la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CERs) (de Trinidad, 2003).

Además, existen otros proyectos, como el de **Ocotal**, propuesto por PROLEÑA-BRONZEOAK, una planta generadora de 5MW a partir de residuos de madera de aserríos, que ha sido clasificado como un MDL con posibilidades de generar CERs. Este proyecto tiene además el interés especial de poder generar empleo rural (de Trinidad, 2003).

Existen también diversos proyectos sobre el botadero de Managua, **La Chureca**. El más interesante es el propuesto por Consultores Jurídicos Financieros SA, que consiste en captar el biogás desprendido por la digestión anaeróbica de la materia orgánica y quemarlo en motogeneradores para generar electricidad. La capacidad instalada sería de 3.6MW. Este proyecto ha sido catalogado también como MDL y actualmente está en fase de pre-factibilidad y búsqueda de financiamiento para el estudio de línea base para mitigación de GEI (de Trinidad, 2003).

El proyecto de la **Licorera del ISA** consiste en la producción de etanol con la fermentación de las vinasas derivadas del proceso industrial del ron, desprendido en el proceso, y que ahora es un residuo. También ha sido seleccionado como MDL y ya ha sido laborado y verificado su línea base de emisión de GEI.

En el 2003 se realizó un estudio en la misma línea del presente (contraste del modelo teórico de Zelaya, 2001). Se trata de la evaluación de residuos forestales (de explotación y de industria) generados en **Rosita** para abastecer una planta de 10MW. Rosita forma parte de los llamados sistemas aislados, no conectados al SIN, y sufre graves problemas en el abastecimiento eléctrico.

2.8. Aspectos socioeconómicos de la bioenergía

Son numerosas las ventajas que conllevaría la implementación de un programa de energía con biomasa en los países en desarrollo como Nicaragua.

La producción de bioenergía es descentralizada por naturaleza: su materia prima se genera en el medio rural y su transformación en electricidad debe hacerse cerca del lugar de producción.

Así, en el corto, mediano y largo plazo podría convertirse en un motor de desarrollo que favorezca a los agricultores y al medio rural en general. En el contexto actual de precio de los productos agrícolas, la crisis del café y el azúcar, la rehabilitación de terrenos abandonados y marginales para cultivos energéticos y la valorización de residuos agrícolas y forestales pueden contribuir a la reducción de la pobreza y la inseguridad alimentaria, a crear empleo y reducir la migración urbana (Best, 2001)

La producción, conversión y mercadeo de biomasa crea normalmente mucho más empleo que cualquier otro sistema energético, y la inversión es mucho menor, por unidad de trabajo creado, en comparación con proyectos industriales, industrias petroquímicas o plantas hidroeléctricas (Best, 2001). El empleo de medio y alto costo creado es similar al de otro sistema de generación de energía, ya que este trabajo se encuentra en la etapa de conversión de energía, pero es el empleo de bajo costo, el accesible por la mayoría de la población rural, el creado de manera notable (van den Broek, 1998).

A nivel macroeconómico la energía a partir de biomasa en lugar de la importación de electricidad o hidrocarburos para abastecer nuevas plantas termoeléctricas presenta claras ventajas. La biomasa se produce en el propio país, mientras que la importación de petróleo afecta negativamente a la economía (Tabla 2.1). Como ejemplo cabe citar el estudio de van den Broek, 1998, sobre la cogeneración en ingenios azucareros a partir de bagazo y eucalipto. En él se estima que, en la quema de eucalipto, un 73% del dinero se queda en el país mientras que, en la quema de búnker, la cifra es del 14% con un inversionista extranjero y del 30% con un inversionista nacional.

Además, invertir ahora en sistemas bioenergéticos puede ayudar a evitar importantes inversiones futuras en protección y mejoramiento de la atmósfera y del recurso tierra y agua, y en el mejoramiento de la calidad de vida en el medio rural (Best, 2001).

2.9. Competitividad económica de la bioenergía

En general los sistemas de generación con biomasa requieren de inversiones iniciales mayores que los sistemas convencionales de generación con búnker, y los costos fijos de operación son también bastante altos. Pero el coste variable (combustible, material de operación...) es relativamente bajo. Algunos estudios arrojan datos de costos totales de producción con biomasa bastante competitivos.

Por ejemplo: en una planta de 40MW de ciclo BIG/GT abastecida con plantaciones energéticas, el coste es 0,058 US\$/KWh; en una planta de 10MW de ciclo Ranking y turbina de condensación abastecida de residuos forestales, 0,048 US\$/KWh; en una planta de 5,5MW de tecnología Wartsila abastecida con Bunker, 0,058 US\$/KWh (de Trinidad, 2003).

Estos costos varían mucho con el tamaño y tecnología de la planta, la humedad del combustible (ambos influyen mucho en la eficiencia de conversión de la biomasa en energía) y el costo del combustible en la puerta de la planta (de Trinidad, 2003)

Con esta estructura de costos, una política apropiada de incentivos en las inversiones iniciales y de compensación de impactos ambientales haría de la bioenergía una alternativa viable para el abastecimiento futuro de Nicaragua.

2.10. Aspectos ambientales de la bioenergía

2.10.1. Algunas ventajas ambientales

En cuanto a los aspectos ambientales, son numerosas las ventajas de la electricidad de biomasa, sobretudo en comparación con la generada con derivados del petróleo.

Las dos estrategias de reducción de CO₂ (el principal GEI) en la atmósfera son, por un lado, fijar el CO₂ en sumideros de carbono. Por el otro, dejar de transformar los combustibles fósiles (carbono que ha tardado millones de años en ser almacenado con el proceso de fosilización) en CO₂ atmosférico para generar energía. Es en esta segunda estrategia donde la biomasa tiene un papel a jugar. La energía a partir de biomasa, si ésta se produce de una forma sostenible, tiene un balance de 0 en el ciclo del carbono, ya que el CO₂ emitido se compensa con el que fija la vegetación que crece en el lugar donde se extrajo la biomasa.

En cuanto al resto de GEI, los biocombustibles son limpios en la emisión de los gases causantes de la lluvia ácida: no se genera prácticamente dióxido de sulfuro (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NOx), que se producen siempre en la combustiones a altas temperaturas, son fácilmente evitables con sistemas de combustión modificados y/o con sistemas de canalización.

En cuanto al metano (CH₄), que es 30 veces más efectivo que el CO₂ en atrapar la radiación solar (Boyle, 1996), queda evitado con la bioenergía. Esto es una ventaja frente a la energía

hidroeléctrica de grandes embalses, que a causa de las tierras inundadas, se emite mucho metano.

En la sustitución de los combustibles fósiles por los combustibles de biomasa como fuente de energía, los factores cruciales son la eficiencia de la transformación de la energía solar en biomasa y la de ésta en energía eléctrica por combustión. Para eso son interesantes las plantaciones energéticas de, cuya promoción una planificación con criterios ecológicos puede ser una buena estrategia para proteger el recurso tierra. Las plantaciones de leñosas perennes bien manejadas son una cobertura permanente del suelo que origina numerosos beneficios, por ejemplo reducción de la erosión y reducción de la evapotranspiración.

2.10.2. Nicaragua y el cambio climático

Nicaragua es miembro de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) desde 1985, y en 1999 ratificó el Protocolo de Kyoto, el acuerdo internacional sobre cambio climático. De acuerdo a éste, Nicaragua no forma parte de los países del Anexo I, que deben reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), pero tiene la obligación de elaborar periódicamente y poner a disposición de la CMNUCC un inventario nacional de fuentes y sumideros de GEI, así como de formular e implementar un programa nacional de medidas mitigadoras del cambio climático (MARENA, 2001).

Según el Inventario Nacional de GEI de 1994, de los 2728,38 Gg totales de CO₂ emitidos, 2373,54 Gg (un 87%) surgieron del sector energía. De éstos los principales sectores emisores fueron la industria energética (con la refinación de petróleo y la generación de electricidad) y el transporte (Fig. 2.6). Así, aunque a escala mundial Nicaragua no emite GEI de manera destacable, a escala nacional se constata que buena parte de las emisiones de CO₂, el principal GEI, se podrían reducir si se apostara por la vía de las energías renovables. (MARENA, 2001).

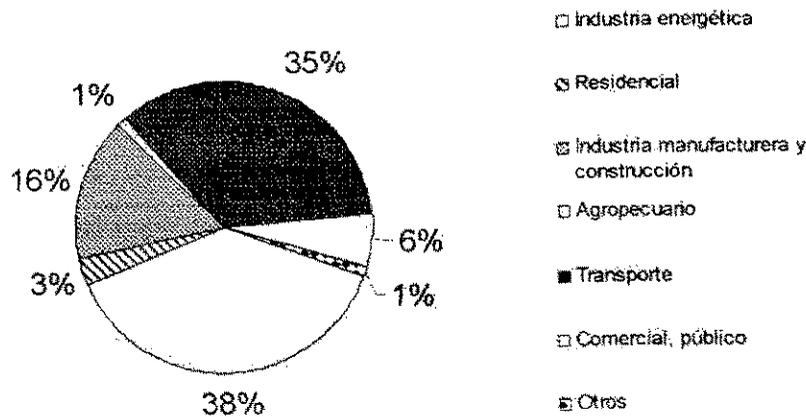


Figura. 2.6. Emisiones de CO₂ por sectores.

Esta posición en el panorama mundial abre la posibilidad de integración de proyectos de reducción de emisiones en los llamados mecanismos de desarrollo limpio (MDL), con lo cual se puede obtener financiación para proyectos reductores y se pueden obtener Certificados de Reducción de Emisiones (CERs) vendibles. Esto abre posibilidades de mejoras económicas a nivel de Estado y de particulares.

2.11. Barreras y limitaciones de la bioenergía en Nicaragua

Algunas de las barreras identificadas según de Trinidad, 2003 son:

- * Poco interés de las entidades privatizadas distribuidoras de electricidad en atender los mercados poco rentables por alejados de las líneas de distribución.
- * Falta de políticas y estrategias para favorecer las EERR.
- * La generación de electricidad con recursos naturales no goza de exoneraciones como la que tiene el petróleo gracias a la LIE (Ley de industria eléctrica), de manera que la generación con petróleo está favorecida, aunque ahora se está discutiendo la nueva LIE que podría introducir un cambio y favorecer las EERR.
- * Hay una limitada transferencia tecnológica para la generación eléctrica con recursos naturales.
- * La inversión pública en el sector eléctrico en el área rural se orienta a extensiones convencionales de la red pública, y no hay un modelo para evaluar la viabilidad técnica de usar sistemas descentralizados de bioenergía.

- * Los proyectos con biomasa las inversiones son mayores en la fase inicial, comparado con los generadores que operan con combustibles fósiles.
- * Los problemas con la propiedad de la tierra limitan la expansión de cultivos energéticos.

2.12. El cultivo del café en Nicaragua

La mayoría de la superficie de cafetal de Nicaragua se cultiva bajo sombra. Son sistemas agroforestales en los que se pueden llegar a manejar hasta 5 estratos de vegetación:

- * Árboles altos (~20-30m) con aprovechamiento de madera.
- * Árboles medianos (~10-20m) productores de leña.
- * Árboles frutales bajos (~5-10m).
- * Cafeto (~1-3m)
- * Cultivo anual bajo que cubre el suelo o estrato de hierbas beneficiosas.

Al estrato arbóreo, la sombra, beneficia al café y ofrece numerosos productos (madera, leña, futuros) y servicios. Como servicios, el principal es proporcionar el grado de sombra necesaria para que el café vegete bien y produzca café de calidad. Además, la sombra tiene relación con el balance hídrico, la protección del suelo y el desarrollo de hongos (como la roya).

La sombra del café proporciona un ambiente productivo amigable que permite a los productores diversificar la producción de la finca (madera, leña, frutas para consumo y venta), reducir la dependencia de agroquímicos y mejorar la calidad del café, lo que permite participar en el rentable mercado de cafés especiales (Vaast. 1999).

Este estrato arbóreo hay que manejarlo año con año para mantener las condiciones de manejo del cafetal, cortando ramas selectivamente hasta lograr el grado y distribución de sombra adecuado. El manejo del dosel de sombra en los cafetales varía según la realidad socioeconómica del productor y la finca, las condiciones ecológicas del lugar y las oportunidades y limitaciones del sistema cafetalero, y eso origina diferentes tipologías de productores: pequeños, medianos y grandes.

Esta labor, junto con el manejo de tejidos (la poda o recepo) genera residuos leñosos que son a menudo utilizados como leña en la finca. Pero en algunos casos se dejan en el cafetal, y se podrían aprovechar para generar electricidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Definición del área de estudio y su justificación

La zona de estudio es la comprendida en un círculo de 50 km de radio alrededor de Sébaco (Matagalpa). Ésta comprende todo el Valle de Sébaco y las montañas que lo rodean. En este radio las tres zonas de interés biomásico son:

- * Valle de Sébaco, zona central, con agroindustrias de café y arroz y de cultivo de arroz.
- * Sector Noreste del círculo, con abundancia de sistemas agroforestales de café.
- * Sector Sur (Ciudad Darío) con potencial para plantaciones energéticas.

Este estudio se ocupa de la valoración de biomasa de las dos primeras zonas, quedando el potencial de plantaciones pendiente de investigación para otro estudio. Por eso, aún siendo la zona de estudio muy amplia, queda centrada en parte o la totalidad de los municipios: Sébaco, Ciudad Darío, San Isidro, Terrabona, Esquipulas, San Dionisio, Muy Muy, Matagalpa, San Ramón, El Tuma-La Dalia, Jinotega, San Rafael del Norte, San Sebastián de Yalí v Estelí.

En el apartado 2.1 ya se han indicado las razones por las cuales Sébaco es el lugar investigado: es una zona con abundante agroindustria, generadora de residuos de biomasa, es una de las zonas arroceras más productivas del país (generadora de paja) y tiene relativamente cerca una importante zona cafetalera, generadora de residuos leñosos. Además, existe un potencial en la zona más seca para plantaciones energéticas.

Además de la disponibilidad de biomasa, como factores favorables hay una Subestación eléctrica importante en el propio Sébaco, conectada al SIN y el gran consumo eléctrico de la propia zona.

3.2. Descripción del área de estudio

3.2.1. Zonas biogeográficas

Según el mapa de regiones ecológicas (RE) y ecosistemas forestales del INAFOR, en la zona se encuentran las regiones RE-I, RE II-1 y RE II-2, cada una de ellas con diversos tipos de ecosistemas forestales.

RE I, del Pacífico se sitúa en la parte más occidental de la zona de estudio, donde la altitud está por debajo de los 200 msnm. Se caracteriza por ser la más cálida y seca del país, con T^a

media anual de 26-29 °C, precipitaciones medias anuales (P) de 750-1250 mm, siendo la estación de lluvias de mayo a octubre. El ecosistema forestal que le corresponde es "Bosques bajos o medianos caducifolios de zonas cálidas y secas del trópico".

La RE II, Norcentral, es la que domina en la zona de estudio. Geológicamente, está asentada sobre tierras volcánicas del Terciario, a menudo con afloramiento de piedras esparcidas en la superficie y suelos de profundidad variable. Esta RE se divide en dos Subregiones Ecológicas: RE II-1 y RE II-2, y éstas en zonas, debido principalmente al factor altitudinal y a los vientos alisios.

- * Una parte al sur de la RE II-1 (entre 0 y 500 msnm) son zonas cálidas muy secas tropicales, pero la mayoría es de tipo más fresco y húmedo: altitud de 500-1000 msnm, Tª media anual de 19-24°C y P de 800-3000 mm, con una estación húmeda algo más larga, de mayo a diciembre. La vegetación correspondiente es floresta subtropical húmeda. Los ecosistemas forestales son "Bosques medianos o altos perennifolios de zonas muy frescas y húmedas", y dentro de ellos están las "Nebiselvas de altura", con P de 1250-1500 mm y estación húmeda de mayo a enero.
- * La RE II-2 se caracteriza por ser más húmeda que la RE II-1. Los ecosistemas forestales que le corresponden son: "Bosques de zonas frescas y húmedas" y "Bosques altos de zonas muy frías y muy húmedas".

La Tabla 3.1 muestra algunas variables climáticas de algunos lugares del área de estudio.

Tabla 3.1. Temperatura media anual, Precipitación y humedad relativa de algunas localidades.

Estación	Altitud (msnm)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación anual (mm)	Humedad relativa med(%)	Región ecológica
San Fco de Carnicero	50	29.1	1143	82	I
Sébaco	480	25.7	889	78	II-1
Esteli	815	22.2	848	69	II-1
Matagalpa	740	21.7	1374/1253	85	II-1
Hacienda S Francisco	790	21.3	1969	85	II-2
Jinotega	1032	20.6	1213	79	II-2

Fuente INAFOR, 2002.

3.2.2. Vegetación actual

Podemos distinguir 3 zonas:

- * Valle de Sébaco.

Es un gran llano por el que corren el Río Viejo y el Río Grande de Matagalpa. Como uso del suelo domina la agricultura bajo riego: verduras, frutas y sobre todo arroz en suelos arcillosos (vertisoles).

- * La montaña baja entre el Valle y la alta montaña

El clima se vuelve gradualmente más fresco. Como vegetación, encontramos sobretodo tacotales y pastizales, formaciones con árboles y arbustos dispersos. Son bosques bajos o medianos caducifolios de zonas cálidas y secas del trópico.

