



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

“Determinación de la Disponibilidad de Biomasa en los Alrededores de Santiago, República Dominicana y Marcos Generales para su Transformación en Energía”

Humberto Checo H.

ONUDI/CNE/CZFIS

Proyecto: “*Stimulating Industrial Competitiveness Through Biomass-Based, Grid-Connected Electricity Generation*” (GF/DOM/12/001 & TEDOM12002)



Informe Final
Santiago de los Caballeros
República Dominicana
2 de Noviembre 2012



“Determinación de la Disponibilidad de Biomasa en los Alrededores de Santiago, República Dominicana y Marcos Generales para su Transformación en Energía”

Proyecto: “*Stimulating Industrial Competitiveness Through Biomass-Based, Grid-Connected Electricity Generation*” (GF/DOM/12/001 & TEDOM12002)

RESUMEN	4
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. ASPECTOS GENERALES	6
2.1 Objetivo General	6
2.2 Objetivos Específicos	6
2.3 Importancia de la Biomasa en la Economía Local.....	6
2.4 Calidad y Precios de la Biomasa Local	7
III. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	8
3.1: Intensidad de Muestreo	9
3.2: Cálculos, Supuestos y Conversiones	9
IV. DISPONIBILIDAD DE BIOMASA EN LOS ALREDEDORES DE SANTIAGO	12
4.1: Potencial de Producción de Biomasa Forestal	12
4.1.1 Plantaciones Forestales	12
4.1.2 Bosques Naturales Manejados.....	13
4.1.3 Aprovechamiento Real en los Bosques Naturales Manejados	14
4.1.4 Generación de Biomasa en la Industria Forestal Local	14
4.1.5 Biomasa Forestal en el Area de Estudio	16
4.2: Producción de Biomasa Agrícola en la Región Norte.....	16
4.3: Potencial de Producción de Biomasa Agroindustrial	21
4.4: Potencial de Producción de Biomasa de Desechos Urbanos	21
4.5. Densidad de la Biomasa de Mayor Potencial Actual	24
4.6. Mecanismos de Producción de Biomasa para el Proyecto	25
V. RIESGOS Y AMENAZAS EN EL SUMINISTRO DE BIOMASA EN LA PROVINCIA DE SANTIAGO 26	26
5.1 Riesgos Culturales	26
5.2 Riesgos Ambientales.....	26
5.3 Riesgos Económicos	26
5.4 Riesgos Logísticos	26
VI. FACTIBILIDAD DE SUMINISTRO DE BIOMASA SEGÚN ESCENARIOS PONDERADOS**	28
6.1 Escenario A: Planta de Combustión de 3 MW (Ciclo Rankine)	28
6.2 Escenario B: Planta de Combustión de 3 MW (CHP).....	28
6.3 Escenario C: Planta con Turbogenerador de 3 MW (CHP)	28
VII. CONCLUSIONES GENREALES	29
VIII. RECOMENDACIONES.....	29
IX.FUENTES CONSULTADAS.....	30
X.ANEXOS.....	32

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Número de muestras según el uso de suelos en el área de estudio.....	9
Tabla 4.1: Plantaciones Forestales Establecidas en el Area de Estudio de 1991 al 2007.....	15
Tabla 4.2: Planes de Manejo Aprobados en el Area de Estudio del 2001 al 2010.....	14
Tabla 4.3: Aprovechamiento forestal autorizado en 2011 en el área muestra.....	14
Tabla 4.4: Aserraderos y Sinfines en el Area de Estudio.....	15
Tabla 4.5: Biomasa Forestal Actual en el Area de Estudio.....	16
Tabla 4.6: Cultivos Plantados en la Regional Agropecuaria Norte en 2011.....	17
Tabla 4.7: Extensión por Zonas de Vida en el área bajo estudio.....	18
Tabla 4.8: Extensión por Tipos de Suelos.....	20
Tabla 4.9: Áreas irrigables cercanas a Santiago.....	21
Tabla 4.10: Producción de Desechos Sólidos (t/día) en la Ciudad de Santiago.....	22
Tabla 4.11: Producción de Desechos Sólidos (m ³ /día) en 6 Municipios de La Sierra.....	22
Tabla 4.12: Biomasa Potencial (Escenario cercano 0-30 km).....	23
Tabla 4.13: Biomasa de alto potencial de disponibilidad (Escenario General 0-120 km).....	24
Tabla 4.14: Biomasa de alto potencial de disponibilidad (Escenario regional 0-120 km).....	24
Tabla 4.15: Densidad de la Biomasa Local.....	25

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Potencial de Producción de Biomasa en la República Dominicana.....	7
Figura 3.1: Area Céntrica del Estudio de Biomasa ONUDI/CNE/CZFS.....	9
Figura 4.1: Tareas de plantadas por ENDA-Dom en la Región Nordeste.....	12
Figura 4.2: Biomasa forestal local.....	12
Figura 4.3: Aserradero (Sinfín) en San José de las Matas.....	16
Figura 4.4: Zonas de vida del área bajo estudio.....	18
Figura 4.5: Area de estudio en el contexto regional.....	19
Figura 4.6: Capacidad productiva de los suelos en el área de estudio.....	19
Figura 4.7: Biomasa Procedente del Cultivo del Café.....	20
Figura 4.8: Biomasa Procedente del Cultivo del Arroz.....	20
Figura 4.9: Obrero cargando tallos de arroz en Jicomé. Esperanza.....	21
Figura 4.10: Biomasa Procedente dl Desechos Urbanos.....	22

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Conversiones y supuestos utilizados en el Informe.....	32
Anexo 2: Cultivo de la Acacia mangium en la República Dominicana.....	33

Para contactar al consultor escribir a humberto.checo@gmail.com

RESUMEN

Existen condiciones favorables para la realización de un análisis de factibilidad para el proyecto analizado. En el municipio de Santiago y sus alrededores han sido identificados varios tipos de residuos agropecuarios y forestales que califican como “biomasa potencial” para el proyecto ONUDI/CZFIS/CNE. Las fuentes identificadas son el aserrín y residuos de aserraderos, residuos de fincas forestales, nervaduras y rechazos de la industria del tabaco, cascarilla seca de arroz, pulpa de café, residuos de la industria bananera, tallos de arroz, desechos orgánicos de la ciudad de Santiago, madera del bosque seco natural, madera de plantaciones forestales y bagazo de caña de azúcar.

De estas fuentes, tres son consideradas “de alto potencial de disponibilidad” para el suministro de biomasa a este proyecto, como son la madera triturada de *Acacia mangium* procedente de la Región Nordeste (60 a 120 km) y los tallos y cascarilla de arroz provenientes de los alrededores de Santiago (10 a 100 km). Estas tres fuentes representan un potencial de producción de biomasa bruta de 151,286 t/año lo que equivale a 4.7 veces del volumen requerido para la generación de 3 MW, acorde a los cálculos de los especialistas involucrados. El precio promedio de una tonelada de astillas de *Acacia* es US\$47.70 de los cuales US\$10 (21%) corresponde al propietario, US\$18/t (38%) a la empresa forestal lo aprovecha y tritura, US\$10/t (21%) son costos por transporte y los restantes US\$9.7 (20%) son costos de amortización de equipos y otros gastos de la empresa generadora de energía (propietaria de dichos equipos).

Como potencial medio, se indican los residuos orgánicos urbanos de Santiago (0-10 km), las fincas forestales manejadas (20 a 60 km), la pulpa y paja de café (30 a 60 km), las nervaduras y otros desechos de la industria local del tabaco (3-30 km) y el aserrín y cachazos, provenientes de los aserraderos y sinfines circundantes (10-60 Km). Estos tienen mayores grados de dificultad que la lista anterior, por no contar con una estructura de mercado y por su alta dispersión en toda la región.