La fisionomía de la vegetación es: árboles de 5-15(20) m, herbáceas, arbustos. Las formaciones más maduras presentan más árboles que las formaciones poco maduras, que tienen más arbustos y herbáceas. La diversidad es mayor en las formaciones menos maduras. Todas las especies pierden su hoja durante 5-7 meses (en la estación seca), por lo que el aspecto de la formación es muy contrastado entre las dos estaciones (INAFOR, 2002).

Flora, especies características: brasil (*Haematoxylon brasiletto*), nacascolo (*Caesalpinia coriaria*), escobillo (*Phyllostylon brasiliensis*), guayacán (*Guaiacum sanctus*). Hay una asociación interesante que se da en los suelos negros sonsocuitosos (o vertisoles): la del jícaro sabanero (*Crescentia alata*). A causa del manejo encontramos diversos estadios de sucesiones vegetales (INAFOR, 2002).

Usos y manejo: gran importancia para la producción de leña y fauna silvestre de interés económico. También madera para aserrar, cultivos y pastos. Se usa el fuego frecuentemente para limpiar y ello causa una problemática de incendios.

- * Las montañas altas del terciario.

Encontramos los sistemas agroforestales de café y pastizales. Está por encima de la altitud de la zona de tacotales. El clima es más fresco y húmedo, y se encuentran islas de bosque.

3.3. Información cartográfica y estadística de base

Cartográfica

- * Base cartográfica general de INETER en formato digital (coberturas SIG): caminos, ríos, curvas de nivel, municipios, a escala 1:50 000.
- * Mapa forestal de Nicaragua a escala 1:50 000, del año 2000, realizado por el MAGFOR, sobre uso del suelo.
- * Cobertura SIG de las áreas cafetaleras de la zona norte de Nicaragua, de MAGFOR 2000.
- * Imágenes pancromáticas del satélite SPOT de los años 1996/1997 con resolución de 10x10 m
- * Biomapa de Zelaya et al. 2002, basado en modelo teórico, a escala 1:250 000.

Estadística

- * Asociación Nacional de Productores de Arroz (ANAR), de área arrocera.
- * Unión nicaragüense de caficultores UNICAFE, de área, producciones y rendimientos de cafetales.
- * Censo Nacional Agropecuario CENAGRO III, de áreas de arrozal y cafetal y tamaño de fincas.
- * Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) de áreas de arrozal y cafetal.

3.4. Materiales

Para toda la metodología descrita el material utilizado fue el siguiente:

En campo

- * GPS, para la posición geográfica en coordenadas UTM.
- * Pistola Blume-Leiss, para medir las alturas de los árboles.
- * Cinta métrica de 3 m de longitud y con escala en cm, para longitudes cortas.
- * Cinta diamétrica de 2 m de longitud y con escala en cm, para el diámetro de árboles y ramas.
- * Cinta métrica de 30 m de longitud, para delimitar las parcelas de muestreo y las distancias a los árboles para medir las alturas.

En laboratorio

- * Balanza de precisión con lectura de hasta 4 decimales de g
- * Balanza con ajuste al g
- * Estufa
- * Probeta de 2000 ml.

3.5. Metodología para la estimación de cascarilla de café

3.5.1. Descripción y uso actual

La cascarilla de café (también llamada pergamino, pelusa o cascabillo) es un residuo que se genera en el beneficiado seco (o trillado) del café, en la transformación de café pergamino a café oro. Es la piel fina que recubre al grano en el interior del fruto. En el beneficiado sale con una humedad bastante baja (aproximadamente del 12%). Esto, además de que es un material uniforme y que se comporta como un fluido, lo convierten en un buen combustible.

Otra ventaja es que la cascarilla de café se genera de forma concentrada en los beneficios secos, que en la zona de estudio se encuentran prácticamente todos a lo largo de la carretera Sébaco-Matagalpa.

Una pequeña parte de la cascarilla generada se usa en algunos beneficios para alimentar hornos de secado de café en la época de más acopio, pero la mayoría es quemada sin aprovechamiento al aire libre o en quemadores, abandonada en los patios sin utilizar, representando un problema ambiental y económico. Por eso es considerada a priori como biomasa disponible real.

3.5.2. Trabajo en campo

Después de una etapa inicial de visita a unos pocos beneficios se vio que éstos suelen tener un buen registro y conocimiento de su proceso y del volumen de café manejado, así que la entrevista pareció la forma más adecuada para estimar la cantidad de cascarilla de café. Se realizaron entrevistas a 21 beneficios del área de estudio (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Beneficios de café incluidos en el estudio.

Nombre	Distancia a Sébaco (km)	Nombre	Distancia a Sébaco (km)
Atlantic	3	Picasa	14
CISA	16	Lucas Aguilar	18
Volcafe	4	Talia	17
Bankoffee	13	Alemania	22
Magsa1y2	15	Eger	21
Bencafe	5	Alsacia	?
Sajonia	13	Aliado	11
Solcafe	17	San Antonio	2
Providencia	14	Totolate	28
Pita	14	Selva Negra	6
Esperanza	16		

Se incluyeron todos los beneficios que estaban trabajando en el momento de hacer el muestreo, o bien que iban a trabajar en la próxima temporada. Se excluyeron aquéllos que han cerrado recientemente y que no garantizan que volverán a trabajar en el futuro.

Existe una cierta tendencia de que los grandes beneficios cada vez procesan más y que algunos pequeños van cerrando. Algunos entrevistados comunicaron sus expectativas de expansión del beneficio para los años venideros e incluso tenían estimaciones de cuánto iban a crecer. Sin embargo sólo se ha tenido en cuenta sus datos de los años ya registrados para evitar dobles contabilizaciones, ya que en gran medida ese crecimiento sería a costa de otro beneficio que ahora se está teniendo en cuenta.

La información recogida en cada beneficio, que se muestra con más detalle en el Anexo 1, fue a grandes rasgos:

- * Localización geográfica con GPS
- * Cantidad de café procesado por temporada en los últimos 5 años
- * Rendimiento del café pergamino en café oro y en cascarilla
- * Distribución a lo largo del año de la actividad de beneficiado
- * Manejo o uso actual de la cascarilla
- * Toma de muestra de cascarilla

3.5.3. Trabajo en el laboratorio

Humedad

De la muestra de cascarilla, que estaba en bolsa de plástico bien cerrada para alterar al mínimo la humedad inicial, se tomó una submuestra de la parte central de la bolsa. Ésta se introdujo en un recipiente metálico apto para la estufa que previamente se había pesado en vacío. Se pesó el recipiente con la cascarilla para tener el Peso húmedo. Seguidamente se puso en una estufa a 105°C durante 24h. Después se volvió a pesar el recipiente, ya con la cascarilla seca, y se obtuvo el Peso seco. Con estos datos se calculó el porcentaje de humedad en base seca:

$$\% \text{ Humedad (base seca)} = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}}$$

Densidad aparente

Se llenó con cada muestra de cascarilla un recipiente cilíndrico de volumen fácilmente medible (dimensiones aproximadas: 17 cm de altura y 13 cm de diámetro). Se pesó el recipiente lleno. Luego se dejó apelmazar la cascarilla en el bote durante aproximadamente un minuto, dando golpes en el bote para facilitar el asentamiento. A medida que la cascarilla se compactaba se iba rellenando con más cascarilla. Luego se volvió a pesar el recipiente lleno.

De esta manera se obtuvo la estimación de dos densidades aparentes, una con la cascarilla suelta y otra con la cascarilla apelmazada.

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen aparente}}$$

3.5.4. Los cálculos

No todos los beneficios proporcionaron datos de los últimos 5 años, porque no los tenían todos disponibles. Los beneficios que no tienen servicio a cliente y sólo trillan su propio café en general proporcionaron un solo dato anual que se suele mantener constante. De entre los datos de los últimos 5 años excepcionalmente se dejó de tener en cuenta uno de ellos cuando éste estaba claramente fuera de la tendencia del beneficio y además no eran datos de los más recientes.

Los datos suministrados por los entrevistados fueron muy heterogéneos entre ellos: cantidad de café procesado en pergamino mojado, húmedo, oreado o seco, de uva o directamente se dieron los datos de cascarilla.

Para las conversiones de todos esos datos a café pergamino seco (sobre el cual se aplica el porcentaje de rendimiento en cascarilla) se tuvieron en cuenta los porcentajes de humedad (Tabla 3.3) indicados por el propio entrevistado o bien se siguió el consejo de un informante clave para todas las cuestiones relacionadas con el café de la región, y en especial con el beneficiado.

Tabla 3.3. Porcentajes de humedad según tipo de café..

Tipo de café recibido	Humedad (%)	Factor conversión a café pergamino seco (%)
Pergamino mojado	53 – 55	45 – 47
Pergamino húmedo	45	55
Pergamino oreado	39 - 40	60 - 61

Igualmente se procedió con el porcentaje de rendimiento en cascarilla (Tabla 3.4), cuyo valor adecuado exacto depende de la calidad del café y de las cantidades de café en uva ("pelota") procesadas (cuando se beneficia el café en uva se obtiene cascarilla mezclada con pulpa, y en mayor proporción respecto al café oro que el pergamino).

Tabla 3.4. Rendimiento en cascarilla del café pergamino seco.

Tipo de café	Rendimiento en cascarilla del café pergamino seco (%)
Primera calidad	17 – 18
Segunda calidad	20
Broza o pelota	40
Primera calidad, con pequeñas cantidades de broza.	20

Algunos de los beneficios utilizan la cascarilla para secado en los meses de más acopio y secado (Octubre – Enero). En ese caso, la entrevista incluyó la información de la cantidad de cascarilla, que en general fue dada en porcentaje aproximado sobre la generación total. Sólo

en algún caso se dieron las cantidades absolutas de cascarilla utilizada. Esta biomasa es considerada en el estudio como no disponible, así que se ha restado de la biomasa generada.

Para la distribución anual por meses de la disponibilidad de cascarilla nos basamos en la información del entrevistado, que en la mayoría de casos fue de carácter cualitativo (por ejemplo, entre enero y julio se trilla la mayor parte). Algunos beneficios aportaron información detallada sobre el ritmo de beneficiado de los últimos años.

3.6. Metodología para la estimación de cascarilla de arroz

3.6.1. Descripción y uso actual

Es un residuo que se genera en el trillado del arroz, en el que se transforma la granza en arroz blanco. Es una cáscara que recubre el grano. Al igual que la cascarilla del café, la de arroz es un buen combustible por lo uniforme, fluida y relativamente seca (8-10 %) que se genera.

También en este caso tiene la ventaja de que se produce y acumula en los trillos de arroz, que en la zona de estudio están situados a lo largo de la carretera Sébaco-San Isidro, es decir, en medio de las fincas arroceras.

Aunque una parte de esa cascarilla se usa para el secado de la granza en los mismos trillos, la mayoría se quema sin aprovechamiento o se abandona en los patios, de manera que es un residuo molesto y costoso de manejar (uno de los trillos de la zona informó que el coste de eliminación de la cascarilla es de US\$ 67 por día). Por eso se considera a priori como biomasa disponible real para hacer energía.

3.6.2. Trabajo en campo

Igual que en los beneficios, se vio que la entrevista era la forma más fiable de estimar la cantidad de cascarilla generada en los trillos arroceros, ya que son industrias que llevan el registro de su actividad y conocen a fondo los detalles del proceso que realizan.

Al hacer las entrevistas se observó que la tendencia de los últimos 2 o 3 años ha sido que los trillos más grandes y modernos han absorbido prácticamente toda la granza a procesar de la zona, mientras que los numerosos trillos pequeños que operaban han ido cerrando, dedicándose solamente al secado en patios. Aunque se visitaron 8 trillos, sólo se han incluido

en el estudio los que garantizaban que iban a seguir trabajando en las próximas temporadas, que fueron 5 (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Trillos arroceros incluidos en el estudio

Nombre	Municipio	Distancia a Sébaco (km)
Agricorp	San Isidro	11
San Benito Agrícola	San Isidro	8
Mansell	San Isidro	12
Santiago	Sébaco	2
Magsa	Matagalpa	16

.En cada entrevista se recogieron estos datos (más detallado en el Anexo 1):

- * Cantidad de granza procesada por año en los últimos 5 años
- * Distribución a lo largo del año de la actividad de trillado
- * Rendimiento de la granza en cascarilla
- * Manejo actual de la cascarilla (uso para secado, forma de eliminación)
- * Localización geográfica del trillo con GPS
- * Toma de una muestra de cascarilla recién salida de la trilladora

3.6.3. En laboratorio

Las muestras de cascarilla se llevaron al laboratorio para calcular la humedad y la densidad aparente, con un procedimiento análogo al descrito para la cascarilla de café.

3.6.4. Los cálculos

Todos los entrevistados expresaron los datos de producción en cantidad de arroz en granza trillado y, además, sin diferenciación por calidades que den distintos rendimientos en arroz y cascarilla. Por eso las conversiones para obtener cantidad de cascarilla seca por año fueron sencillas.

Debido al hecho explicado sobre el crecimiento de los trillos grandes, hay una diferencia clara en los datos recogidos entre los últimos 3 años y los anteriores. Como esa tendencia difícilmente se va a revertir a la situación anterior, esos años anteriores no se han tenido en

cuenta y se ha tomado para dato la media de los últimos 3 años, que por otro lado ha sido bastante constante.

El porcentaje de rendimiento en cascarilla sobre el arroz en granza utilizado para el cálculo fue el indicado por cada trillo. Fue similar en los trillos grandes (21 – 23.5 %).

A la cascarilla total generada se le quitó la cantidad de cascarilla utilizada en el propio trillo para secado de granza, que en general era poco conocida por el empresario, aunque solieron indicar alrededor de un 5 – 6 % de la total.

3.7. Metodología para la estimación de la paja de arroz

3.7.1. Descripción y uso actual

La paja es el tallo de las gramíneas, que sustenta la espiga con los granos de arroz. Al cosechar, la máquina corta el tallo de la planta de manera que se lleva esa parte del tallo más la espiga. La longitud de planta cortada es la mínima que permite recoger la espiga, para reducir el trabajo de separación paja-arroz. Así que la altura de corte depende de lo curvada que está la planta a causa del peso de los granos de arroz. Dentro de la máquina se separan la granza de la paja y se expulsa esta última, que queda sobre el rastrojo y el suelo.

Esta paja tiene diferentes destinos:

- * Es quemada en el mismo arrozal, para reciclar parte de los nutrientes y para evitar que estorben las labores de la próxima siembra.
- * Es empacada y sacada del campo para alimentar ganado.

En general, ocurre que la paja de la cosecha de verano es empacada para ganado (al haber escasez de pasto en los potreros) y en invierno la mayor parte se quema o abandona (al haber buena disponibilidad de pasto).

3.7.2. Trabajo en campo y laboratorio

Para estimar este residuo se muestrearon 15 parcelas correspondientes a 7 lotes distintos de 5 fincas y pertenecientes a 5 propietarios (Tabla 3.6). La elección de lugares de muestreo no fue tal, ya que tuvo que adaptarse a la disponibilidad de éstos en los días de muestreo. La razón es que los arrozales necesariamente tenían que estar a punto de cosecha para que la biomasa estimada fuera la total del ciclo de desarrollo de la planta. Finalmente, las parcelas

realizadas estaban a punto de ser cosechadas: algunas de ellas el mismo día y otras al cabo de unos pocos días.

Tabla 3.6. Fincas arroceras muestreadas

Muestras	Nombre de la finca	Municipio	Variiedad arroz	Propietario/Gestor
1 y 2	Trillo San Benito	San Isidro	INTA N-1	J.C. Amador
3, 4 y 5	Hierbabuena (lote 1)	San Isidro	ANAR-97	S. Amador
6 y 7	Hierbabuena (lote2)	San Isidro	ANAR-97	S. Amador
8 y 9	Santa Rita	Sébaco	ANAR-97	F. Mansell
10 y 11	San José (lote 2A)	Sébaco	INTA N-1	W. Treminio
12 y 13	San José (lote 3B)	Sébaco	INTA N-1	W. Treminio
14 y 15	Virginia	Sébaco	ANAR-97	L. Lau

El método de estimación consistió en conocer el número de plantas que hay en un m² de campo y la cantidad de biomasa total media que contiene una unidad de planta, y luego separar la biomasa total en biomasa disponible (actual y potencial) y no disponible.

Se tuvo que tener en cuenta el número de tallos y no el de individuos, ya que cada semilla se desarrolla formando una "macolla", constituida por varios hijos, y entonces el número de semillas sembradas es mucho menor que el número de tallos que luego resulta haber. Además, como las macollas se diferenciaban mucho entre ellas en el número de hijos, se vio que la cantidad de biomasa estaba más relacionada con el número de tallos que con el de individuos-macollas. El procedimiento detallado fue el siguiente:

En campo:

Se colocaba aleatoriamente sobre el suelo un marco de madera de dimensiones 1x1m, de manera que dentro del marco quedaban incluidas un conjunto determinado de plantas. Se arrancaban una cierta cantidad de plantas del interior del cuadro (en general entre 60 y 100) y se guardaban en sacos cerrados para llevar al laboratorio. Luego se contaba el número de tallos restantes que quedaban dentro del marco.

En laboratorio:

Se contaba el número de plantas que constituían la muestra, con los mismos criterios con los que se contaban en el campo (número de plantas y no individuos o macollas).

Se cortaban las plantas separando (Fig. 3.1):

- * tallo hasta 20cm
- * tallo de 20 a 40cm
- * resto del tallo, >40cm
- * granos de arroz

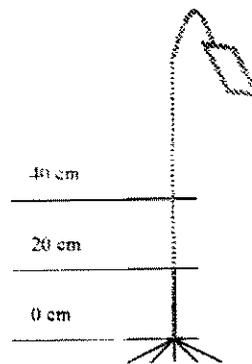


Figura 3.1. Partes de la planta de arroz diferenciadas para estimación de la biomasa.

Se secaron en la estufa durante 24h a 105°C y luego se pesaron en balanza de aproximación al g (peso seco), para tener cantidad de materia seca. Algunas de las muestras se pesaron en húmedo para obtener datos de humedad.

La biomasa hasta 20 cm desde el suelo es biomasa que queda en el campo (rastrojo) por la mayoría de cosechadoras. La biomasa de 20 a 40 cm es biomasa que, dado el manejo actual de la paja, también se queda en el campo. La biomasa a partir de 40 cm es la que constituye el residuo paja actualmente.

Se observó en el campo que la altura de corte desde el suelo suele ser de unos 40cm, pero que puede llegar a ser menor, hasta los 20cm. Además, cabría la posibilidad de que se usaran máquinas empacadoras especiales. Por ello se ha considerado separadamente la biomasa de 20-40 cm, porque actualmente es un residuo de campo, pero podría ser potencialmente paja extraíble, si se le otorgara valor energético.

Se decidió ignorar la biomasa radicular ya que era sumamente difícil y trabajoso separar los pedazos de suelo arcilloso de las finas raíces. Además, se podía observar que esta biomasa era pequeña comparada con la del resto, de la planta y no es biomasa disponible.

3.7.3. Los cálculos

Sumando el número de plantas recogidas para el laboratorio con las contadas en campo, se tuvo el número de plantas por m² de campo, y con la muestra secada en laboratorio se obtuvo la cantidad de biomasa seca media por unidad de planta. Multiplicando los dos datos anteriores, se tuvo la biomasa seca por m² de campo:

$$\text{Biomasa media/planta} \times \text{n}^\circ \text{ plantas/ m}^2 = \text{Biomasa/ m}^2$$

Se entrevistó a un ganadero de Sébaco que empaca paja en los campos de arroz, para contrastar sus datos con los de la literatura y los obtenidos a partir de nuestro muestreo de campo. Los datos cuestionados fueron la disponibilidad de paja en el Valle en invierno y verano, la humedad a la que se empaca y el rendimiento de paja por superficie de arrozal, con la maquinaria actualmente utilizada.

3.7.4. Valoración de la superficie de arrozal

Se dispuso de distintas fuentes de información para obtener este dato, que se detallan y discuten en el apartado de Resultados. Una de ellas consistió en la identificación y digitalización de las áreas arroceras de forma visual sobre una imagen pancromática del satélite SPOT, del año 1996, y con resolución de 10x10m. En esta imagen se puede reconocer fácilmente la textura de la imagen de los arrozales, por sus características terrazas a nivel para riego (Fig. 3.2).

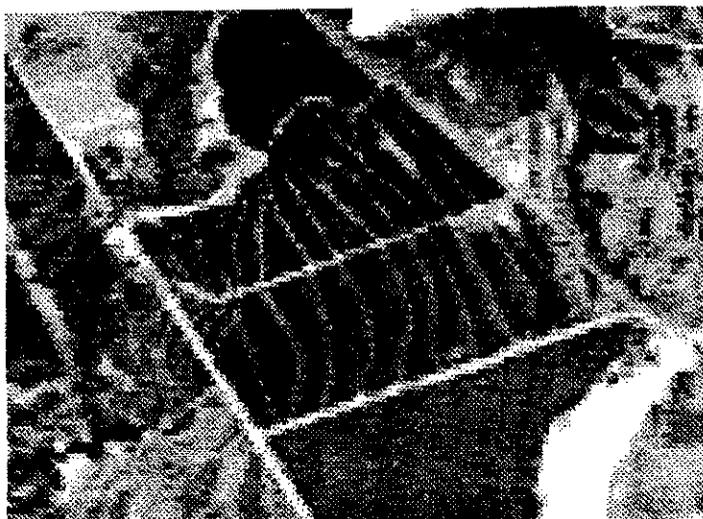


Figura 3.2. Textura de arrozal en imagen satélite SPOT de resolución 10x10 m del Valle de Sébaco.

3.8. Residuos leñosos en cafetales

3.8.1. Descripción y uso actual

Entre los trabajos de manejo del sistema cafetal hay dos que generan residuos leñosos: la regulación de sombra y el recepo o poda baja del café.

La regulación de sombra consiste en la corta de ramas o la tala de los árboles del estrato superior al café con el objetivo de mantener el porcentaje de sombra con la que se maneja el cafetal. Este manejo es sumamente heterogéneo según el productor, siendo el tamaño de la finca un factor que lo tipifica bastante. Generalmente esta labor se suele realizar después de la cosecha del café, entre Febrero y Abril y una vez al año.

El recepo o poda es una práctica de mantenimiento que consiste en la renovación de tejidos necesaria para mantener el cafetal productivo, ya que al hacer la cosecha del café o la regulación de sombra algunas plantas resultan dañadas y se vuelven improductivas. También las plantas se agotan a causa de la misma producción de café. De modo general, al recepar se corta la planta a una altura de 40-50 cm del suelo.

La frecuencia del recepo depende mucho del manejo, pero como generalidad se podría decir que una planta se recepa cada 6 años. En cuanto a la época, la adecuada es después de la cosecha y la regulación de sombra, ya que ambas operaciones dañan al café, entre Marzo y

Abril. Ambas labores se deberían realizar regularmente, pero el menguante precio del café está causando que muchos productores, sobretodo los pequeños, descuiden estas costosas labores.

Los residuos generados son abundantes: troncos gruesos, ramas gruesas y delgadas, ramillas y hojas. Salvo las ramillas finas y las hojas, el resto suele recogerse para ser usado como leña en la propia finca o bien para la venta si hay excedente. En las fincas grandes y en algunas medianas parte de la leña queda en el suelo del cafetal.

3.8.2. Trabajo en campo

El limitante más importante para el muestreo fue que las labores de recepo y regulación de sombra se suelen realizar entre Febrero y Abril, y el trabajo de campo de este estudio fue en Agosto y Septiembre. Además, otra dificultad para esta parte del muestreo es la gran variedad de manejo del cafetal que se da en la zona, sobretodo en cuanto a la sombra.

Por esas dos dificultades, se buscaron lugares de muestreo que aportaran información especialmente válida. Se buscaron fincas que estuvieran haciendo la regulación de sombra en el momento del muestreo (o bien que no hubieran retirado los desechos generados) y se pudieron encontrar 3: dos de ellas con regulación de sombra y una con el recepo. Igualmente se buscaron informantes claves, es decir, personas que conocieran especialmente todo lo relacionado con el manejo de cafetales y pudieran aportar datos orientativos fiables.

Para las visitas a las fincas se contactaron a los organismos que trabajan en la zona con café: Unicafé (Unión nicaragüense de caficultores) de Matagalpa y Jinotega, POSAF (Programa Socio-Ambiental y Forestal) de Jinotega, así como gente conocedora del café de la zona. Ya en los cafetales, los propietarios o mandadores nos acompañaron en la visita y aportaron la información buscada.

Se muestrearos 12 fincas cafetaleras, repartidas en la medida de lo posible por el área de estudio y de diferentes tamaños de finca (Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Nombre, localización, superficie, altitud y tipo de sombra de las fincas cafetaleras muestreadas.

Nombre finca	Municipio	Área cafetal		Altitud msm	Sol/Sombra
		(ha)	(mz)		
San Marcos	Jinotega	1.4	2	1030	Sombra
La Florida	Matagalpa	2	3	1300	Sombra
San José	Jinotega	3	3.5	1050	Sombra
Barcelona	Matagalpa	4	6	1339	Sombra
Montecristo	Jinotega	6	9	980	Sombra
Adalid Castillo	San Rafael del Norte	49	70	¿	Sombra
Bonetillos	Jinotega	20	28	1224	Sombra
Buenavista	El Tuma-La Dalia	70	100	1091	Sombra
El Quetzal	Matagalpa	270	385	1240	Sol
Selva Negra	Matagalpa	203	289	1244	Sombra
Saragoza	El Tuma-La Dalia	211	300	875	Sombra
La Cumplida	Matagalpa	703	1000	800	Sol

Se ha considerado como biomasa con potencial para energía eléctrica todo el material leñoso hasta 2 cm de grosor, considerando que sería éste el diámetro mínimo de leña a transportar por la rentabilidad económica y por la necesidad de dejar una parte de los residuos en el sistema.

La metodología de recogida de datos tuvo que ser adaptada a cada situación, dada la heterogeneidad de manejo.

Los datos que se tomaron en todas las fincas fueron:

- * Posición geográfica con GPS
- * Encuesta al mandador o propietario sobre el manejo de la sombra y el manejo de tejidos en el café (recepto)

3.8.3. Fincas con la leña en el suelo y de sombra homogénea en cuanto a especie y edad.

Fincas muestreadas: Saragoza y Bonetillos.

Se trataba de cafetales con sombra de una sola especie (en ambas fincas fueros guabas) plantada al mismo tiempo a espacios regulares. El aspecto general de todos los árboles era similar. En ambas fincas la regulación de sombra se había realizado en días anteriores y las ramas estaban aún en el suelo casi sin trocear, de manera que se podían identificar fácilmente las ramas que pertenecían a cada árbol.

3.8.3.1. Trabajo en campo

Se delimitó una parcela rectangular de 50x20m.

Sombra:

Se contabilizaron el número de árboles de sombra dentro de la parcela. De éstos, se eligieron dos aleatoriamente y de cada uno ellos se identificaron en el suelo las ramas que le correspondían. A cada rama de éstas se midieron: longitud, diámetro mayor y diámetro menor (Fig 3.3)

Café:

Se preguntó al mandador o gestor la densidad de plantas de café y por la práctica de recepo (selectivo, por bloque, por hileras,,), la frecuencia y la cantidad de plantas que usualmente se retiran por hilera o por superficie.

Se le pidió que indicara unas tres plantas de la parcela que considerara fuera necesario eliminar en el próximo recepo y el lugar por el que haría el corte.

A los ejes señalados se les midió los diámetros mayor y menor, y la longitud (restando los 50 cm que quedan en el suelo) (Fig. 3.3)

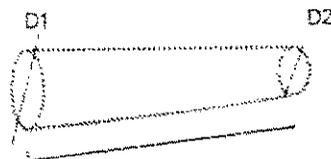


Figura 3.3. Medidas tomadas en troncos y ramas de cafetales para su cubicación.

3.8.3.2. Los cálculos

Se calculó el volumen de ramas de la sombra y ejes de recepo del café con la fórmula de Smalian:

$$V = \pi * \frac{((D_1 + D_2) / 2)^2}{4} * L$$

Donde:

V es el volumen de la rama

D₁ es el diámetro mayor de la rama

D₂ es el diámetro menor de la rama

L es la longitud de la rama entre los dos diámetros

Sombra:

Se calculó el volumen de madera cortada para cada árbol, sumando el de sus ramas correspondientes. Se calculó el promedio de volumen de los dos árboles, que multiplicando por el número de árboles por hectárea se obtuvo el volumen de madera de regulación de sombra por ha.

Café:

Se calculó el volumen de leña de recepo para cada planta, sumando el de sus ejes señalados. Se calculó un promedio de volumen a podar por planta, y multiplicando ese volumen promedio por el número de plantas por ha a recepar indicado por el mandador se obtuvo el volumen de leña por ha.

3.8.4. Fincas con sombra muy heterogénea sin ramas en el suelo

Fincas muestreadas: Adalid, San José, San Marcos, La Florida, Barcelona

Algunas fincas pequeñas (<20 mz) muestreadas presentaron un estrato de sombra adulto y muy alto, siendo necesario escalar a los árboles, y en las que la regulación de sombra se suele realizar una sola vez al año, después de la cosecha. En otras la sombra de árboles grandes era más escasa y, en cambio, había mucha presencia de especies con interés para alimento: musáceas y árboles frutales como los cítricos, que generan muy poca biomasa.

En estas fincas, prácticamente todos los residuos leñosos son recolectados para el consumo de la finca.

En ellas se hacía imposible un muestreo de medición in situ. Por el contrario, al ser la finca pequeña y el recurso leña de tanta importancia, se pudo encuestar de manera fiable sobre las cantidades de leña usualmente extraídas.

Estos datos se dieron en unidades de volumen aparente (marcas, carretadas de tales dimensiones). Para la conversión a m³ reales de madera se ha usado un coeficiente de apilado de 0.4 para la leña de café y 0.6 para la sombra. El coeficiente de 0.4 se estimó a partir de una fotografía de frente de una pila de leña de café. En ella se ven las secciones de las piezas de leña. Se midió el área del conjunto de secciones, y la relación entre esta área y el área total de la foto se asimiló como relación entre volumen real y volumen aparente. El coeficiente 0.6 se tomó en relación al anterior, por ser la leña de regulación de sombra de mayor diámetro que la de café.

3.8.5. Fincas de café sin sombra

Fincas muestreadas: El Quetzal y La Cumplida

Se trata de dos fincas bastante grandes en las que el café se cultiva al sol. Así, en el cafetal sólo se originan residuos en el recepo, el cual era selectivo en El Quetzal y por bloques en La Cumplida.

La Cumplida

Trabajo en campo:

Se muestreó un bloque que había sido recepado 4 meses atrás y donde la leña no se había recogido (la leña no se usa). En El Quetzal, se recopiló la información en forma de encuesta, ya que la leña ya había sido llevada para el uso en la finca y, además, se tiene un buen conocimiento del manejo y el aprovechamiento de la finca.

En el bloque recepado entero se eligieron aleatoriamente 8 ramas de café del suelo. A cada una se le midió el diámetro mayor, el diámetro menor (hasta un mínimo de 2 cm) y la longitud entre los diámetros. Se encuestó al mandador sobre el número de ejes por planta dejados en el deshije.

Los cálculos:

El volumen de las ramas de poda se calculó con la fórmula de Smalian, igual que las ramas de la sombra. Se calculó el promedio de volúmenes por rama.

Con el dato anterior, la densidad de plantas sembradas y la superficie del bloque recepado por año se puso obtener una estimación del volumen medio extraído por ha y año.

3.8.6. Estimación de la densidad de la madera en laboratorio

A pesar de que la bibliografía proporciona numerosos datos sobre la densidad de muchas especies de madera, hay especies de la zona de las que no se encontraron datos, o bien éstos difieren un poco de lo intuitivamente observado en campo. Para tener un dato más de comparación se tomaron muestras de las especies de madera de cafetales que más disponibilidad de biomasa ofrecen a priori: el café, la guaba roja y la guaba negra.

Para calcular la densidad anhidra (densidad de la materia seca, al 0% de humedad) se procedió de la siguiente manera:

- * Se tomaron muestras en campo (una rama o una sección de tronco)
- * Se seleccionaron y cortaron dos pedazos-muestras de cada especie (de unos 15 cm de longitud cada uno), desechando los extremos.
- * Se pesaron las muestras en balanza de laboratorio con aproximación al g.
- * Se cubicaron las muestras en una probeta de 2000 ml con lectura de volumen de aproximación a los 20 ml. Se llenaba el tubo hasta los 1000 cm³. Luego se introducía la muestra de madera en el tubo, se hundía en el agua con una varilla fina y se hacía la lectura de volumen de agua desplazado por la muestra.
- * Luego se trocearon las muestras y, de la parte más interior, se tomó una pequeña cantidad de madera y se cortó en astillas.
- * Se secaron las astillas en una estufa a 105°C durante 24 horas.

Con ello se obtuvieron los datos:

- * Densidad a la humedad inicial.
- * Humedad inicial.
- * Densidad anhidra, obtenida restando la cantidad de humedad a la densidad inicial.

La fórmula de la densidad es:

$$D = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen real}}$$

Donde:

D es la densidad de la madera en kg/m³, a la humedad en la que se mide la masa.

Masa es la masa de la muestra de madera en kg, a una humedad determinada.

Volumen real es el volumen de la muestra de madera

3.8.7 Consumo de leña de la población

Es muy difícil de valorar. Y aunque se sepa la cantidad media de leña consumida por habitante se desconoce la cantidad de ese consumo que proviene de los cafetales. Por eso se ha determinado la biomasa disponible (no consumida) según las informaciones de los entrevistados:

- * Pequeños productores: consumen toda la leña
- * Medianos productores: consumen la mitad de la leña
- * Grandes productores: prácticamente no consumen la leña, se ha tomado un uso del 20% para los habitantes de la finca.

3.9. Metodología para costes de biomasa en la planta y forma de transporte

Lógicamente el coste de transporte de la biomasa desde su lugar de producción (paja, leña de cafetales) o de acumulación (trillos y beneficios) a la planta generadora depende de muchos factores como: sistema de organización, propiedad de los medios de transporte o inversión/no inversión en vehículos especializados. Todo esto sería decidido por un estudio de factibilidad detallado del proyecto, que dependería de los medios y preferencias del inversionista. Es igualmente variable la recolección y carga de la biomasa en el medio de transporte.