Se indican como “fuentes de bajas posibilidades de adquisición” la madera del bosque seco natural (20-90 km) y las plantaciones forestales cercanas (20-60 km) por la complicada burocracia estatal que reviste su aprovechamiento. Los rechazos de la exportación bananera (20-60 km) en ocasiones se convierten en alimento humano. Las agroindustrias locales, con excepción de las tabacaleras, son de transformación secundaria y por lo tanto generan muy pocos desperdicios orgánicos.

De la biomasa potencial, la de mayor disponibilidad actual es la madera triturada de *Acacia mangium* (37% humedad), la cual puede adquirirse durante todo el año en el mercado regional. Los tallos del arroz (24% de humedad) sin embargo, promete ser una fuente importante de biomasa, pero no existe un mercado actual, ni una producción continua en el año, por lo que se recomienda profundizar su estudio en la fase subsiguiente. Esto incluye la determinación de su valor calorífico, y la selección de las mejores tecnologías para su corte, compresión (“briquetado”) y almacenamiento. Por igual ocurre con la materia orgánica de los desechos municipales de Santiago, que requerirá de mayor estudio antes de ser categorizada como disponible. Se recomienda analizar en el estudio de factibilidad aspectos relacionados con la obtención de algunas licencias y permisos, que aunque representan ciertos desafíos, tienen vías y procedimientos para su adquisición.

Para reducir los riesgos en el suministro futuro de biomasa al proyecto, se propone desarrollar sistemas propios o asociados de producción, que permitan eliminar las barreras identificadas para las biomásas potenciales y fomentar la producción de madera y forrajes de rápido crecimiento, mediante la conformación de cooperativas, el alquiler o adquisición de terrenos, la producción bajo hipoteca o la conformación de empresas subsidiarias, entre otras alternativas.

El mejor escenario actual para obtener biomasa inmediata para el proyecto, es mediante un arreglo especial con los productores de *Acacia mangium* del Nordeste, a la vez que se desarrollan programas de producción propia, considerando las opciones indicadas en el párrafo anterior.

I. INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) en coordinación con la Comisión Nacional de Energía (CNE) prepara una propuesta al Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) con el propósito de desarrollar alternativas energéticas sostenibles y de menor costo para la República Dominicana. En este marco, se pretende desarrollar en conjunto con la Corporación de Zonas Franca Industrial de Santiago (CZFIS), un proyecto de producción de energía renovable a partir de la utilización de la biomasa local que sustituya parte de la energía eléctrica actualmente consumida, mejore la competitividad empresarial de la Corporación, reduzca los niveles de contaminación ambiental que produce la combustión de los derivados del petróleo y mejore las condiciones de vida de los habitantes de la provincia de Santiago y de la región del Cibao.

Este diagnóstico constituye una parte importante del estudio de pre-factibilidad que se lleva a cabo para este proyecto y consiste básicamente en determinar las fuentes disponibles de biomasa para ser transformada en energía, así como la valoración de los escenarios en los que se pueda alcanzar los valores óptimos de suministro para su conversión en energía.

Este análisis aborda también aspectos sobre la seguridad y periodicidad del suministro de la biomasa potencial, así como detalles sobre la calidad y costos de suministro para el proyecto bajo estudio.

II. ASPECTOS GENERALES

2.1 Objetivo General

Este estudio procura determinar específicamente cuáles son los niveles actuales y potenciales de biomasa agrícola, forestal, industrial y municipal existentes en la provincia de Santiago y sus alrededores, así como evaluar su calidad como fuente de generación de energía en la Corporación de la Zona Franca Industrial de Santiago (CZFIS).

2.2 Objetivos Específicos

Las metas específicas del análisis incluyen:

1. Determinar los volúmenes de biomasa disponible como fuentes de energía;
2. Determinar las cantidades disponibles de dicha biomasa;
3. Determinar el valor calorífico de cada tipo de biomasa;
4. Determinar los costos de adquisición de cada tipo de biomasa;
5. Determinar los procedimientos de procesamiento;
6. Determinar aspectos de mercado y costos;
7. Determinar aspectos sobre transporte y logística;
8. Indicar las principales limitaciones y riesgos de suministro;
9. Indicar las consideraciones necesarias para garantizar la sustentabilidad del proyecto; e
10. Identificar los mejores escenarios para la correcta operación del proyecto propuesto.

2.3 Importancia de la Biomasa en la Economía Local

La biomasa como fuente de energía, es un tema histórico en la República Dominicana. En la década de los 60, 70 y 80 el consumo de leña y carbón alcanzaba alrededor del 60% de los hogares dominicanos. Esto creó serios impactos a los bosques naturales y a los sistemas hídricos de toda la nación. El mal manejo de los bosques y la necesidad de cambiar este tipo de energía, llevó al Estado a implementar políticas de desarrollo que han hecho disminuir a menos del 12% los hogares que hoy consumen esta forma de biomasa como fuente diaria de cocción.

Desde hace tres décadas, se han estado implementando políticas forestales que incluyen el manejo sostenible de los bosques naturales y el fomento de plantaciones, creando por este lado, ganancias importantes de cobertura en el territorio nacional. El último informe del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales indica una cobertura vegetal de 39.7% lo que representa una enorme diferencia frente al 12% del 1986.

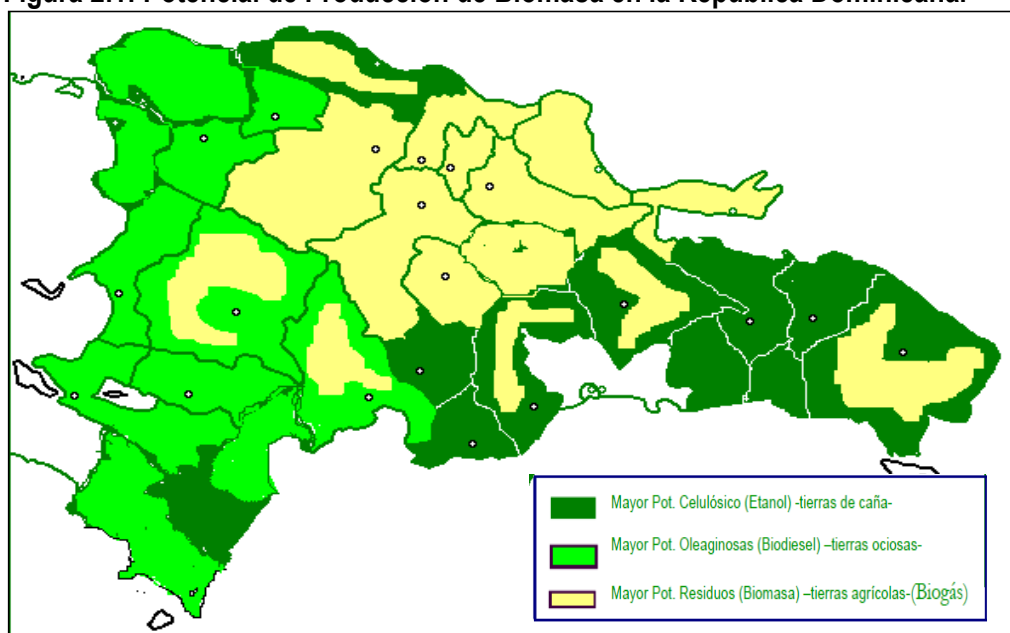
En cuanto a los desechos agrícolas y agroindustriales, el uso más tradicional de los mismos ha estado asociado a la alimentación del ganado y no se conocen datos precisos de su utilización como fuentes de energía.

Los desechos urbanos, son hoy las principales fuentes de contaminación ambiental en la República Dominicana. No existen tradiciones ni técnicas adecuadas para el manejo de los vertederos municipales en todo el país, salvo escasas excepciones donde se están haciendo novedosos esfuerzos en este sentido. Encontrarle un uso adecuado a los residuos domésticos, industriales y municipales vendría a ser una excelente solución a la población local, siempre que este represente una forma de ingreso para una parte de la población desempleada.

No existen datos publicados sobre los potenciales de producción de biomasa en el territorio nacional. El mapa que presentamos a continuación, parece ser una de las pocas aproximaciones que existen al

respecto. El mismo procede de datos de una conferencia celebrada en Chile en 2006 y se carece de las fuentes y detalles sobre el mismo.

Figura 2.1: Potencial de Producción de Biomasa en la República Dominicana.



FUENTE: Marcos Taveras, 2006

De todo lo anterior se concluye en decir que la biomasa como fuente de energía bajo medios tecnológicos es un tema reciente en la República Dominicana, y que salvo a dos o tres plantas que están operando hoy en el territorio, no existe un mercado formal sobre la misma.

2.4 Calidad y Precios de la Biomasa Local

El mercado de la biomasa apenas se inicia en la República Dominicana. En la actualidad se estima de cuatro a cinco las empresas que están generando energía a partir de este recurso natural. El caso más cercano estudiado para este análisis, lo representa la Zona Franca Industrial de Bonaó, que está demandando biomasa a partir de las plantaciones cercanas de Acacia mangiun. Como se indica en la Tabla siguiente, una tonelada de biomasa entregada en el patio de acopio de esta corporación, les representa un costo aproximado a los US\$50 dólares.

Valor (US\$) de un Contenedor (45 Pies) de Biomasa en la Planta						
Tipo de Biomasa	Densidad (gr/cm ³)	Humedad (%)	Peso (Ton/Cont ¹)	Precio (US\$/Ton)	Valor (US\$/Cont)	Valor (RD\$/Cont)
Biomasa fresca de Acacia	0.40	37.5	26.8	48	1,286	50,298
Tallos de arroz recién cortado	0.17	24	11.39	35	396	15,500
Cascarilla seca de arroz	0.15	15.3	10.05	66	665	26,000
^{1/} El contenedor de 45ft tiene un volumen interno de 67 m ³					1US\$= 39.10	

III. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El estudio indicado es un diagnóstico realizado a partir de la combinación de herramientas de un Sistema de Información Geográfico SIG, de informaciones colectadas sobre el uso actual de los suelos y el levantamiento de información primaria con las que se elaboran estimaciones a nivel de campo, en el área tomada como muestra para el estudio.

Se hizo mayor énfasis en conocer los potenciales del área más cercana a la ciudad de Santiago, por lo que se estudió con mayor profundidad un área muestra de 30 km de radio a partir del parque de la Zona Franca Industrial de Santiago (ZFIS) y luego fue ampliada hasta 120 km. El área cercana incluye una extensión de 283 km² en los que existen 177 parajes y 15 municipios. El análisis incluyó la colección de información disponible y el levantamiento de información primaria con las que se realizaron cálculos y estimaciones para el área tomada como muestra.

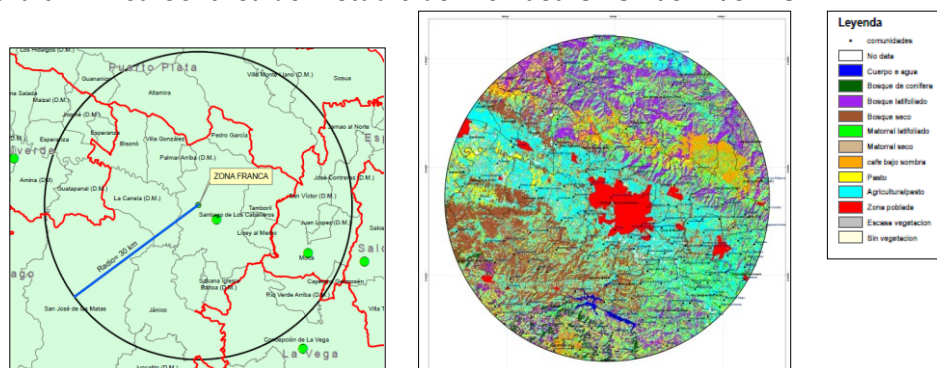
Se considera como “Biomasa Potencial o Aparente” a los volúmenes de material orgánico existente y con potencial de ser colectado en el área del proyecto, mientras que la “Biomasa con Alto Valor de Disponibilidad” se refiere a aquéllos desechos orgánicos que pueden ser utilizados inmediatamente, pero que necesitan de una organización logística y empresarial, que no existe.

La “Biomasa Forestal” es todo material procedente de tratamientos silvícolas, plantaciones de árboles con fines comerciales y cortas finales a las que son sometidas las masas forestales. Los residuos pueden ser ramas, hojas, madera de árboles malformados, matorrales, e incluso fustes de tamaño pequeño.

Para cuantificar los volúmenes de biomasa, tanto agrícola como forestal, se utilizaron inicialmente imágenes del satélite Landsat del 2010 y herramientas de Sistemas de información geográfica (SIG), con las que se cuantificaron las superficies del área de estudio según su uso actual. Esto combinado con visitas de campo, revisión de estadísticas, entrevistas, encuentros y discusiones, permitieron ampliar el espectro del análisis, aumentando el radio de acción a nivel regional y valorando más las fuentes de producción más extensivas. Esto generó la necesidad de definir un “Escenario Cercano” que se refiere al círculo inicial de 30 km de radio y un “Escenario Regional” que incluye varias provincias circundantes a Santiago.

El análisis del “Escenario Cercano” (30 km de radio) arrojó que el 26% de los suelos está bajo uso de cultivos, 17% por pastos, 16% por Bosque Latifoliado, 15% por Bosque Seco, 3% por Café y el restante está bajo uso urbano, matorrales y bosques de coníferas. Para el “Escenario Regional” se cita únicamente las extensiones de los cultivos de alto interés para el propósito, como son las plantaciones de Acacia mangium, el cultivo del arroz, el banano y la caña de azúcar.

Figura 3.1: Área Céntrica del Estudio de Biomasa ONUDI/CNE/CZFS



3.1: Intensidad de Muestreo

La intensidad de muestreo para cada uso de suelos fue calculada a partir de que $n = ((k^2) * N * p * q) / ((e^2 * (N-1)) + ((k^2) * p * q))$ ajustada para obtener 90% de confianza y 10% de error, resultando lo indicado en las tablas siguientes:

Tabla 3.1. Número de muestras según el uso de suelos en el área de estudio.

Uso de Importancia	No	Ha	%	N	p	q	n muestral
Cultivos	1	69,626	30%	69,626	0.30	0.70	58
Pasto	2	45,444	20%	45,444	0.20	0.80	43
Bosque Latifoliado	3	43,829	19%	43,829	0.19	0.81	42
Bosque Seco	4	40,204	18%	40,204	0.18	0.82	39
Matorral Seco	5	17,304	8%	17,304	0.08	0.92	19
Café	6	8,570	4%	8,570	0.04	0.96	10
Bosque de Conifera	7	3,321	1%	3,321	0.01	0.99	4
Tipos	7	228,297	100%	228,297	0.14	0.86	215

Esta verificación permitió obtener valores de importante precisión sobre el uso actual de los suelos dentro del “Escenario Cercano” del estudio y la ordenación territorial del uso por provincias y municipios.