Para el estudio se ha tomado una solución simple: tener en cuenta los medios de acopio y transporte existentes que operan en la zona de Matagalpa – Jinotega – Sébaco. Para saber los costes se hicieron entrevistas:

- * 1 informante clave
- * 1 empresa transportista con camiones tráiler y rastras

- * 1 camionero autónomo con experiencia en transporte de leña, propietario de un camión ganadero (que en realidad transporta todo tipo de material).
- * 3 propietarios de fincas cafetaleras con regulación de sombra, que aprovechan parte de la leña y contratan a menudo camiones.
- * 1 ganadero – empacador de paja de arroz

La información recopilada fue: rendimiento de acopio de leña y carga manual, coste de realización de labores en cafetal, dimensiones de los camiones y coste de transporte desde distintos municipios y para diferentes tipos de carga.

Con estos datos se hizo un primer análisis rápido para determinar la organización de menor coste, teniendo en cuenta un posible lugar de acopio intermedio y el coste mínimo por km según tipo de vehículo. Luego se calculó el coste de acopio, carga y transporte a la planta para cada tipo de biomasa y cada localización del área de estudio.

Para diferenciar los costes fijos de los variables (por km) de los transportistas se hizo una regresión con los precios dados desde los diferentes municipios en función de la distancia desde Sébaco a esos lugares. Se incluyeron todos los municipios conjuntamente, para obtener un dato promedio para toda distancia total y todo tipo de carretera. En esa regresión, el coeficiente de la incógnita es el precio por km, y el término independiente es el coste fijo por viaje.

3.10. Análisis espacial con herramienta SIG

El software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) utilizado fue ArcView 3.1, con las extensiones: Spatial Analyst, Image Analysis, 3D Analyst, Geoprocessing Wizard y Xtools.

La Figura 3.4 resume las transformaciones necesarias para este análisis, cuyo uno de los objetivos principales es obtener un mapa de la biomasa disponible en el área de estudio, de forma que visualmente sea fácil reconocer los lugares con la biomasa más accesible o barata y planificar mejor el abastecimiento.

Para cada tipo de residuo se hizo una cobertura con los puntos o áreas de situación de biomasa. La información de base son los datos de campo (Biomasa y localización). Así, cada

cobertura responde a las preguntas ¿dónde está la biomasa? ¿de qué tipo es? y ¿cuánta hay?.

Todas las coberturas se analizaron conjuntamente con información de situación de la planta y red de carreteras para conocer las distancias y coste aproximado de transporte desde el lugar de origen a la planta generadora.

Situación de la planta generadora

Hay tres unas condiciones principales que tiene que cumplir la localización de la planta:

- * Proximidad a las principales fuentes de biomasa.
- * Proximidad a vías de comunicación, para facilitar el abastecimiento de biomasa.
- * Proximidad a un cauce de agua. Una planta de generación por combustión directa necesita agua: para el circuito calentamiento - vaporización – movimiento de turbina – condensación, y para la condensación del agua en el circuito de refrigeración (la mayor parte del agua se recupera, de forma que hay poco consumo real de agua). Existen plantas que usan aire en lugar de agua, pero son menos eficientes.
- * Proximidad a una línea de transmisión para la electricidad generada.

El lugar hipotético de la planta elegido para este estudio está cerca de la intersección del Río Viejo con la carretera Panamericana, a 5 km de Sébaco. El Río Viejo presenta la ventaja frente al Río Grande de Matagalpa de estar regulado aguas arriba por la presa de Apanás, de manera que el caudal es regular y seguro. La carretera Panamericana está en buen estado y es el eje de comunicación principal del valle. Además, el lugar se encuentra en medio de la zona arrocerá y cerca de los principales trillos de arroz. También es bueno el acceso a los beneficios de café, situados sobre la carretera a Matagalpa. La última ventaja es que cerca de la ubicación está la subestación eléctrica de Sébaco.

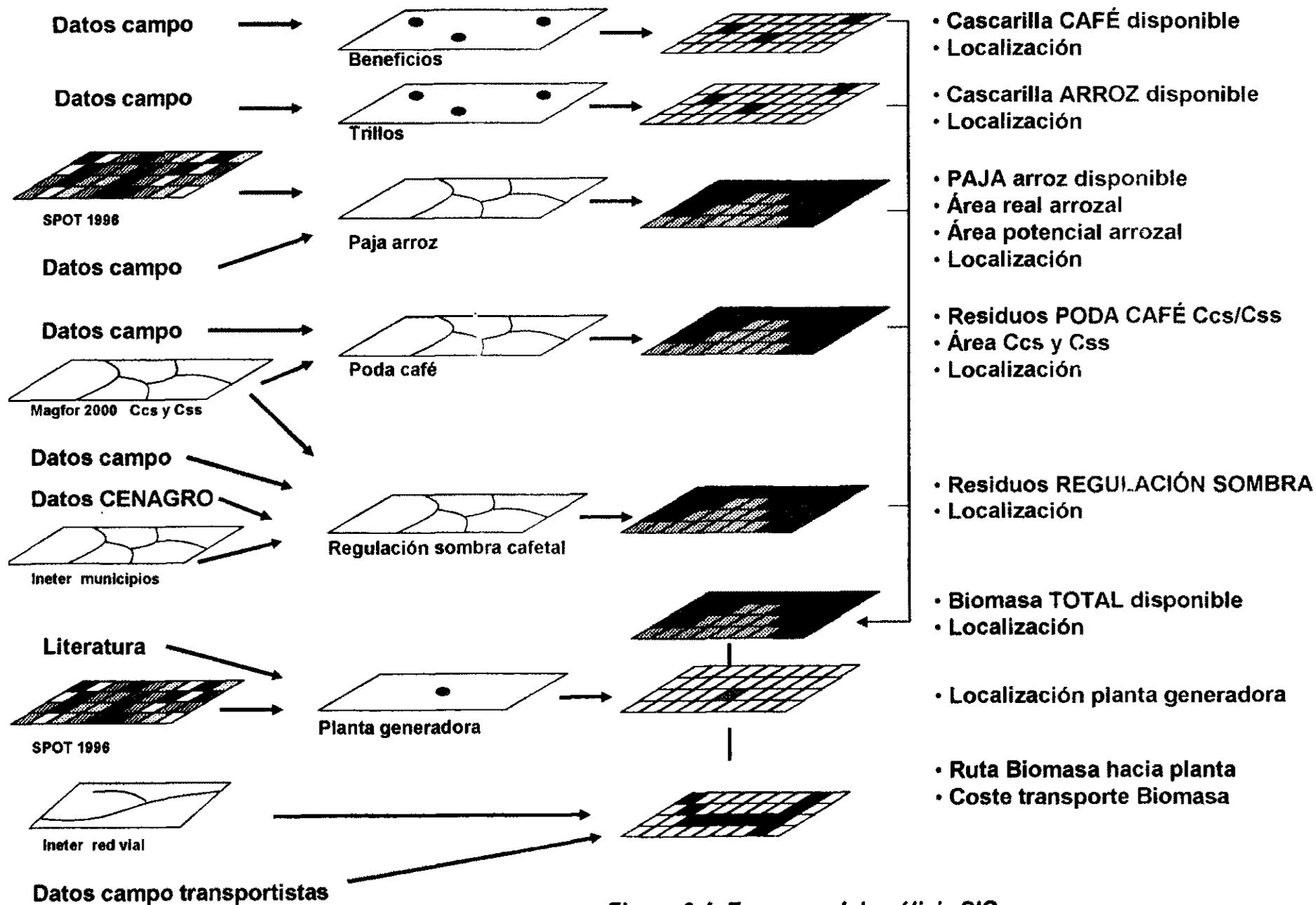


Figura 3.4. Esquema del análisis SIG

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cascarilla de café

4.1.1. Biomasa total disponible

Se obtuvo un total de 10302 Mg por año de cascarilla seca (al 0% de humedad) de café generada, de los cuales 1183 Mg se consumen en los mismos beneficios para el secado del café cuando llega del beneficio húmedo en pergamino, quedando **disponibles 9162 Mg de cascarilla seca por año** (Fig. 4.1).

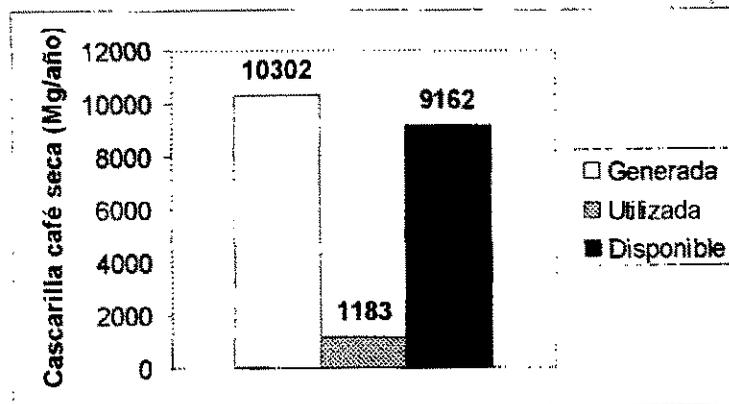


Figura 4.1. Cascarilla de café seca total generada, utilizada y disponible por año.

Zelaya et al. (2002) determinaron un rendimiento de biomasa seca de 6-15 Mg/ha*año para sistemas de café con sombra, incluyendo cascarilla y residuos de ramas de podas de árboles y del café. Este dato es poco válido para contrastar nuestro dato, puesto que no diferencia entre tipos de biomasa y, además, en los beneficios entrevistados no sólo se procesa café de la zona de estudio, sino también de otras partes de Nicaragua (como Carazo, Madriz).

No hay otros datos disponibles en la literatura para comparar, pero consideramos que es una buena estimación del residuo real, porque el muestreo incluyó todos los beneficios trabajando en la actualidad y se constató que dichos beneficios tienen un buen control y registro de su volumen de trabajo y del rendimiento del café.

No se prevé un aumento notable de uso para secado, ya que ante la crisis del café, la estrategia para mantenerse en el mercado es producir café de calidad, y para ello generalmente se prefiere el secado al sol.

4.1.2. Actores que poseen la biomasa

De los 21 beneficios, los tres mayores tienen el 45% de la cascarilla disponible (Fig. 4.2). En general, la cascarilla generada por los beneficios pequeños está toda disponible, ya que tienen capacidad suficiente en los patios para secar todo su café al sol. Son los beneficios que mueven grandes cantidades de café los que necesitan secar una parte en secadoras, consumiendo con ello una parte de la cascarilla. La cantidad de cascarilla utilizada para secado no sobrepasa el 12% de la total generada.

La tendencia a rasgos generales es que los beneficios grandes van acaparando mayor cantidad de café cada año, mientras que los pequeños tienden a desaparecer. Pero los beneficios pequeños que procesan café de alta calidad y que lo tratan con un cuidado especial siguen con su actividad.

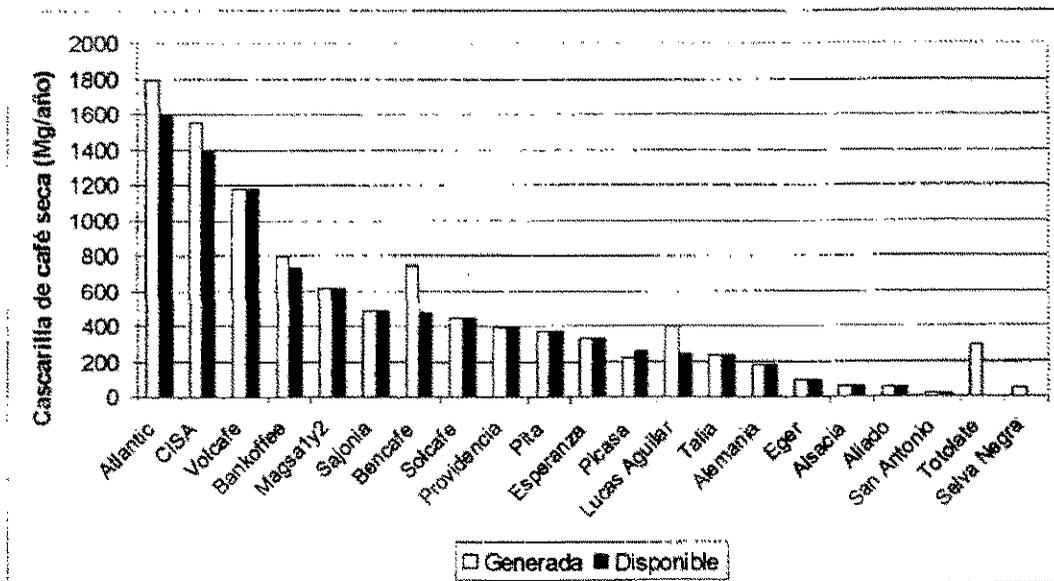


Figura 4.2. Cascarilla de café generada y disponible en cada beneficio.

4.1.3. Distribución durante el año

La Figura 4.3 muestra la distribución de la disponibilidad de cascarilla a lo largo del año. Aunque la media está entorno a los 758 Mg/mes de materia seca, se genera mayor cantidad entre Enero y Junio que en el resto del año. Esto es debido a que la mayor cantidad de café se cosecha en Noviembre y Diciembre, se seca enseguida y luego se deja reposar de 2 a 3 meses antes de empezar a ser trillado.

En realidad la irregularidad entre meses viene dada por los beneficios pequeños, que tienen suficiente con unos meses para procesar todo el café que manejan, quedando cerrado el beneficio el resto del año. En cambio los beneficios grandes almacenan en bodega grandes cantidades de café en pergamino seco y lo van trillando durante todo el año a un ritmo más o menos regular.

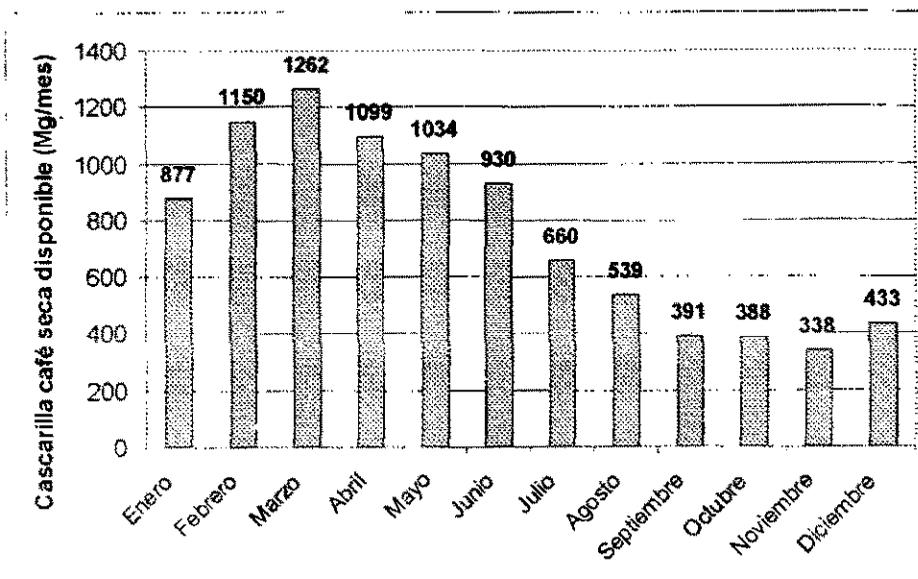


Figura 4.3. Distribución mensual de la cascarilla de café total disponible.

4.1.4. Humedad del combustible

La humedad media de las muestras de cascarilla resultó ser de 12% en base seca, con una variación máxima entre ellas del 3%. Esta humedad ha sido la utilizada para obtener las cantidades de biomasa seca (cascarilla al 0% de humedad).

Se ha considerado entonces que la cascarilla se genera con esa humedad en los trillos y, aunque ésta puede humedecerse más tarde, en el almacenamiento o transporte, se ha tomado para el valor calorífico inferior.

4.1.5. ASPECTOS MÁS RELEVANTES DE LA CASCARILLA DE CAFÉ

1. 9000 Mg/año de biomasa seca disponible.
2. Es un residuo casi sin aprovechamiento (sin perspectivas futuras de aumento de uso para secado) que genera problemas ambientales y es una carga económica.
3. Se genera de forma muy concentrada en los beneficios, pero está relativamente en manos de muchos actores, aunque casi la mitad de la cascarilla se genera en 3 beneficios. La tendencia parece ser a una creciente concentración de la producción.
4. La crisis del café es un riesgo que pone en duda la continuidad del café, aunque el café para mercados especiales (café de alta calidad) sí sigue valorándose.
5. Para su transporte se debería pensar en sistemas de carga continuos (sinfin o de aire) y vehículos compactadores, a causa de su baja densidad aparente.

4.2. Cascarilla de arroz

4.2.1. Biomasa total disponible

Se obtuvo un total de 15004 Mg por año de cascarilla seca generada. De ésta, 881 Mg son utilizados para el secado de la granza en los propios trillos, de manera que quedan **14123 Mg de cascarilla seca disponible por año** (Fig. 4.4). El uso para secado es bajo porque el terreno llano, el bajo precio de la mano de obra y el clima permiten el secado al sol. De las entrevistas se supo que la granza secada en secadora da mayor cantidad de arroz de calidad (grano entero), de forma que el % de cascarilla con uso podría aumentar, aunque siguiendo con un porcentaje bajo, a juzgar por las grandes cantidades que hay.