3.2: Cálculos, Supuestos y Conversiones

El cálculo de “biomasa potencial” y de “alto potencial de disponibilidad” fue realizado siguiendo varios procedimientos combinados. Los valores de PCI de cada tipo de biomasa, es un aporte del Dr. Raúl Pérez, quien realizará los cálculos de conversión de los volúmenes determinados como “biomasa de alto potencial de disponibilidad” en energía útil. A continuación se describe brevemente los procedimientos utilizados para cada tipo reportado:

- a) **Aserrín y otros desperdicios de sinfines y aserraderos menores:** Se obtuvieron datos nacionales sobre las capacidades y procesamiento diario de madera de los aserraderos del área circundante a Santiago (0-30 km). Se realizaron entrevistas, mediciones y consultas en varios aserraderos de distintos tamaños, determinando que de la madera procesada un 13% resulta en desperdicios. Para convertir PT a m³ se dividió por 220 y se consideró que un mes laboral tiene 23 días.
- b) **Residuos de Fincas con Planes de Manejo Forestal:** Se obtuvo una base de datos general del Ministerio del Ambiente. Se segregaron los Planes de Manejo (PMF) del área de estudio. Se

- asumió que de la madera del bosque, sólo un 30% es autorizado para ser aprovechada y que de ésta el 30% queda como desperdicio en el bosque, la cual podría ser colectada y triturada para biomasa. Se asumió un Incremento Medio Anual del bosque (IMA) de 1.66 m³/ha/año para el cálculo.
- c) **Residuos de la Industria Tabacalera:** Se obtuvo del Instituto del Tabaco, las estadísticas anuales sobre las extensiones sembradas de tabaco en el área de estudio. Mediante entrevistas y consultas con técnicos de la industria del tabaco, se determinó que el 38% del peso de las pacas de tabaco que entra a la industria termina como desecho. Actualmente estos residuos son reincorporados al suelo por falta de otros usos.
 - d) **Tallos y cascarilla de arroz.** Se obtuvo de la Junta de Regantes del Canal UFE de Esperanza, las estadísticas sobre el área cultivada de arroz dentro del radio muestra y del Ministerio de Agricultura la extensión total cultivada en la Región Noroeste. Mediante consultas bibliográficas y mediciones de comprobación, se obtuvieron los pesos, medidas y tasas de conversión requeridas para realizar los cálculos de toneladas métricas de cascarilla y de tallos de arroz que se obtienen por cada hectárea cultivada.
 - e) **Pulpa y paja de café:** Al igual que en el arroz se obtuvieron informaciones y estadísticas del Consejo Dominicano del Café (CODOCAFE). Mediante consultas bibliográficas y mediciones de campo se obtuvieron las bases de conversión requeridas para el cálculo en toneladas métricas de pulpa y paja de café que se desechan por cada hectárea cultivada. Se determinó que el 83% del peso del café cosechado termina como un desperdicio de poco uso actual, el cual ejerce un alto impacto en la contaminación de las fuentes de agua de las zonas altas.
 - f) **Residuos de la exportación bananera.** Se obtuvo del Ministerio de Agricultura el área bajo cultivo de banano en 2011. Mediante entrevistas y consultas se determinó que una tarea de banano produce en promedio 113 racimos anuales. El peso promedio de un racimo es de 60 libras, de lo cual el 20% no es exportable. Esto hace que de cada hectárea resulte como desecho 10.78 toneladas de “rabizas” que en ocasiones son reincorporadas al campo y en otras son utilizadas como alimento humano y animal.
 - g) **Madera de plantaciones forestales cercanas:** Se obtuvo una base de datos general del Ministerio del Ambiente y se segregaron las plantaciones por municipios dentro del área de estudio. Se entrevistaron varios propietarios de la región, determinando que de las plantaciones aprovechadas un 30% resulta en desperdicios. Se asumió un Incremento Medio Anual del bosque (IMA) de 1.66 m³/ha/año y de éstos el 30% termina como desperdicios.
 - h) **Contenido orgánico de los desechos sólidos de Santiago.** Se obtuvieron los datos de producción diaria de residuos sólidos de la ciudad a través del Plan Estratégico de Santiago (PES). Se utilizaron los valores obtenidos por el proyecto “Basura Cero” auspiciado por Plan Sierra y el Servicio Alemán de Cooperación (GIZ), obteniendo el porcentaje diario del contenido orgánico en seis municipios circundantes a la ciudad de Santiago. Con esta data se calculó el volumen orgánico anual que llegaría al vertedero municipal de Santiago.
 - i) **Madera del bosque seco natural.** Se asume un incremento de 3 m³/ha/año para este bosque y la posibilidad de extraer el 30% del IMA para ser triturado. Los datos de cobertura proceden del análisis SIG de este estudio. La biomasa procedente del bosque seco es de muy alta densidad y su cobertura cubre desde Santiago a la frontera dominico-haitiana. Existen fuertes barreras gubernamentales para el manejo de este recurso, las cuales pueden reducirse mediante una gestión bien coordinada.

- j) **Biomasa de Acacia mangium en la Región Nordeste.** Considera la existencia de 8,700 hectáreas de plantaciones certificadas ante el directorio del Bosque Modelo “Colinas Bajas” del Nordeste. El cálculo considera una trituración total del IMA estimado por la Cámara Forestal Dominicana (CFD) de 13.7 m³/ha/año. Su aprovechamiento está siendo practicado ampliamente en numerosas fincas forestales privadas, las cuales suplen de biomasa a generadoras de energía ubicadas en Bonaó y Santo Domingo.
- k) **Bagazo de la caña de azúcar.** Mediante Landsat 2011 se determinó que la extensión plantada de caña de azúcar en la provincia de Puerto Plata asciende a 6,792 hectáreas. Mediante consultas y entrevistas a expertos, se determinó que la productividad promedio de la caña en la República Dominicana es de 52 t/ha/año y que de este volumen el 10% resulta como bagazo. No se pudo obtener detalles sobre el uso de los desechos actuales de este cultivo.

IV. DISPONIBILIDAD DE BIOMASA EN LOS ALREDEDORES DE SANTIAGO

4.1: Potencial de Producción de Biomasa Forestal

A pesar de reportarse como de “mediano potencial” existen amplias oportunidades para coleccionar de forma ordenada los residuos dejados en el bosque por el aprovechamiento forestal regional. En la zona Sierra, Jarabacoa y el Nordeste, los volúmenes de madera extraídos de plantaciones comerciales y de fincas con bosques naturales manejados son altos. También pueden aprovecharse residuos provenientes de podas y raleos, como lo hace actualmente la industria del casabe.

Durante las consultas de este estudio se detectó que la falta de conocimiento de los productores de la zona, indica como limitante, la falta de una tecnología que permita aprovechar los residuos forestales menores en zonas apartadas. Sabemos, sin embargo, que mediante una buena organización y capacitación, se podrían adquirir y asignar tecnologías sencillas de trituración, que permitirían volúmenes limitados a nivel de fincas familiares. El video siguiente muestra una solución práctica que puede implementarse para esta realidad rural: <http://www.youtube.com/watch?v=ALw4AXdyEnI>