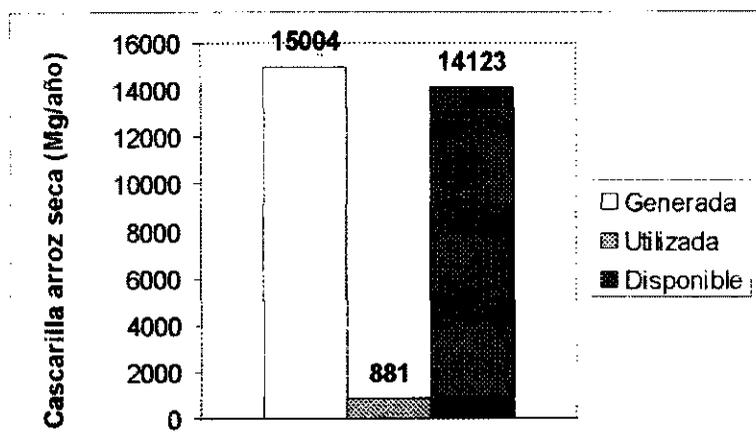


Figura 4.4. Cascarilla de arroz seca total generada, utilizada y disponible por año.

Pinatti (2003) arroja la cifra de 19068 Mg/año de cascarilla generada actualmente en el Valle entre las dos cosechas del año, sin restar lo actualmente consumido para el secado del arroz, aunque remarca que los datos de su estudio deben ser verificados para la definición final del proyecto bioenergético. Además, estima que en 3 años la superficie efectiva de área arrocera sembrada puede aumentar al doble, y que la potencial sería del triple de la actual. Con ello, lógicamente las cantidades de cascarilla obtenidas son del doble y el triple respectivamente.

Zelaya et al. (2002) obtienen 4.4-5.7 Mg/ha*año de residuos de cultivo del arroz (cascarilla más paja) para todo Nicaragua. Este dato es difícilmente comparable al obtenido en este estudio debido a que el arroz procesado en el Valle de Sébaco no sólo proviene de esa zona, a que la zona de estudio es de las más productivas del país y a la no distinción entre paja y cascarilla.

Los datos de escenarios futuros de Pinatti (2003) no se toman en cuenta, dado que se estima que son demasiado optimistas dado el contexto actual de comercio de productos agrícolas. Nicaragua y el resto de países Centroamericanos se encuentran actualmente discutiendo los términos del Tratado de Libre Comercio (TLC), con el cual el futuro del cultivo del arroz nacional se vuelve incierto. Cabe la posibilidad que con la entrada de arroz de exportación sin (o con bajos) aranceles, el arroz del Valle de Sébaco resulte no competitivo. Así, por principio de prudencia, no se toman datos para el cálculo que estén por encima del escenario actual. A pesar de todo, en el caso de que se redujera el cultivo en el Valle, aún existiría la posibilidad de que los trillos instalados se dedicaran al trillado de arroz en granza importado, con lo cual se seguiría generando cascarilla.

Así, para los cálculos posteriores tomamos el dato obtenido en este estudio (17049 Mg de cascarilla seca disponible por año), ya que es el que se apoya en un trabajo de campo real más detallado, además de que se encuentra en el mismo orden de magnitud que el del escenario actual de Pinatti (2003).

Mantenemos la cascarilla utilizada en el secado (que está alrededor del 6% de la total) como no disponible ya que se prevé que los trillos continúen secando su granza en las instalaciones existentes, dado que hay un capital importante invertido en esa maquinaria y que, según lo comentado por los industriales en las visitas a los trillos, la calidad del arroz blanco final es mucho mejor con ese secado previo en secadora (frente al secado al sol).

La mayor parte del arroz procesado en estos trillos proviene del área de regadío del propio Valle de Sébaco. Durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre se recibe arroz de secano ("de montaña") de distintas zonas de fuera del Valle (Siuna, Jalapa). Ocasionalmente se trilla arroz de importación.

4.2.2. Actores que poseen la biomasa

El 90% de la cascarilla total es generada en 3 trillos (Fig. 4.5), los de mayor capacidad del Valle, y que en los últimos años han ido absorbiendo la producción de los pequeños trillos que trabajaban en la zona y que actualmente sólo realizan el secado de granza en sus patios. Son los que a priori presentan la mayor capacidad de adaptación a los cambios del mercado del arroz, ya que procesan para la mayor firma arrocera del país.

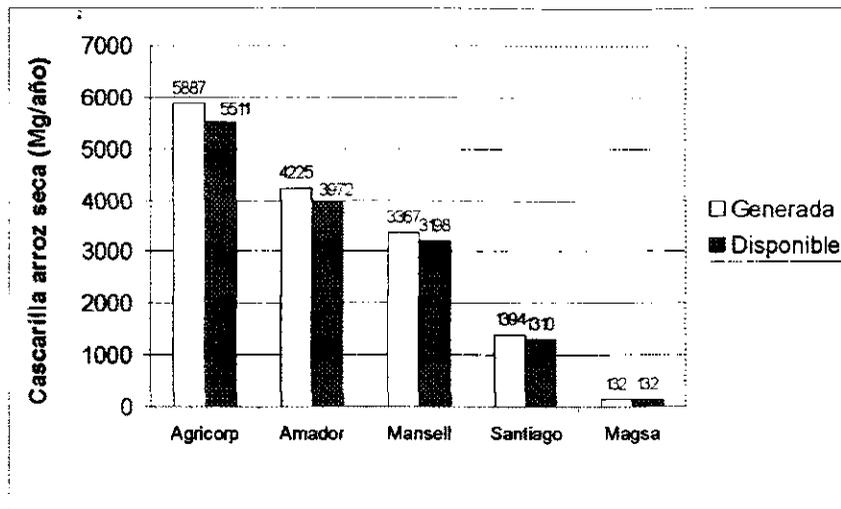


Figura 4.5. Cascañilla de arroz generada y disponible en cada trillo.

4.2.3. Distribución durante el año

En cuanto a la distribución anual (Fig. 4.6), la cascañilla de arroz se genera más regularmente que la de cascañilla de café, al ser un cultivo con dos cosechas anuales, además de que hay grandes productores arroceros que distribuyen sus lotes cultivados de forma muy uniforme a lo largo del año. Se observa un aumento de la producción en los meses de Octubre-Enero, debido al arroz de secano que llega de fuera del Valle

La cantidad media mensual de cascañilla seca disponible obtenida es **718 Mg/mes**. Si consideramos 330 días/año de trabajo, la cantidad diaria es de aproximadamente 47 Mg/día.

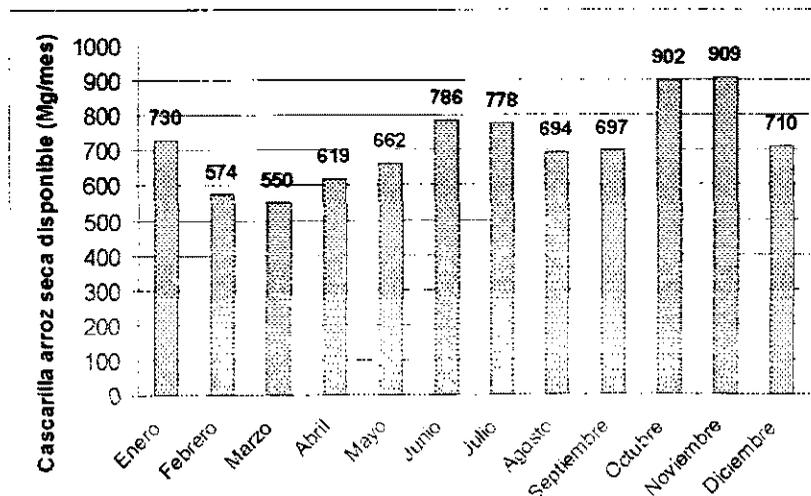


Figura 4.6. Distribución mensual de la cascañilla de arroz total disponible..

4.2.4. Humedad del combustible

En el laboratorio se obtuvo una **humedad media de 8.5%** en base seca, con una variación máxima entre ellas del 2%. Este dato ha sido el tomado para hacer las conversiones de cascarilla a la humedad de salida del trillo a biomasa seca (es decir, al 0% de humedad). Además, también se ha usado el dato para la corrección del valor calorífico de la biomasa por humedad (Apartado x.).

4.2.5. ASPECTOS MÁS RELEVANTES DE LA CASCARILLA DE ARROZ

- 1. 14000 Mg/año de biomasa seca disponible.**
- 2. Es un residuo casi sin aprovechamiento (apenas un 6%) que causa problemas ambientales y es una carga económica y de organización.**
- 3. Está concentrada en pocas manos, casi el 90% en 3 industrias grandes, y no parece que la tendencia de concentración vaya a invertirse.**
- 4. El TLC es una incertidumbre del futuro del arroz en el Valle de Sébaco y en Nicaragua.**
- 5. Es biomasa barata, ya que está cerca de Sébaco, muy concentrada y sin valor actual. Pero para el transporte se debería pensar en sistemas de carga continuos (sinfin) y vehículos compactadores, a causa de su baja densidad aparente**
- 6. Está disponible regularmente a lo largo del año.**

4.3. Paja de arroz

4.3.1. Rendimiento de paja por superficie

La Tabla 4.1 muestra el rendimiento de paja seca disponible por ha según diferentes fuentes de información, entre ellas el muestreo de campo realizado para este estudio.

Tabla 4.1. Cantidad de paja de arroz disponible por superficie según distintas fuentes.

Fuente de información	Tipo biomasa	Biomasa seca disponible (Mg/ha)
Muestreo(>20 cm)	Paja	6.6
Muestreo (>40 cm)	Paja	3.7
Ganadero (aprox. >40 cm)	Paja	2.5
Zelaya et al. 2002	Paja + cascarilla	4.4 – 5.7
Pinatti, D. (2003)	Paja	15.9

Los resultados del muestreo de campo contemplan dos situaciones: la de corte de la paja hasta 20 cm del suelo y hasta 40 cm del suelo. Estos rendimientos son la mitad de los rendimientos anuales (sólo de la cosecha de invierno) ya que según los datos que se han podido recoger en campo, se ha obtenido que, en general, la paja de la cosecha de verano se empaca para alimentar al ganado, mientras que la paja de la de invierno queda en el campo y se quema por no haber demanda de alimento extra para animales.

En la actualidad, dado el precio de la paja para el ganado, las cosechadoras de arroz suelen cortar la planta al mínimo de longitud para llevarse la espiga y tomar la menor cantidad posible de paja para adentro de la cosechadora. Así, el corte suele realizarse en general a unos 40 cm del suelo, de manera que la paja empacable es la de la planta a partir de esa altura.

El dato resultante de la encuesta con el ganadero-empacador correspondería entonces al del corte de 40 cm de altura. Pero el resultado de campo para 40 cm es de 3.7 Mg/ha y el del ganadero es bastante inferior, de 2.5 Mg/ha. Esta diferencia puede ser debida a la eficiencia de la empacadora utilizada por el ganadero, además de las pérdidas ocasionadas por la cosechadora de arroz, que al hacer maniobras por el campo entierra una parte de la paja en el suelo, convirtiéndola en no disponible.

Zelaya et al. 2002. presentan un rango de datos para todo Nicaragua y que incluye toda la biomasa producida, a partir de 0 cm e incluyendo raíces, y cascarilla de arroz. Como el Valle de Sébaco es de las zonas más productivas del país, habría que tomar el valor mayor del rango: 5.7 Mg/ha. Este dato parece así un poco conservador, comparado con los reales obtenidos en campo.

Pinatti, D. (2003) toma 15.9 Mg/ha, y es la suma de las dos cosechas anuales, dado que considera toda la paja producida como disponible. Sin embargo, y según un cálculo económico, determina que la paja de verano tiene un coste "inviabile para biomasa energética", y la paja de invierno tiene un precio tal que hace "disponible" a la biomasa. Si dividimos a la mitad este dato para que sea comparable con los anteriores, tenemos 7.9 Mg/ha, relativamente cercano al de muestreo a partir de 20 cm.

4.3.2. Superficie arrocera

Se dispone de varias fuentes de información para determinar la superficie del Valle de Sébaco cultivada actualmente como arrozal. Las cifras arrojadas por cada una de ellas son bastante dispares (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Área de arrozales del Valle de Sébaco según diferentes fuentes.

Fuente de información	Año datos	Área	
		(ha)	(mz)
ANAR	2003 ct	4567	6500
MAGFOR media 98-03	1998 2003	4567	6500
MAGFOR media 01-03	2001 2003	5129	7300
Cenagro III	1994	10931	15558
Digitalización imagen SPOT	1996	5848	8323
Pinatti, D. (2003)	2003	4918	7000
Mapa forestal MAGFOR (clase cultivos bajo negro)	2001	12472	17751

La cifra de ANAR coincide con la media del MAGFOR para los años 1998 a 2003. Sin embargo, según este último, la superficie arrocera fue mayor en los años 2001 a 2003 que en los anteriores. Las estadísticas del MAGFOR son a priori fiables, puesto que están apoyadas por un sólido trabajo de campo. La infraestimación de ANAR podría ser debida a que, al ser una asociación de productores, sólo contabiliza las áreas de sus socios.

Por otro lado se digitalizaron las áreas arroceras sobre una imagen pancromática del satélite SPOT del año 1996. Los arrozales eran fácilmente distinguibles por una textura fina y rayada, debido a las terrazas a nivel para riego. El área obtenida con este método fue mayor que las anteriores. Esta variación puede ser debida a que existen áreas que tienen la infraestructura necesaria para cultivar arroz (riego y terrazas a nivel), pero que no todo el tiempo están con este cultivo.

Las estadísticas del III Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) del año 1994 presentan un dato mucho mayor (del orden de hasta más del doble) que los datos anteriores. Esto puede ser debido o a la antigüedad de la información, o bien al hecho de que está basado en entrevistas directas a los productores agropecuarios, hecho que puede inducir desviaciones por inexactitud del conocimiento o bien por escondido de datos por motivos fiscales.

También se comparó el dato del Mapa Forestal del MAGFOR, el de la clase "Cultivos bajo riego". Este área es exagerada en comparación al resto de datos, debido a que en el área de regadío del Valle de Sébaco se cultivan, además de arroz, hortalizas, maíz...

Por último está el dato que Pinatti (2003) toma para su estudio, y basado en entrevista a un informante clave arrocero de la zona. Esta área se aproxima bastante al de la media del MAGFOR 2001-2003.

Por todo ello se ha considerado como **área arrocera actual real 5129 ha** el dato del MAGFOR para 2001-2003. Sin embargo, y según la imagen SPOT, se considera que hay un máximo potencial de 5848 ha preparadas para cultivar arroz.

Es importante tener en cuenta que el área arrocera no puede aumentar en poco tiempo más allá de esas 5848 ha, ya que el acondicionamiento de una parcela para arroz requiere de una

fuerte inversión (canales de riego, bombas y, sobretodo, nivelado en terrazas para el riego de superficie).

Por otro lado, y tal como se ha comentado para la cascarilla de arroz, está la incertidumbre del futuro del cultivo de arroz en el Valle de Sébaco con el TLC. Por eso, aunque en este documento están los datos para hacer el cálculo, no se va a detallar un escenario máximo potencial futuro, en el que la superficie arrocerá aumentaría.

4.3.3. Biomasa de paja total disponible por año y época

Se plantean dos escenarios posibles para la disponibilidad de biomasa en el futuro. Para ambos escenarios se utiliza la superficie real actual, que ha sido estimada como 5129 ha.

- Escenario 1. La biomasa disponible es aquella a partir de 20 cm sobre el suelo. Para poder aprovecharla sería necesario invertir en empacadoras altamente eficientes ("enfardadoras de gran capacidad, según Pinatti, 2003), que reduciría notablemente el precio de recogida de la paja. Para este escenario se toman los datos que parecen más adecuados, los del muestreo de campo. Como se describe en el apartado x, se ha hecho una interpolación para cada ha de arrozal a partir de los puntos de muestreo, con la extensión Spatial Analyst de ArcView. De esta manera se tiene en cuenta la variabilidad espacial de rendimiento en paja.

El resultado es de 34353 Mg/año de paja de arroz.

- Escenario 2. La biomasa disponible es la actual, cosechando a unos 40 cm del suelo y empacando con las máquinas existentes para pacas de ganado. No habría una inversión especial para la biomasa energética. Para este escenario se toma como dato el de la entrevista con el ganadero-empacador: 2.5 Mg/ha.

El resultado es de 12880 Mg/año.

En cualquier caso, de forma general esta biomasa se encuentra disponible en invierno. cuando compite con el uso para ganado. El coste a pagar por esta biomasa en verano sería demasiado alto.

4.3.4. Actores que poseen la biomasa

En el Valle de Sébaco hay fincas de todos los tamaños, pero alrededor del 80% del área arrocera está en fincas de más de 70 ha (100 mz), y el 60% en fincas de más de 140 ha (200 mz). Los actores que tienen la biomasa son muchos en total, pero un buen porcentaje está en manos de propiedades grandes.

Según las entrevistas, se vio que algunos de los propietarios grandes no venden la paja actualmente.