Figura 4.2: Biomasa forestal local

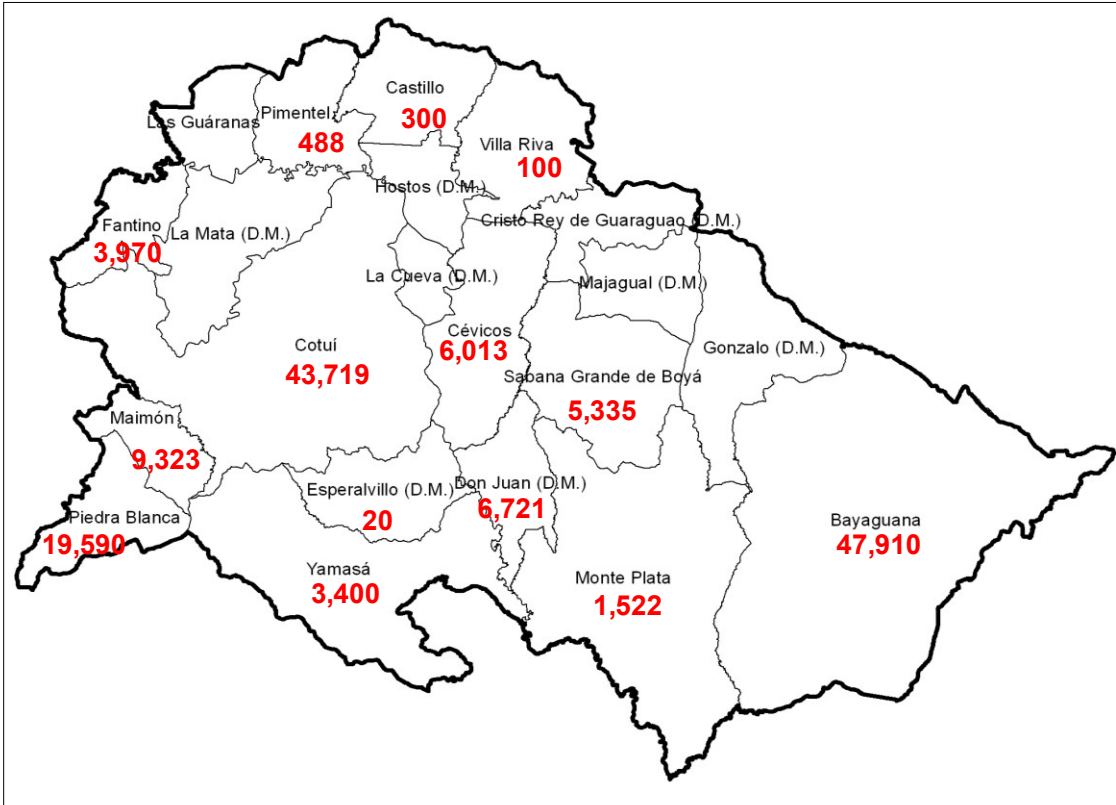


Se reconoce como un potencial forestal 498 planes de manejo de bosques naturales (PMF) autorizados entre el 2001 y 2010, los cuales pueden intervenir legalmente 21,879 hectáreas en seis municipios montañosos circundantes, los que incrementan por su parte 36,319 considerando un IMA similar. Como parte del potencial forestal, también ha sido considerado la existencia de 68 aserraderos de diámetros menores (sinfines) con un potencial de aserrío diario de madera de 60,150 pies tablares (PT). Sin embargo, hemos detectado grandes limitaciones de suministro actual de madera a estos aserraderos, generando una subutilización de los mismos, además de que los desperdicios están siendo utilizados para fines domésticos y agrícolas.

4.1.1 Plantaciones Forestales

En una escala mayor, existe una solución de suministro inmediato para el proyecto, mediante la adquisición de madera triturada proveniente de las plantaciones forestales comerciales establecidas en los municipios de Villa Altigracia, Piedra Blanca, Bonao, Fantino, Cotuí, Cevicos, Maimón, Yamasá, Monte Plata, Nagua y SF Macorís. Estas plantaciones corresponden a más 80 fincas forestales (8,109 hectáreas) actualmente bajo manejo. De estas, el 46% son de Acacia mangium y el 27% de Pino Caribaea, ambos de alto valor energético. Al menos tres pequeñas empresas forestales locales brindan hoy el servicio de aprovechamiento y suministro de biomasa a partir de estas plantaciones.

Figura 4.1: Tareas de plantadas por ENDA-Dom en la Región Nordeste



FUENTE: Checo H, 2010. Proyecto Forestal ENDA-Barrick.

Según Valerio y González de la CFD, existe en estas plantaciones un potencial de producción de biomasa comercial de 119,190 toneladas anuales a partir del incremento medio anual (IMA) de estas plantaciones, las cuales han sido registradas y certificadas como parte del Bosque Modelo “Colinas Bajas”. Estas plantaciones están distribuidas entre las provincias Duarte, María T. Sánchez, Monseñor Nouel, Monte Plata, Samaná, San Cristóbal y Hato Mayor. Las distancias a la que se encuentran estas plantaciones van desde los 60 a los 120 km desde el parque de la CZFIS.

Las plantaciones forestales identificadas en el área muestra, corresponden principalmente a especies coníferas establecidas en la zona montañosa sur-suroeste de Santiago y ascienden a 1,960 fincas plantadas en los últimos 16 años y distribuidas en 15 municipios del área muestra. Estas plantaciones tienen una extensión de 10,532 hectáreas y se estima un incremento anual de biomasa de 17,483 toneladas, considerando un IMA de 1.66 t/ha/año. A pesar de su existencia, no existe en esta zona experiencias en el procesamiento de madera con fines de producción de biomasa. Este potencial requiere por tanto de mayores estudios y ponderaciones antes de ser identificados como una fuente disponible.

4.1.2 Bosques Naturales Manejados

Las estadísticas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales indican que en seis municipios circundantes a Santiago han sido autorizados 498 Planes de Manejo Forestal en los últimos nueve años. Esto promedia 2,431 hectáreas a ser intervenidos anualmente para extraer de ellas hasta 40,617 m³ cada año.

En la Tabla siguiente se muestra que los municipios de mayor importancia en el aprovechamiento forestal son Jarabacoa (43%), San José de las Matas (35%) y La Vega (12%).

Tabla 4.2: Planes de Manejo Aprobados en el Área de Estudio del 2001 al 2010

Municipio	N Registros	Años	Hectáreas	Vol Total	Vol Aprovechable
Jánico	29	2001 a 2010	1,091	73,045	19,785
Jarabacoa	130	2001 a 2010	7,505	547,366	156,081
La Vega	13	2001 a 2007	2,804	140,536	42,634
Moca	3	2001 a 2008	119	1,914	1,761
Monción	40	2001 a 2010	800	51,921	15,804
S. J Matas	283	2001 a 2010	9,561	419,183	129,486
TOTAL	498	2001 a 2010	21,879	1,233,965	365,551

FUENTE: Elaboración propia con datos del Ministerio Ambiente, 2012

4.1.3 Aprovechamiento Real en los Bosques Naturales Manejados

La historia del manejo forestal dominicano nos ha enseñado que los volúmenes anuales aprobados en los PMF no son ejecutados en la realidad. El Plan Operativo Anual (POA) es finalmente el instrumento que aprueba un aprovechamiento forestal. Como ejemplo hemos tomado el año 2011 en el que según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, fueron autorizados POA's en la zona de estudio por 7,534 m³, lo que representa apenas el 19% del volumen anual aprobado en los PMF. La alta burocracia y otras dificultades administrativas, restan efectividad a la gestión forestal nacional.

Tabla 4.3: Aprovechamiento forestal autorizado en 2011 en el área muestra

Municipio	Área a intervenir (Has)	Volumen propuesto (m ³)	Volumen por mes (m ³)	Arboles por Año	Arboles por Mes	Especie	%
Jamao al Norte	12	441	37	1,967	164	Pinos	6%
Jarabacoa	91	2,179	182	8,404	700	Pinos	25%
Monción	6	124	10	746	62	Pinos	2%
San José de las	126	4,791	399	22,246	1,854	Pinos	67%
Total	234	7,534	628	33,363	2,780		100%

FUENTE: Elaboración propia con datos del Ministerio Ambiente, 2012

4.1.4 Generación de Biomasa en la Industria Forestal Local

El procesamiento de la madera proveniente de plantaciones forestales y de bosques naturales manejados, se realiza en pequeños aserraderos locales. Actualmente operan 63 aserraderos o "sinfines" dentro del área muestra, con un potencial de aserrío diario de 60.150 pies tablares (PT). La generación de residuos (costaneras, ripios y aserrín) en estos aserraderos podría alcanzar 1,482 m³/mes de desperdicios de excelente calidad pero en la actualidad hay limitaciones de suministro y los residuos están siendo demandados para fines domésticos y agrícolas.