4.3.5. ASPECTOS RELEVANTES DE LA PAJA DE ARROZ

- 1. 34000 Mg/año de biomasa seca.**
- 2. Es un residuo con valor durante el verano y sin valor durante el invierno, cuando hay menos cascarilla de café.**
- 3. Está cerca de Sébaco pero disperso en los arrozales.**
- 4. Con las pacas para ganado sólo se aprovecha una parte de la paja; para uso energético se debería invertir en sistemas de recolección eficientes que cortaran lo más bajo posible y que empacaran en grandes pacas compactas para optimizar el transporte.**
- 5. Está en manos de muchos actores distintos, aunque hay propietarios con grandes fincas, alguno incluso con trillo de arroz (grandes consumidores de energía).**

4.4. Residuos leñosos en cafetales

4.4.1. Rendimiento por ha del café sin sombra

No tiene dosel que regular, los únicos residuos que genera son los del recepo, que se suele hacer por bloques.

Se ha tomado la finca La Cumplida como representativa de esta clase, con recepo por bloques y una densidad de 6404 plantas/ha de café (4500 plantas/mz). Se halló un volumen medio de leña por planta recepada de 1647 cm³ y se consideró que al año se recepan 1/5 parte del cafetal. Con esos datos se ha obtenido **1.4 Mg/ha*año de madera seca de café.**

La densidad anhidra utilizada para la conversión fue la obtenida en el análisis de laboratorio (dada la falta de literatura), que fue de 0.66 Mg/m³ de materia seca.

4.4.2. Rendimiento por ha del café con sombra

Produce residuos de la regulación de sombra y de la poda del café.

Poda de café

Lo observado en campo fue que en la mayoría de los casos (todos a excepción de una finca pequeña) el recepo es de tipo selectivo.

La densidad de café tomada es 5693 plantas/ha (4000 plantas/mz). de las cuales se recepan 285 plantas/ha (200 plantas/mz), también según el muestreo de campo. Se halló un volumen medio de leña de recepo por 1337 cm³/planta. Con la densidad anhidra hallada en el laboratorio (0.66 Mg/m³), el resultado es de **0.25 Mg/ha*año de madera seca de café.**

Regulación de sombra

Se hizo una tipología de comportamiento o manejo por fincas según las observaciones de campo y la literatura consultada. Este comportamiento está muy relacionado con el tamaño de cafetal manejado.

Pequeños productores

Café con sombra de pequeños productores, con fincas menores de 14 ha (20 mz). La sombra suele ser de pocos árboles y grandes, y de árboles más pequeños frutales y muchas musáceas. Especies que aportan alimento pero no una gran cantidad de leña. La biomasa

generada no es muy abundante y, además, no está disponible ya que toda es consumida en la propia finca. La tipología de Unicafé para tamaño de finca coincide en esta clase.

Las fincas muestreadas representativas de esta clase son: San Marcos, La Florida, San José, Barcelona y Montecristo, todas ellas menores de 4 ha (6 mz).

Según el cruce de datos de superficie cafetalera, en el área de estudio hay 9829 ha (13990 mz) de cafetal de esta clase.

Se obtuvo un promedio de 2.7 m³/ha (1.9 m³/mz) de residuos de regulación de sombra. Suponiendo una densidad anhidra media para todas las maderas de 0.4 Mg/m³, se obtienen **1.1 Mg/ha de materia seca**. Esta biomasa es el potencial de residuos generados, pero no hay biomasa disponible real.

* Medianos productores

Café con sombra de productores medianos, con finas de 14-350 ha (20-500 mz). El estrato de sombra es más regular y controlado, con árboles plantados a distancias regulares y labores de poda regulares. En la sombra ya permanente suelen ser guabas (*Inga sp*), solas o acompañadas de otras especies.

Las fincas que representan a esta clase son: Zaragoza, Buenavista, Bonetillos, Selva Negra y Adalid, con superficies comprendidas entre 29 y 200 ha (29 y 300 mz).

Se obtuvieron 11.6 m³/ha (8.1 m³/mz) de residuos leñosos. Se aplicó una densidad anhidra de 0.4 Mg/m³, resultando una **biomasa seca de 4.6 Mg/ha**.

Con las entrevistas realizadas se constató que en este tipo de fincas una parte de la leña se recoge para consumo y la otra se deja en el cafetal. También se observó cierta conciencia de disposición a adoptar medidas de consumo más eficiente de leña, como el uso de ecofogones, y así tener más leña excedente para la venta. Se va a considerar que la mitad de la leña es disponible (según entrevistas de campo).

- * Grandes productores

Café sin sombra de grandes productores, con fincas mayores de 350 ha (500 mz). No hay estrato de sombra, por tanto sólo producen residuos de la poda del cafetal.

Las fincas visitadas fueron El Quetzal y La Cumplida, de 140 y 700 ha (200 y 1000 mz) respectivamente. Los gestores del Quetzal manejan otras dos fincas en la zona, sumando un total de 270 ha (385mz).

La biomasa de repero generada en estas fincas se ha indicado en un apartado anterior. Se ha visto que esta leña prácticamente no se usa, y que se deja en los cafetales.

- * Todos los productores, biomasa cafetalera total

La Tabla 4.3 resume los resultados obtenidos de biomasa total.

Tabla 4.3. Biomasa seca para los distintos tipos de fincas cafetaleras.

Tipo cafetal			Poda café		Regulación de sombra	
			(Mg/ha)	(m3/mz)	(Mg/ha)	(m3/mz)
Con sombra	Pequeños productores (<20mz)	0.25	0.3	1.1	1.9	
	Medianos productores (20-500 mz)	0.25	0.3	4.6	8.1	
Sin sombra	Grandes productores (>500 mz)	1.4	1.5	0	0	

4.4.3. Superficie cafetalera

La Tabla 4.4 comprara las áreas cafetaleras por departamento según las distintas fuentes de información consultadas. Puede observarse que hay bastante disparidad entre ellas.

Tabla 4.4. Áreas de cafetal en los departamentos del área de estudio según distintas fuentes de información.

Departamento	Fuente de información									
	CENAGRO III (1994)		MAGFOR (2000)		MAGFOR (98/99)		MAGFOR (02/03)		Unicafé (00/02)	
	(ha)	(mz)	(ha)	(mz)	(ha)	(mz)	(ha)	(mz)	(ha)	(mz)
Jinotega	58912	83848	44325	63087	47715	67912	53905	76722	51514	73319
Matagalpa	46289	65882	62205	88535	32910	46840	41003	58359	37727	53696
Nueva Segovia	20301	28894	6550	9323	9439	13434	17466	24859		
Estelí	3489	4965	2720	3871	4485	6383	3370	4796		

La elección de la fuente para los cálculos del estudio no ha dependido solamente de la magnitud del dato, sino también del tipo de información de cada fuente:

El CENAGRO III de 1994 ofrece información cuantitativa a nivel de municipio y diferenciando por tamaños de las explotaciones agropecuarias.

La información de MAGFOR (2000) es de una cobertura SIG de las áreas de café con sombra y sin sombra. Para su elaboración se utilizaron inicialmente imágenes del satélite Landsat del año 1996. Luego se complementó con imágenes pancromáticas SPOT de 1996/1997, de resolución 10x10m, sobre la que se identificaban las texturas características del café con sombra y sin sombra, basándose en un amplio trabajo con el que se identificaron las áreas modelo (áreas de entrenamiento). Aunque la fecha de la información base es 1996/1997, la cobertura tiene fecha 2000 porque, según uno de los autores, no hubo cambios en el período 1996-2000. Es la información más completa, puesto que proporciona información espacial, cuantitativa a nivel de municipio y distinción entre sombra y sol.

Las estadísticas del MAGFOR presentan información cuantitativa a nivel de departamento. Los datos de Unicafé son cuantitativos y a nivel de municipio, aunque algunos de ellos se encuentran agrupados.

También se pueden comparar los datos a nivel de municipio con 3 de las fuentes (Tabla 4.5). A este nivel los datos parecen algo menos dispares y más coherentes que en la comparación por departamentos.

Tabla 4.5. Áreas de cafetal en algunos municipios del área de estudio según distintas fuentes de información.

Municipio	Fuente de información					
	CENAGRO III (1994)		MAGFOR (2000)		Unicafé (00/02)	
	(ha)	(mz)	(ha)	(mz)	(ha)	(mz)
Matagalpa	7375	10497	8595	12233	5644	8033
Tuma-La Dalia	11156	15877	14626	20816	sin datos	sin datos
San Ramon	6133	8728	7369	10488	7122	10137
Esquipulas	1573	2239	1701	2421	1508	2146
Jinotega	15673	22307	16140	22971	9059	12894
San Rafael del Norte	1725	2454	3011	4285	1933	2751
San José remates	1046	1488	858	1221	sin datos	sin datos
San Sebastián de Yalí	3817	5432	2851	4057	2775	3950
Muy Muy	631	898	684	974	sin datos	sin datos
Estelí	596	848	778	1107	1124	1600
Tipo de información						
Espacial			X			
Sombra/Sol			X			
Tamaño fincas	X					

A la vista de la heterogeneidad de datos de la Tabla 4.5 y del tipo de información conveniente para el estudio, se han elegido los datos de MAGFOR (2000). La principal ventaja es que tiene la información espacial necesaria para realizar el análisis de rentabilidad de transporte de la biomasa. Además, la metodología seguida para su obtención es en principio adecuada y realizada con rigurosidad.

Los datos de Unicafé son algo inferiores a los demás y podría ser debido a que incluyen únicamente a sus socios, que suelen ser pequeños y medianos productores.

Por otro lado, se observa que los datos del CENAGRO III son algo diferentes al resto, aunque no son tan disparatados como en el caso del área arrocera. De esta fuente sí se ha tomado la información de tipos de finca según el área, ya que el manejo del café está muy relacionado con la cantidad de área manejada. Para cada municipio se calculó el porcentaje de área cafetalera correspondiente a cada tamaño de finca, y ese porcentaje se aplicó a los datos de Valerio, L. 2000 por municipio. La cobertura SIG aporta la información espacial y de área y el CENAGRO III la de tamaño de las fincas por municipio.

4.4.4. Biomasa generada y disponible en cafetales

Como una parte de la biomasa de los cafetales se consume como leña en las fincas para cocinar, y este es un uso que a corto plazo previsiblemente no va a cambiar, es importante no subestimar la biomasa que ya tiene un uso con el que no se puede competir. La estimación de la leña utilizada se ha hecho a partir de las entrevistas de campo. De forma general, se estima que la leña de las fincas de pequeños productores es toda consumida, en las fincas de los medianos se consume la mitad y en las fincas de grandes productores casi no se consume, y se ha considerado un 20% de consumo por parte de la gente que vive en la finca, quedando el 80% disponible (Tabla 4.6).

Tabla 4.6. Biomasa de sombra y de recepo por tipo de cafetal, total y disponible.

Variable	Tipo cafetal			
	Con sombra		Sin sombra	Todos cafetales
	Pequeños	Medianos	Grandes	
BM sombra (Mg _{0%} /ha)	1.1	4.6	0	
BM recepo (Mg _{0%} /ha)	0.25	0.25	1.4	
Área en radio 50 km (ha)	10718	25008	4477	
BM total sombra (Mg _{0%} /año)	11413	115696	0	127109
BM total recepo (Mg _{0%} /año)	2676	6244	6194	15115
Disponibilidad (%)	0	50	80	
BM disponible sombra (Mg _{0%} /año)	0	57848	0	57848
BM disponible recepo (Mg _{0%} /año)	0	3122	4956	8078
BM disponible (sombra+recepo) (Mg_{0%}/año)	0	60970	4956	65926

El resultado es de unas 57000 Mg/año de leña seca de residuos de regulación de sombra y 8000 Mg/año de leña del recepo del café. La diferencia entre biomasa generada y biomasa disponible es notable (Fig. 4.7), hay un uso importante de este residuo. El total es de 65926 Mg/año de leña seca.

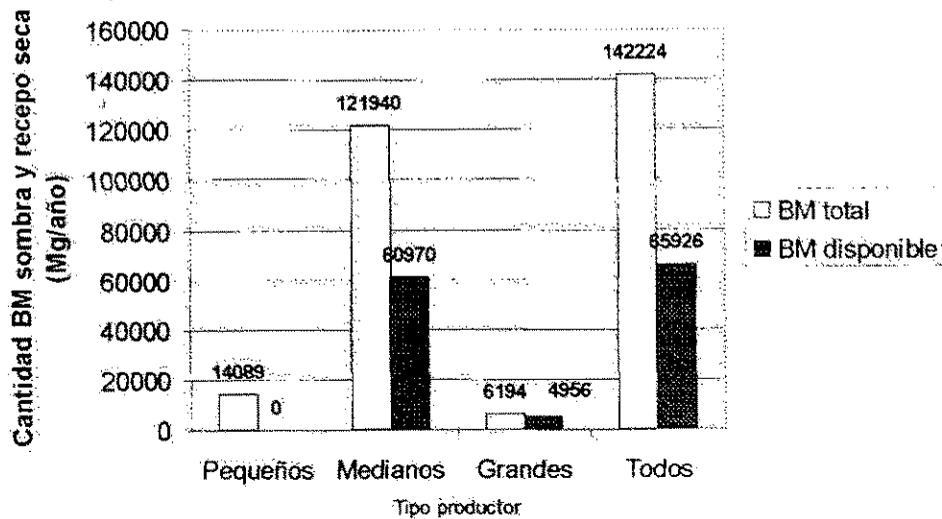


Figura 4.7. Biomasa de regulación de sombra y recepo total y disponible por tipo de productor cafetalero.

Desde las instituciones que trabajan en el café, como UNICAFE y POSAF, se está promoviendo que los cafetales se manejen con los 5 estratos explicados en 2.12., más de acuerdo con el concepto ambiental y de diversificación de productos y de calidad de café. Así que el recurso leñoso parece que no va a disminuir, sino a aumentar.

Una ventaja de los residuos de cafetales es que en los cafetales no se aplican los impuestos a aprovechamientos forestales a los que sí están sujetos los aprovechamientos en ecosistemas forestales y, de forma dudosa, en plantaciones forestales.

4.4.5. Actores que poseen la biomasa

La biomasa disponible está básicamente en manos de productores medianos (fincas entre 14 y 350 ha o 20 y 500 mz), que son muy numerosos.

4.4.6. ASPECTOS RELEVANTES DE LOS RESIDUOS DE CAFETALES

1. 65000 Mg/año de biomasa seca disponible.
2. Es una biomasa costosa: lejos de Sébaco y muy dispersa.
3. Poseída por muchos actores, productores medianos y grandes, distintos en manejo e intereses.
4. Compite con la leña doméstica, en zonas rurales donde la llegada de otras fuentes de energía es limitada.
5. La crisis del café es una amenaza para el manejo y mantenimiento de los cafetales, aunque la venta de leña para energía podría ayudar a los productores, así como al empleo rural.
6. Se genera en verano (Febrero-Abril), pero estaría disponible todo el año ya que se puede almacenar para secado y así aumentar su poder calorífico efectivo

4.5. Oferta total de biomasa y tamaño de la planta generadora

4.5.1. Oferta total de biomasa disponible

Para la cantidad de biomasa disponible para bioelectricidad es recomendable hacer estimaciones un tanto conservadoras. Una planta generadora sobredimensionada se vuelve menos eficiente y rentable, ya que para mantener sus obligaciones de suministro se puede ver obligada a ejercer mayor presión sobre las fuentes de biomasa, o bien a buscar biomasa fuera de su zona de biomasa rentable. También el aumentar la presión sobre las fuentes de biomasa (por ejemplo leña) y también su precio, puede causar que los usuarios de esa leña tengan que recurrir a otras fuentes menos sostenibles.

La biomasa total disponible es 122000 Mg/año de materia seca (Tabla 4.7). El calendario de disponibilidad es variable para cada residuo aunque se complementan unos a otros, sobretodo teniendo en cuenta que la leña se puede almacenar largo tiempo secándose, de manera que a priori no hay ninguna época del año que no disponga de residuos.

Tabla 4.7. Resumen de biomasa disponible, época de disponibilidad y cantidad de actores.

Tipo biomasa	BM _{0%} disponible (Mg/año)	Época de disponibilidad	Actores
Cascarilla de café	9000	Todo el año, pico Enero-Junio	~ 20
Cascarilla de arroz	14000	Constante	~ 4
Paja de arroz	34000	Invierno constante	Muchos
Regulación sombra cafetal	57800	A partir Febrero, se puede guardar secándose.	Muchos
Recepo de café	8000	A partir de Marzo, se puede guardar secándose	Muchos
BIOMASA TOTAL	122800		MUCHOS

Como resumen se presenta un calendario de disponibilidad de biomasa por mes para cada tipo de biomasa (Fig. 4.8). Los residuos de cafetales, al poder ser guardados en la finca o en la planta (o incluso en el suelo del cafetal), se consideran constantes a lo largo del año, aunque se empiezan a cortar en Febrero-Marzo. Su ventaja es esa posibilidad de guardarse consumidos, tiempo en el que incluso la leña se va secando, aumentando su rendimiento. La cascarilla de arroz también es constante. La paja de arroz, que es de los residuos de más cuantía, es disponible en invierno, más o menos cuando la cascarilla de café e menos abundante.