Tabla 4.1: Plantaciones Forestales Establecidas en el Area de Estudio de 1991 al 2007

Municipio	N Registros	Años	N Arboles	Tareas	%
Altamira	19	1997 a 1999	68,265	687	0%
Duarte	8	1998 a 2000	758	545	0%
Imbert	2	1991 a 1993	1,035,880	8,987	5%
Jamao	4	1995 a 1999	3,695	14	0%
Jánico	103	1997 a 2006	173,489	12,630	8%
Jarabacoa	507	2002 a 2007	1,391,247	80,946	48%
La Vega	81	1996 a 2007	0	3,627	2%
Mao	20	1999 a 2000	81,830	477	0%
Moca	22	2004 a 2007	0	1,254	1%
Moncion	731	1998 a 2007	838,691	20,982	13%
Puerto Plata	30	1992 a 2005	0	140	0%
San Jose de las Matas	403	1998 a 2007	2,084,695	36,369	22%
Santiago	26	1997 a 2003	50,550	508	0%
Tamboril	2	2005 a 2006	1	250	0%
Villa Gonzalez	2	1996 a 2001	14,804	40	0%
TOTAL	1,960	1991 a 2007	5,743,905	167,455	100%

FUENTE: Elaboración propia con datos del Ministerio Ambiente, 2012

La Tabla siguiente muestra la ubicación, cantidad y capacidad operativa de los aserraderos legalmente reconocidos por el Ministerio del Ambiente en el área seleccionada para este estudio.

Tabla 4.4: Aserraderos y Sinfines en el Area de Estudio

Localidad	Aserraderos (Cantidad)	Capacidad (PT/día)	En Operaciones	Empleados (Cantidad)
Santiago	22	22,200	22	146
La Vega	15	11,150	14	78
Jarabacoa	13	13,100	11	75
S. J. Matas	10	9,800	9	73
Moca	8	3,900	7	32
TOTAL	68	60,150	63	404

FUENTE: Elaboración propia con datos del Ministerio Ambiente, 2012

Figura 4.3: Aserradero (Sinfin) en San José de las Matas



4.1.5 Biomasa Forestal en el Area de Estudio

Los bosques totales identificados dentro del área de estudio, alcanzan una extensión de 97,686 hectáreas. De estos el 45% corresponden a Bosques Latifoliados, 41% a Bosques Secos, 11% a Plantaciones Forestales y 3% a Bosques de Coníferas.

El escenario presentado en la Tabla siguiente considera una intervención del 30% de la cobertura de los bosques naturales y del 50% de las plantaciones. También considera un volumen medio aprovechable de 25 m³/ha para las coníferas y de 15 m³/ha para los tipos restantes, lo que arroja un volumen potencial actual de madera extraíble de 481,144 m³. De este volumen sólo el 26% resulta en madera aserrada y el 74% como biomasa. El volumen total de biomasa potencial resulta en 353,778 m³ para la cobertura forestal total del área de estudio. Considerando una regeneración similar en siete años, se obtendría un potencial aprovechable de 50,540 m³ anuales. El aprovechamiento de este potencial requeriría de una intensa gestión para la preparación de los PMF requeridos y la motivación de sus propietarios.

Tabla 4.5: Biomasa Forestal Actual en el Area de Estudio

Tipo de Biomasa	Existencia Boscosa Total (Ha)	Area Potencial Aprovechable (Ha) ¹	Madera Total Extraíble (m ³)
Bosque de Coníferas	3,321	996	11,956
Bosques latifoliados	43,629	13,089	130,887
Bosque seco	40,204	12,061	60,306
Plantaciones Forestales ²	10,532	5,266	42,127
TOTAL	97,686	31,412	245,276

Notas

1/ Los PMF extraen alrededor del 30% del volumen original del bosque

2/ Las plantaciones forestales existentes son jóvenes y de diámetros menores

3/ Se considera "Biomasa" todo lo que no resulta en productos del comercio común

4.2: Producción de Biomasa Agrícola en la Región Norte

El proyecto propuesto está ubicado en el la Región Agropecuaria Norte. Esta es una unidad administrativa del Ministerio de Agricultura que incluye las provincias de Santiago, Espailat y Puerto Plata. La extensión total de estas tres provincias es de 154,178 km². En la Tabla 4.6 se muestra que

las extensiones plantadas en 2011 en estas provincias por cultivos con potencial de biomasa, ascienden a 599,181 tareas, lo que corresponde apenas a un 19% del territorio.

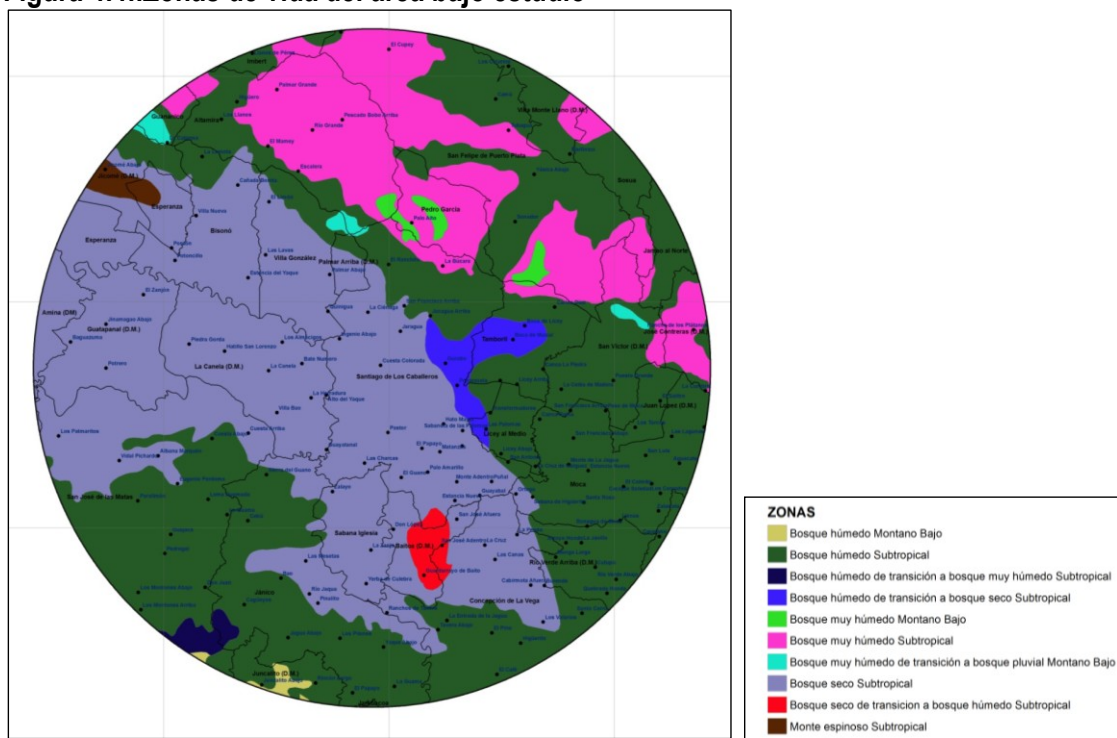
De los cultivos indicados sólo se pondera para este estudio el arroz, guineo y plátano, debido a sus características de producción extensiva. Para el cálculo total de biomasa potencial se han tomado las estadísticas regionales del Ministerio de Agricultura que indican que en 2011 se plantaron 300,000 tareas de arroz y 190,000 de guineos¹³.

Tabla 4.6: Cultivos Plantados en la Regional Agropecuaria Norte en 2011.

Cultivo	Santiago	%	Espailat	%	Pto. Plata	%	Tareas
Arroz	56,052	14%	0	0%	0	0%	56,052
Café ¹	241,489	60%	46,221	57%	83,570	72%	371,281
Yuca Dulce	22,747	6%	11,373	14%	3,791	3%	37,911
Plátano	8,548	2%	14,246	17%	5,698	5%	28,492
Guineo	6,941	2%	868	1%	868	1%	8,676
Maiz	4,978	1%	4,148	5%	18,528	16%	27,654
Yuca Amarga	2,067	1%	1,034	1%	345	0%	3,445
Habichuelas Rojas	1,412	0%	2,017	2%	605	1%	4,034
Piña	955	0%	0	0%	0	0%	955
Tabaco	56,574	14%	0	0%	0	0%	56,574
Guandul	411	0%	1,643	2%	2,054	2%	4,107
TOTAL	402,173	100%	81,550	100%	115,459	100%	599,181

FUENTE: Regional Agropecuaria Norte 2011. Mesón y Vargas, 2012. ¹Ovalles P, 2011

Figura 4.4.: Zonas de vida del área bajo estudio



FUENTE: Ovalles, 2012.

Tabla 4.7: Extensión por Zonas de Vida en el área bajo estudio

SÍMBOLO	ZONAS	AREA	%
bh-S	Bosque húmedo Subtropical	124,567	43.9
bs-S	Bosque seco Subtropical	105,986	37.3
bmh-S	Bosque muy húmedo Subtropical	27,964	9.9
bmh-S	Bosque muy húmedo Subtropical	7,258	2.6
bh-S<	Bosque húmedo de transición a bosque seco Subtropical	4,463	1.6
bmh-S	Bosque muy húmedo Subtropical	2,973	1.0
bs-S>	Bosque seco de transición a bosque húmedo Subtropical	1,992	0.7
bh-S>	Bosque húmedo de transición a bosque muy húmedo Subtropical	1,439	0.5
me-S	Monte espinoso Subtropical	1,379	0.5
bmh-S	Bosque muy húmedo Subtropical	1,188	0.4
bmh-S	Bosque muy húmedo Subtropical	847	0.3
bh-MB	Bosque húmedo Montano Bajo	662	0.2
bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo	620	0.2
bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo	596	0.2
bmh-MB>	Bosque muy húmedo de transición a bosque pluvial Montano Bajo	576	0.2
bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo	526	0.2
bmh-MB>	Bosque muy húmedo de transición a bosque pluvial Montano Bajo	463	0.2
bmh-MB>	Bosque muy húmedo de transición a bosque pluvial Montano Bajo	290	0.1
TOTAL		283,790	100

Las Figuras 4.3 y 4.4 indican que existe un alto potencial ecosistémico en la región para el desarrollo de plantaciones forestales y de gramíneas de rápido crecimiento con los propósitos indicados. Este estudio no profundizó este detalle ya que para ello se requeriría mayor tiempo y nuevos instrumentos de planificación, pero es sin dudas, un elemento que deberá formar parte dentro de los programas de gestión del proyecto de generación.

En el país existe una alta experiencia en la determinación de sitios ideales para el fomento de especies forestales y forrajeras y en los arreglos comunitarios e institucionales requeridos, por lo que el desarrollo de un programa exitoso podría ser desarrollado a muy corto plazo.

Figura 4.5: Area de estudio en el contexto regional

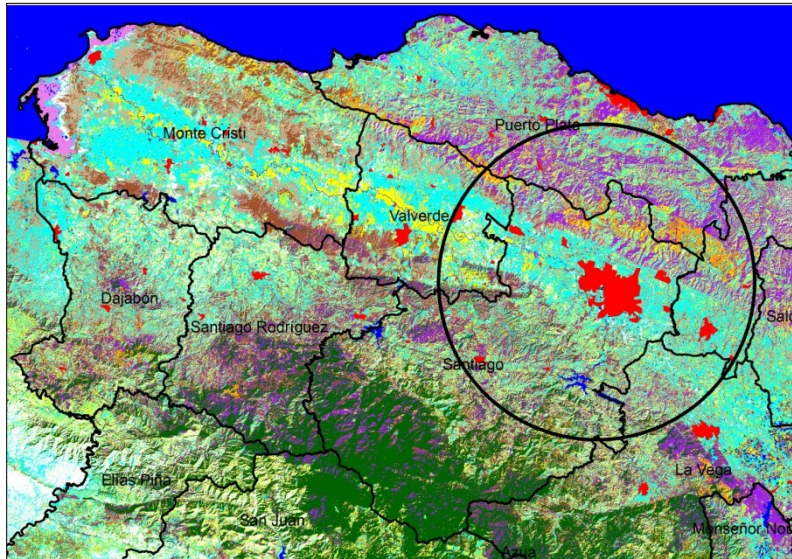
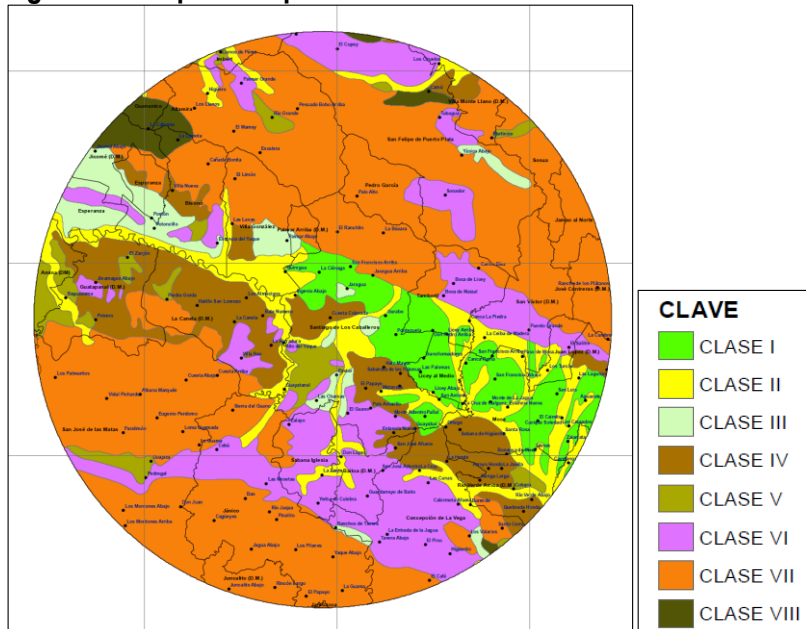


Figura 4.6: Capacidad productiva de los suelos en el área de estudio



FUENTE: Ovalles. 2012

Tabla 4.8.: Extensión por Tipos de Suelos en el área bajo estudio

CLAVE	HECTAREAS	%
CLASE I	19,906	7.0
CLASE II	27,969	9.9
CLASE III	11,420	4.0
CLASE IV	30,312	10.7
CLASE V	9,310	3.3
CLASE VI	46,682	16.4
CLASE VII	132,912	46.8
CLASE VIII	5,279	1.9
TOTAL	283,791	100.0

Figura 4.7: Biomasa Procedente del Cultivo del Café



Figura 4.8: Biomasa Procedente del Cultivo del Arroz



Ver máquina empacadora de paja de arroz: http://www.youtube.com/watch?v=6EatOKFAy_c

La cascarilla del arroz está compuesta fundamentalmente por fibras, celulosa, y minerales. Según ciertos autores esta tiene un alto contenido de sílice (SiO_2) lo cual requiere ser evaluado. La cascarilla representa el 20% del peso del arroz procesado. Tiene un bajo peso específico a granel (100 Kg/m^3), lo que ocasiona que el transporte represente un desafío económico y logístico.