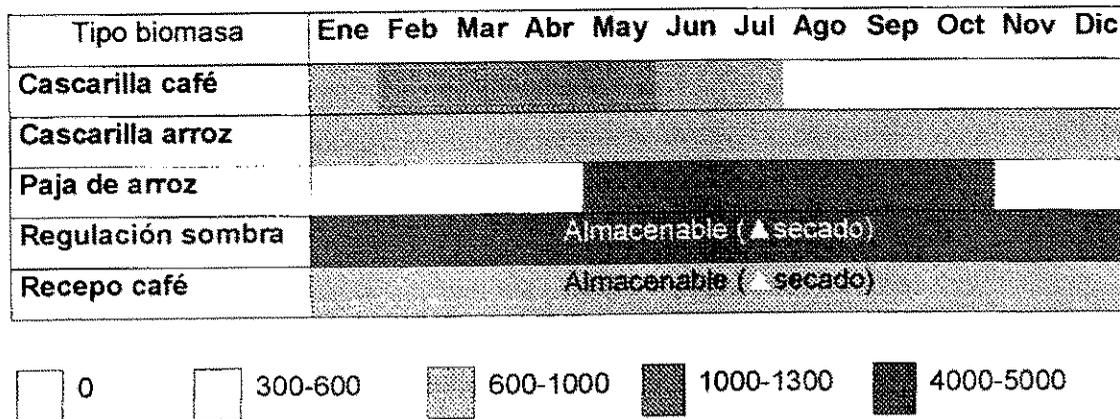


Figura 4.8. Calendario anual de biomasa total disponible. Datos en Mg/mes biomasa seca.

4.5.2. Tamaño de la planta generadora

La configuración de la planta, que no es objeto de este estudio, determina totalmente la eficiencia de conversión de biomasa en energía, el factor de capacidad y el valor calorífico inferior LHV_{0%}. Pero sí es objeto de este estudio hacer una estimación aproximada de la capacidad de la planta a partir de la biomasa existente, y para eso se suponen unos parámetros generales (Tabla 4.8). A partir de ellos, más los resultados de biomasa disponible para distintos escenarios, se determinó el tamaño de la planta.

Tabla 4.8. Inputs utilizados para calcular la conversión de biomasa en energía.

<i>Valor calorífico biomasa</i>		
Tipo biomasa	Humedad base seca (%)	Valor calorífico inferior (LHV _{0%}) (MJ/kg _{0%})
Cascarilla café ^a	10	16
Cascarilla arroz ^a	9	14
Paja de arroz ^b	16	15.85
Leña árboles sombra ^c	20-25	17.5-17.7
Leña café ^c	35-40	16.7-17.0
<i>Características de la planta:</i>		
Eficiencia (%)		25
Factor de carga (%)		80
<i>Factores conversión</i>		
De MJ a kWh		MJ / 3.6
De kWh a kW		kWh / (365*24)
De kW a MW		kW / 1000

a. de Trinidad, 2003

b. Junginger, M.

c. van den Broek, 2000.

Proponemos 2 escenarios de dimensionado (el detalle de datos usados se describe en 3.10).

1. Planta abastecida de la biomasa en el radio de 20 km: cascarillas de arroz y café y paja de arroz (biomasa del Valle). Es la biomasa más fácilmente disponible, puesto que está cerca, no tiene uso y ahora son residuos molestos. Su coste en la planta es básicamente el de transporte, aunque previsiblemente adquiriría un precio para los productores en cuanto empezara a generar beneficios. El tamaño de la planta sería de **5 MW** (Tabla 4.9).

Tabla 4.9. Conversión de energía para tamaño de planta en escenario radio 20 km.

Tipo biomasa	Cantidad (Mg/año)	Poder calorífico (MJ/kg)	Energía E (MJ)	E / hora (kWh)	E x eficienc. y fac.carga (kWh)	Capacidad (MW)
Cascarilla café	9000	16	144000000	40000000	8000000	0.91
Cascarilla arroz	14000	14	196000000	54444444	10888889	1.24
Paja arroz	33000	15.85	523050000	145291667	29058333	3.32
Total	56000		863050000	239736111	47947222	5.47

2. Planta abastecida de la biomasa en el radio de 50 km: incluye la biomasa del Valle y los residuos de los cafetales, que están dispersos y más lejos de la planta. El tamaño sería de 10 MW (Tabla 4.10).

Tabla 4.10. Conversión de energía para tamaño de planta en escenario radio 50 km.

Tipo biomasa	Cantidad (Mg/año)	Poder calorífico (MJ/kg)	Energía E (MJ)	E / hora (kWh)	E x eficienc. y fac.carga (kWh)	Capacidad (MW)
Cascarilla café	9000	16	144000000	40000000	8000000	0.91
Cascarilla arroz	14000	14	196000000	54444444	10888889	1.24
Paja arroz	33000	15.85	523050000	145291667	29058333	3.32
Leña sombra	58000	17.6	1020800000	283555556	56711111.11	6.47
Leña café	8000	16.8	134400000	37333333.3	7466666.667	0.85
Total	122000		2018250000	560625000	112125000	12.80

4.6. Forma y coste de transporte

Sin configurar la planta generadora no se puede conocer el precio que se puede pagar por la biomasa en origen. A partir de ahí se tendría que investigar en sistemas de recolección y transporte de la biomasa especialmente eficientes y su coste, sobretodo para las cascarillas y la paja de arroz, que están cerca y que son residuos que tienen coste actual 0.

Para esta biomasa ligera los mecanismos de carga y descarga deberían ser automáticos y rápidos tomillo sinfin, camiones de mucha capacidad con descarga de volquete y con un sistema de compactación anterior a la carga o bien en el propio vehículo de transporte.

Para la paja se debería disponer de una máquina de alta capacidad que cortara la paja a ras del suelo de forma eficiente y que enfardara en pacas grandes.

Para la leña de los cafetales, que está lejana y dispersa, se ha visto que la forma más sencilla y barata por el momento de transportarla es en camiones que se cargan a pie de cafetal en la finca y no descargan hasta la planta, ya que las operaciones de carga y descarga intermedias

en puntos de acopio parecen muy costosas, a menos que no se hicieran fardos de leña grandes para cargar y descargar con grúa.

Por otro lado, la leña es el único residuo estudiado que tiene la competencia de uso del consumo para leña, cuyo precio no es pagable para bioenergía. Se tendría que transportar de forma más barata, sin el troceo en pequeñas rajadas que hace que el acomodo en el camión sea muy costoso.

Según los datos de las entrevistas se halló que la forma más barata actual de traer leña desde los cafetales era:

- Reunión manual hasta el camino a pie de cafetal
- Carga y acomodado manual en camión
- Transporte de pie de cafetal hasta la planta en camión de 6-8 t

Los datos de costes y rendimientos básicos proporcionados por los informantes se resumen en la Tabla 4.11. (y se detallan en el Anexo 2). Con ellos se obtuvieron los siguientes costes:

- Corte y reunión de la madera en el camino del cafetal, con beneficio del cafetalero:
US\$7/Mg
- Coste fijo de transporte: US\$ 0.24/Mg
- Coste variable de transporte: US\$ 0.13 /km/Mg

Tabla 4.11. Inputs utilizados para los costes de transporte de biomasa a la planta.

	Valor	Unidades
<i>General</i>		
Coste día-hombre	2	US\$/día hombre
Coste motoserrista con motosierra	2	US\$/marca
<i>Residuos leñosos de cafetales</i>		
Rendimiento podador con motosierra	6	marca/día hombre
Rendimiento reunión pie de cafetal	1	marca/día hombre
Rendimiento carga en camión	4	marca/día hombre
Relación marca - estéreos	4.6	m ³ st/marca
Coefficiente de apilado leña	0.35	Tanto por uno
Humedad de la madera transportada	30	%
Densidad anhidra	0.5	Mg/m ³
Beneficio cafetalero sobre costo	25	%
<i>Camión</i>		
Capacidad máxima volumen	8	marcas
Capacidad máxima peso	8	Mg
Coste fijo	2	US\$
Coste variable	1.1	US\$/km

4.7. Amenazas e incertidumbres del proyecto

El Tratado de Libre Comercio crea incertidumbre sobre el futuro del cultivo de arroz en Nicaragua y en el Valle de Sébaco; podría ser que éste dejara de ser rentable frente a la importación de arroz.

El incremento del precio de la electricidad es cada vez una carga más en la contabilidad de cultivo de arroz (por el riego con bombas de agua) y en las agroindustrias.

La crisis del café, con la bajada de precios en el mercado internacional, compromete el futuro de los cafetales, que podrían cambiarse a otro uso, o puede causar que las labores de manejo de los cafetales sean una carga económica no asumible por los productores cafetaleros.

La futura instalación de zonas francas en Sébaco crea una competencia directa por la mano de obra.

Al ser la biomasa un residuo orgánico de cultivos y ecosistemas agroforestales, está sometida a los mismos riesgos de plagas y enfermedades que los primeros, de forma que se podría memmar la disponibilidad de biomasa de forma brusca.

La variabilidad interanual también es importante a tener en cuenta para no sobredimensionar la planta. Ese sería un motivo favorable a la diversificación de abastecimiento de biomasa.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La biomasa de residuos del Valle de Sébaco (cascarillas de arroz y de café y paja de arroz) es suficiente para una planta de generación de electricidad de 5 MW. Esta biomasa tiene la ventaja de estar cerca de Sébaco y ser relativamente barata, porque ahora son residuos problemáticos y sin aprovechamiento.
- La biomasa del Valle está en manos de muchos actores distintos, por lo que la garantía de abastecimiento de biomasa se ve dificultada y da cierta inseguridad a la viabilidad de la planta.
- Con la biomasa del Valle y la biomasa de residuos de manejo de los cafetales se puede instalar una planta de 10 MW.
- La biomasa de los cafetales está en manos de muchos actores, y en zonas rurales, de alto consumo de leña, por lo que el abastecimiento garantizado también es dificultoso.
- El Tratado de Libre Comercio y la bajada del precio del café en el mercado internacional ponen en duda la futura existencia de los residuos y la continuidad de manejo de los cafetales; y las futuras zonas francas de Sébaco serán una competencia por la mano de obra de los cafetales en la zona.
- Es necesario definir exactamente la configuración de la planta para hacer un análisis de viabilidad económica y definir los sistemas de recolección y transporte de biomasa, los cuales deberán ser muy eficientes y eficaces. Esta configuración será compleja por la variedad de residuos a utilizar.
- En la zona de estudio hay industrias que consumen mucha electricidad (sobre todo los trillos de arroz y los beneficios de café), siendo ésta una de las cargas mayores en su estructura de costes, así que el proyecto podría ser interesante desde el punto de vista de reducir esos costes, además de deshacerse de la biomasa.
- La metodología de muestreo en cafetales ha sido innovada para este estudio, adaptándola a cada situación, y los resultados son satisfactorios.

- Una alternativa :posiblemente viable y recomendable a explorar son las plantaciones energéticas manejadas por la propia planta en las zonas de pastizales y tacotales cercanas a Sébaco, en un radio de unos 30 km.

- La política energética del Estado no es favorable actualmente a la generación eléctrica con biomasa (sin facilidades fiscales y condiciones de entrada al mercado eléctrico con exigencias desfavorables), de manera que su competitividad es poco clara.

VI. BIBLIOGRAFÍA

ABC, 2002. *Programa de modernización del sector dendroenergético de Nicaragua. Estudio del potencial de bioelectricidad en la región del Pacífico y central de Nicaragua.*

Best, G. 2001. *La biomasa en los países en desarrollo: potencialidades y restricciones.* FAO. <http://www.fao.org/docrep/T2363s/t2363s08.htm>

Boyle, G. 1996. *Renewable energy. Power for a sustainable future.* The Open University. Oxford University Press.

BUN-CA. 2002. *Biomasa.* Col. Manuales sobre energía renovable. BIUN-CA.

CNE, 2001. *Balance energético nacional 2000.*

CNE, 2001. Plan indicativo inicial del sector eléctrico de Nicaragua.

De Trinidad, M.E. y asociados. *Situación y perspectivas de la biomasa en Nicaragua.* PROLEÑA. Consultoría para la CNE.

INAFOR. 2002. *Biogeografía de Nicaragua.*

MARENA. 2001. *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* PNUD-Nicaragua y MARENA.

Pinatti, D., Soares, A., Conte, R.A., Romão, E.L., Oliveira, I., Ferreira, J.C. 2003. (1) *Aspectos Técnicos y Financieros de las Refinerías de Biomasa RB: Dinámica de Implantación.* Conferencia presentada en el "Taller de bioelectricidad", celebrado el 30/07/03 en Managua y organizado por la CNE, dentro del Programa de Modernización del Sector Dendroenergético de Nicaragua

Pinatti, D., Soares, A., Conte, R.A., Romão, E.L., Oliveira, I., Ferreira, J.C. 2003. (2) *Perspectiva del uso sustentado de la biomasa en la matriz energética nicaragüense: generación de energía térmica, eléctrica y motora*. Conferencia presentada en el "Taller de bioelectricidad", celebrado el 30/07/03 en Managua y organizado por la CNE, dentro del Programa de Modernización del Sector Dendroenergético de Nicaragua.

SILVA, P. 2003. Comunicación personal.

SILVA, T. 2003. Conferencia presentada en el "Taller de bioelectricidad", celebrado el 30/07/03 en Managua y organizado por la CNE, dentro del Programa de Modernización del Sector Dendroenergético de Nicaragua.

Vaast, P. 1999. *El mejoramiento e los sistemas agroforestales con café en Centroamérica*. Agroforestería de las Américas 6 (23): 76.

Van den Broek, R. 1998. *Electricidad a partir de eucalipto y bagazo en ingenios azucareros de Nicaragua*. FAO.

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, Utrech. ISBN 90-5166-800-7. 216 págs.

Zelaya, C., Verweij, P., Poch, R.M., 2002. *Assessment of biomass potential for electricity generation in Nicaragua. GIS as a decision support for investments in bioenergy*. Universitat de Lleida (España) y Utrecht University (The Netherlands).

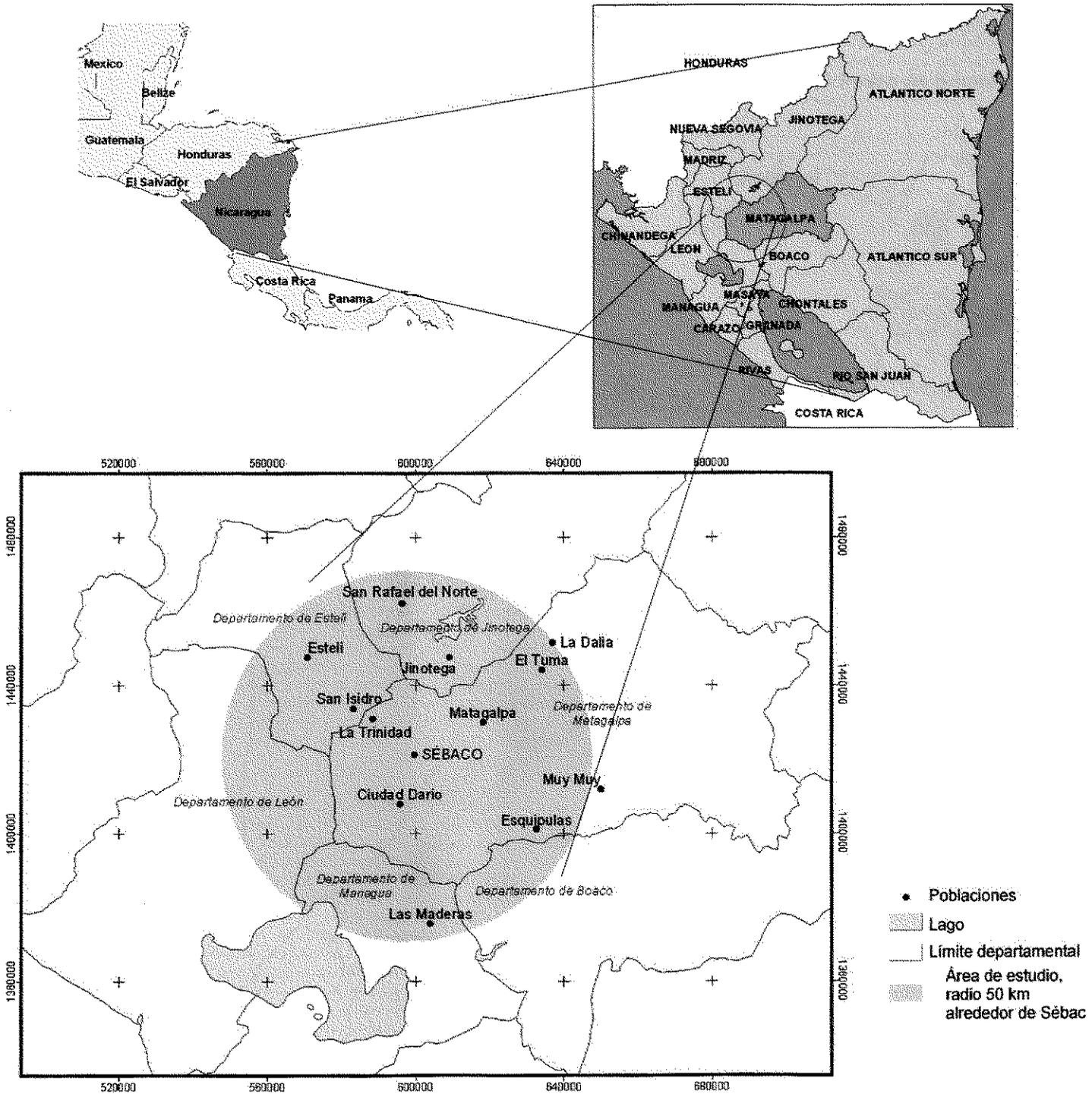
7. MAPAS

- Mapa de situación
- Mapa de biomasa en radio de 50 km alrededor de Sébaco

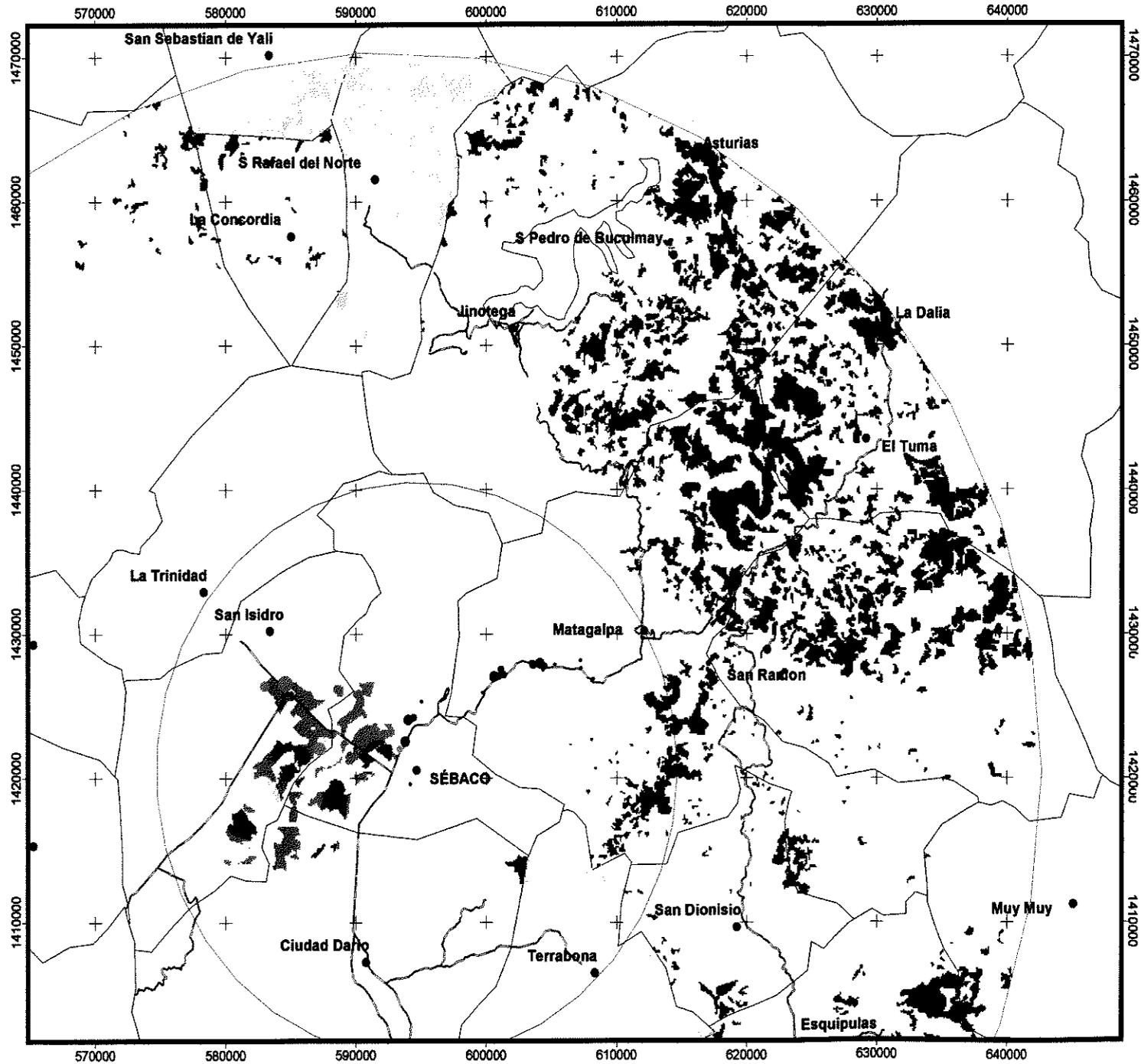
Mapa de situación

Evaluación del potencial para generación de electricidad
a partir de Biomasa en Sébaco (Matagalpa)

Elaborado por Núria Nadal
Laboratorio SIGMA FARENA



Proyección Transversal de Mercator, UTM, zona 16
Elipsoide de Clarke 1866
Datum: NAD27 (América Central)



Biomasa disponible en radio de 50 km alrededor de Sébaco

Evaluación del potencial para generación de electricidad a partir de Biomasa en Sébaco (Matagalpa)

Elaborado por Núria Nadal
Laboratorio SIGMA FARENA

LEYENDA

Beneficios de café.

BM seca disponible (Mg/año)

- 0 - 300
- 301 - 800
- 801 - 1782

Trillos de arroz.

BM seca disponible (Mg/año)

- 143
- 1421
- 3470
- 4309
- 5980

Arrozal

BM seca disponible paja (kg/ha/año)

- 4055 - 5000
- ▨ 5001 - 6000
- ▩ 6001 - 7000
- 7001 - 9000

Café con sombra.

BM seca disponible (kg/ha/año) de recepo y regulación sombra

- ▨ 1000 - 1500
- ▩ 1500-2000
- > 2000

Café sin sombra.

BM seca disponible de recepo (kg/ha/año)

- 1107

□ Radio 20 km alrededor de Sébaco

□ Radio 50 km alrededor de Sébaco

∩ Límites municipales

∩ Carreteras

● Localidades



Escala

1:300000

Proyección Transversal de Mercator, UTM, zona 16
Elipsoide de Clarke 1866
Datum: NAD27 (América Central)

ANEXOS

Anexo 1. Fichas de toma de datos de campo

Anexo 2. Tablas de datos de las figuras

Nº ficha: Equipo:
 Beneficio:
 Dirección:

Fecha:
 Pers. Contacto:
 Teléfono:
 Lectura GPS: X Y
 Lugar: EPE

Capacidad de procesado café

Cascarilla generada

Temporada/año	Perg. seco (qq)	Perg. oreado (qq)	Perg. húmedo (q)	Oro (qq)	Temporada/año	Cantidad (qq)
02 03						
01 02						
00 01						
99 00						
98 99						

Rendimiento en cascarilla

Humedad cascarilla

Tipo	%	seco/húmedo?	Polvo	Temporada	Variación	H (%)

Calendario disponibilidad

Mes	Perg. seco (qq)	Oro (qq)	Cascarilla (qq)
Noviembre			
Diciembre			
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			

Otras informaciones

Perpectivas empresa
 Actitud frente a bioenergía/residuos...
 Historial
 Zona abastecimiento
 Café propio/clientes
 Calidades procesadas

Reciben: cereza oreado
 húmedo mojado

Tipo salida casc. /almacenamiento

continuo/disc.
 sist. Polvo

Peculiaridades

Uso actual cascarilla

Uso	Cantidad (qq)	Coste
Quema		
Secado café		

Secado café

Nº hornos

H_entrada

Tipo homo

H_salida

Patios al sol

Capacidad secado

Temporada secado

Descripción sistema

Condiciones de toma de la muestra

Salida directa
 Almacén
 Montaña vieja

Nº ficha: Equipo:
 Trillo:
 Dirección:

Fecha:
 Pers. Contacto:
 Teléfono:
 Lectura GP: X Y
 Lugar: EPE

Capacidad de procesado de arroz

Temporada/año	Granza (qq)	Blanco (qq)	Variedad
02 03			
01 02			
00 01			
99 00			
98 99			
97 98			

Cascarilla generada

Temporada/año	Cantidad (qq)

Rendimiento cascarilla

Tipo	% cascarilla	% semolina

Humedad cascarilla

Temperatura	Variedad	H (%)

Calendario disponibilidad

Mes	Granza (qq)	Blanco (qq)	Variedad
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			

Otras informaciones

Perspectivas empresa
 Actitud frente a bioenergía/residuos...
 Historial
 Zona abastecimiento
 Café propio/clientes
 Calidades procesadas

Tipo salida casc. /almacenamiento

continuo/disc.
 sist. Polvo

Peculiaridades

Uso actual cascarilla

Uso	Cantidad (qq)	Coste
Quema		
Secado café		

Secado café

Nº hornos

H_entrada

Tipo horno

m_salida

Patios al sol

Capacidad secado

Temporada secado

Descripción sistema

ANEXO 2. Tablas de datos de las figuras

Cantidad de cascarilla de café por beneficio y total. Datos en Mg biomasa seca.

Beneficio	Generada	Utilizada	Disponible	% del total
Atlantic	1792.99	202.23	1590.76	17.4
CISA	1554.56	155.46	1399.10	15.3
Volcafe	1174.37	0.00	1174.37	12.8
Bankoffee	800.84	68.07	732.77	8.0
Magsaty2	614.01	0.00	614.01	6.7
Bencafe	487.33	0.00	487.33	5.3
Sajonia	741.99	259.70	482.29	5.3
Solcafe	444.91	0.00	444.91	4.9
Providencia	390.17	0.00	390.17	4.3
Pita	371.30	0.00	371.30	4.1
Esperanza	330.65	0.00	330.65	3.6
Picasa	215.69	0.00	258.83	2.8
Lucas Aguilar	401.61	160.64	240.96	2.6
Talia	232.97	0.00	232.97	2.5
Alemania	182.37	0.00	182.37	2.0
Eger	92.27	0.00	92.27	1.0
Alsacia	60.67	0.00	60.67	0.7
Aliado	56.63	0.00	55.63	0.6
San Antonio	19.22	0.00	19.22	0.2
Totolate	291.22	291.22	0.00	0.0
Selva Negra	46.17	46.17	0.00	0
TOTAL	10301.93456	1183.481175	9161.591686	100

Cascarilla de café disponible por mes, por beneficio y total. Datos en Mg de materia seca.

Beneficio	Total dispon.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Talia	232.97	58.24	58.24	58.24	58.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Magsaly2	614.01	107.45	107.45	107.45	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	0.00	0.00	30.70	107.45
Picasa	215.69	71.90	71.90	71.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pita	371.30	0.00	0.00	0.00	64.98	64.98	64.98	64.98	37.13	37.13	37.13	0.00	0.00
Providencia	300.17	62.43	62.43	62.43	62.43	62.43	15.61	15.61	15.61	15.61	15.61	0.00	0.00
CISA	1554.56	97.59	182.97	218.34	186.16	158.41	150.09	104.70	79.55	43.10	101.32	64.86	31.99
Alsacia	60.67	8.67	8.67	8.67	8.67	8.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.67	8.67
Volcafe	1174.37	124.78	124.78	124.78	124.78	124.78	124.78	124.78	124.78	44.04	44.04	44.04	44.04
Selva Negra	46.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bencafe	741.99	0.00	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	-0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Esperanza	330.64	0.00	53.73	53.73	53.73	53.73	28.93	28.93	28.93	28.93	0.00	0.00	0.00
Lucas Aguila	401.61	66.93	66.93	66.93	40.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alemania	182.33	0.00	0.00	36.47	36.47	36.47	36.47	36.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eger	92.27	23.07	23.07	23.07	23.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sajonia	487.35	40.61	40.61	40.61	40.61	40.61	40.61	40.61	40.61	40.61	40.61	40.61	40.61
Bankoffee	800.84	100.11	100.11	100.11	100.11	100.11	100.11	32.03	0.00	0.00	0.00	0.00	100.11
Atlantic	1792.90	68.52	108.97	149.42	149.42	149.42	149.42	149.42	149.42	149.42	149.42	149.42	68.52
San Antonio	19.22	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aliado	56.63	11.33	11.33	11.33	11.33	11.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totolate	291.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Solcafe	444.91	31.78	31.78	31.78	31.78	95.34	95.34	31.78	31.78	31.78	0.00	0.00	31.78
TOTAL mes	10301.93	877.24	1149.55	1261.84	1099.24	1033.55	929.78	659.86	538.51	390.61	388.12	338.30	433.16

Cantidades de cascarilla de arroz por trillo y total, en Mg cascarilla seca.

Trillo	Generada	Utilizada	Disponible
Agricorp	5886.93	375.76	5511.17
Amador	4225.23	253.51	3971.71
Mansell	3366.82	168.34	3198.48
Santiago	1393.60	83.62	1309.99
Magsa	131.52	0.00	131.52
TOTAL	15004.10	881.23	14122.86

Cantidad de cascarilla de arroz disponible por mes y por trillo, en Mg de cascarilla seca.

Trillo	Agricorp	Amador	Mansell	Santiago	Magsa	Total mes
Total año	5511.17	3971.71	3198.48	1309.99	131.52	14122.86
Enero	459.26	354.12	266.54	109.17	0.00	729.83
Febrero	459.26	198.37	266.54	109.17	0.00	574.07
Marzo	459.26	174.68	266.54	109.17	0.00	550.38
Abril	459.26	242.98	266.54	109.17	0.00	618.69
Mayo	459.26	285.80	266.54	109.17	0.00	661.51
Junio	459.26	410.25	266.54	109.17	0.00	785.96
Julio	459.26	402.62	266.54	109.17	0.00	778.33
Agosto	459.26	318.79	266.54	109.17	0.00	694.59
Septiembre	459.26	321.53	266.54	109.17	0.00	697.24
Octubre	459.26	482.51	266.54	109.17	43.84	902.05
Noviembre	459.26	489.88	266.54	109.17	43.84	909.43
Diciembre	459.26	290.18	266.54	109.17	43.84	709.72

Cantidad de paja de arroz por ha en cada muestra, en Mg/ha de biomasa seca.

Muestra	Rastrojo <20cm	Paja 20-40cm	Paja >40cm	Granza	Total	BM disponible potencial
1	3.453	2.873	3.808	6.269	16.403	6.681
2	3.667	2.164	2.868	6.129	14.828	5.032
3	3.533	2.932	4.060	6.883	17.408	6.992
4	4.111	2.200	2.895	7.421	16.627	5.095
5	2.654	2.098	2.222	5.074	12.048	4.320
6	4.164	4.530	4.895	7.677	21.266	9.425
7	3.443	3.135	4.365	7.073	18.015	7.500
8	3.323	2.508	3.511	4.028	13.369	6.019
9	4.105	3.237	5.763	3.876	16.982	9.000
10	2.822	2.171	2.279	5.693	12.965	4.430
11	3.368	2.244	3.366	7.038	16.013	5.609
12	2.743	3.155	3.526	5.116	13.540	7.155
13	4.410	3.608	4.677	6.436	19.131	6.285
14	3.575	3.045	3.177	6.365	16.162	6.222
15	4.452	3.133	3.957	6.622	18.164	7.090

Residuos de cafetales (regulación de sombra + recepo) por tipo de productor. Datos en Mg de biomasa seca.

	Pequeños	Medianos	Grandes	Todos
BM total	14089	121940	6194	142224
BM disponible	0	60970	4956	65926

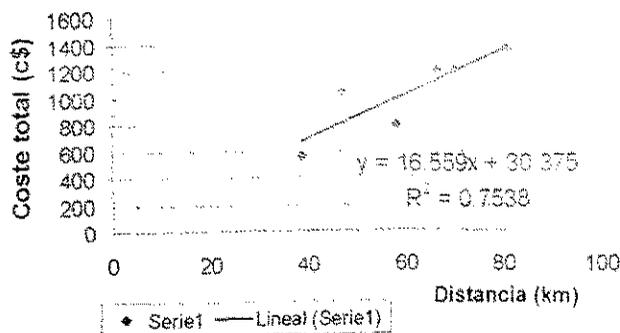
Áreas de cafetal en Radio 50km por tipo productor y municipio. Datos en ha.

	Área Ccs en Radio 50 (ha)	Área café total Radio 50 km (ha)	Pequeños (ha)	Medianos (ha)	Grandes-sol (ha)
% sobre Ccs (CENAGRO III)			30	70	0
% sobre Café total (CENAGRO III)					19
Matagalpa	7201.3	8594.9	2160.4	5040.9	1640.0
Tuma-La Dalia	5250.6	6091.9	1575.2	3675.4	1162.4
San Ramon	5747.3	7197.0	1724.2	4023.1	1373.3
Terrabona	169.7	169.7	50.9	118.8	32.4
Esquipulas	1500.8	1617.2	450.2	1050.6	308.6
San Dionisio	707.0	717.3	212.1	494.9	136.9
Jinotega	9993.0	10593.7	2997.9	6995.1	2021.4
S Rafael del Norte	2202.7	2202.7	660.8	1541.9	420.3
La Concordia	552.4	552.4	165.7	386.7	105.4
Ciudad Dario	140.5	140.5	42.2	98.4	26.8
S Juan d I Remates	361.9	361.9	108.6	253.3	69.1
S Seb de Yali	760.0	760.0	228.0	532.0	145.0
Muy Muy	501.4	566.2	150.4	351.0	108.0
Esteli	637.5	637.5	191.3	446.3	121.6
Todos munic (ha)	35726.1	40202.9	10717.8	25008.3	7671.1

Regresión con datos encuesta transportista, para costes fijos y variables. Datos en C\$.

Origen	Distancia (km)	Coste total (c\$)	Marcas	Coste/marca (c\$)
La Dalia	66.7	1200	8	150
S Rafael N	80.7	1360	8	170
Esquipulas	70.1	1200	8	150
S Ramon	38.6	560	8	70
El Tuma	58.1	800	8	100
Aranjuez	46.8	1040	8	130

Camionero con descuento 20%



Coste fijo: 30.3 C\$/camión. Coste variable: 16.6 C\$/km/camión