Sin embargo, el mayor volumen de biomasa disponible a partir del cultivo del arroz, lo constituyen los tallos de la planta de arroz. Una vez cosechado el grano, queda en pie una alfombra densa de tallos de alrededor a los 30 cm de altura, que no tiene ningún uso comercial actual.

Figura 4.9: Obrero cargando tallos de arroz en Jicomé. Esperanza.



Tabla 4.9: Áreas irrigables cercanas a Santiago

Distrito de Riego	Junta de Regantes	Asociaciones de la Junta de Regantes	Total de Usuarios	Area Total (Ta)	Cultivos Principales
Alto Yaque	Ulises Fco. Espailat. Guayacanes. Cañeo. Los Coroneles	Santiago	6,293	392,336	Arroz. Tabaco. Guineo. Maíz. Plátano.
		Pontón-Peñuela			
		Bombeo			
		Navarrete			
		Villa González			
		Jicomé			
		Guayacanes			
		Hatillo Palma			
		José Cabrera			
		Esperanza			

FUENTE: INDRHI, 2012

La escasez gradual de agua para irrigación en la cuenca baja del río Yaque del Norte, se visualiza como una oportunidad de mediano y largo plazo para el fomento de cultivos con fines de generación de energía en zonas marginales de riego. Entre los cultivos de mayor potencial para estos fines se indica la Yerba King Grass, la Yerba Elefante, la Acacia mangiun, la Leucaena, los Eucaliptos, la caña de azúcar, el bambú y muchas otras especies que requieren ser mejor estudiadas.

4.3: Potencial de Producción de Biomasa Agroindustrial

En Santiago y su periferia existen cuatro tipos de agroindustrias importantes. La del tomate, tabaco, alimentos balanceados, aceites comestibles y productos lácteos. Este estudio determinó que en ninguna de ellas, excepto la industria tabacalera, genera desperdicios en volúmenes importantes para la posible industria de generación de energía.

4.4: Potencial de Producción de Biomasa de Desechos Urbanos

El Plan Estratégico de Santiago (PES, 2001) estimó con los datos de CEUR-PUCMM que la población de Santiago (580,745 habitantes) generaba 460 toneladas desechos sólidos diariamente. Estos datos fueron revisados por el PES 2009 con una población de 761,027 habitantes y una mejora en la

recolección, que aumentó el volumen diario a 790 t/día. Proyectando linealmente estos datos a la población actual (622,101 habitantes), entonces habría que estimar que el volumen diario de desechos debía aproximarse a las 950 toneladas diarias, según indica la Tabla siguiente:

Tabla 4.10: Producción de Desechos Sólidos (t/día) en la Ciudad de Santiago

Sectores	Ton/Día en 2001	Ton/Día en 2009	Ton/Día al 2020	%
Residencia	317	544	653	68.9%
Zonas Francas e Industrias	56	96	115	12.2%
Mercados	25	43	52	5.4%
Parques y Calles	25	43	52	5.4%
Comercial	19	33	39	4.1%
Institucional	18	31	37	3.9%
TOTAL	460	790	948	100.0%

FUENTE: Checo, H. con CEUR-PUCMM, 2001. PES, 2010 y ONE 2012

Si tomamos como referencia los datos obtenidos por el programa “Basura Cero”, entonces habría que suponer que de las 948 toneladas de desechos de Santiago, entre 256 y 474 toneladas diarias son de residuos orgánicos.

Tabla 4.11: Producción de Desechos Sólidos (m3/día) en 6 Municipios de La Sierra

Tipo/Municipio	Las Placetas	%	Sabana Iglesia	%	SAJOMA	%	Jánico	%	El Rubio	%	Monción	%	Total (m³/día)	%
Orgánico	1.6	33%	11.51	48%	19.04	42%	5.9	27%	4.01	36%	18	50%	60.06	42%
Plástico	1.5	31%	4.93	21%	12.69	28%	6.85	31%	3.28	30%	9	25%	38.25	27%
Cartón y papel	1	21%	3.29	14%	6.54	14%	1.44	7%	1.94	18%	6.75	19%	20.96	15%
Metal	0.1	2%	0.82	3%	2.54	6%	2.3	10%	0.32	3%	0.56	2%	6.64	5%
Otros	0.3	6%	0.49	2%	0.38	1%	2.43	11%	0.48	4%	0.56	2%	4.64	3%
Ropa	0.1	2%	0.49	2%	1.27	3%	1.14	5%	0.65	6%	0.56	2%	4.21	3%
Vidrio	0.08	2%	0.82	3%	1.27	3%	1	5%	0.16	1%	0.28	1%	3.61	3%
Pañales	0.1	2%	0.82	3%	1.27	3%	0.71	3%	0.06	1%	0.28	1%	3.24	2%
Tetra Pack	0	0%	0.82	3%	0.18	0%	0.28	1%	0.16	1%	0	0%	1.44	1%
Total	4.78	100%	23.99	100%	45.18	100%	22.05	100%	11.06	100%	35.99	100%	143.05	100%

FUENTE: Proyecto Basura Cero, SAJOMA 2011.

Figura 4.10: Biomasa Procedente de Desechos Urbanos



Fotos: Arelis Salcedo

Las imágenes muestran a técnicos y voluntarios del proyecto “Basura Cero” clasificando y evaluando los volúmenes de desechos sólidos producidos en el municipio de San José de las Matas.

Tabla 4.12: Biomasa Potencial (Escenario General 0-120 km)

Tipo de Biomasa	Unidad	Existencia Aparente	Biomasa Potencial	Unidad	kJ/kg ¹³	Distancia (Km)	Disponibilidad Actual
Aserrín y cachazos de madera ⁽¹⁾	PT/Día	60,150	9,635	m ³ /Año	15,842	10-60	Media
Residuos en finca de PMF ⁽²⁾	Ha	21,879	3,269	m ³ /Año	?	20-60	Media
Nervaduras y rechazos de Tabaco ⁽³⁾	Ta	56,574	1,313	∅Año	16,760	3-30	Media
Cascarilla seca de arroz ⁽⁴⁾	Ta	38,904	2,918	∅Año	14,483	20-60	Alta
Pulpa y Paja de café ⁽⁵⁾	Ta	371,821	6,172	∅Año	3,589	30-60	Media
Residuos de Plátano y Guineo ⁽⁶⁾	Ta	28,492	19,318	∅Año	564	20-60	Media
Madera de Plantaciones Forestales ⁽⁷⁾	Ha	10,532	1,573	∅Año	15,006	20-60	Baja
Tallos de arroz recién cortado ⁽⁸⁾	Ta	38,904	29,178	∅Año	3,575	10-100	Alta
Desechos orgánicos urbanos de Stgo ⁽⁹⁾	∅día	365	100,740	∅Año	6,300-10,000	0-15	Media
Madera del Bosque Seco Natural ⁽¹⁰⁾	Ha	12,061	19,298	m ³ /Año	17,836	20-90	Baja
Biomasa de Acacia mangium ⁽¹¹⁾	Ha	8,700	119,190	∅Año	16,636	60-120	Alta
Bagazo de caña de azúcar ⁽¹²⁾	Ha	6,792	35,318	∅Año	7,667	60-100	Media

Notas:

- (1): Un aserradero de diámetro menor genera 13% de aserrín y cachazos
(2): Asume un IMA de 1.66 m³/ha/año, 30% de extracción y de éste 30% para biomasa
(3): El rendimiento medio del tabaco es 1.19 qq/Ta. 38% del tabaco cosechado se desecha.
(4): Asume un rendimiento de 5 qq/Ta. El 30% del peso termina en cascarilla
(5): Asume un rendimiento de 40 Lb/Ta. El 83% del peso cosechado es biomasa
(6): Asume un rendimiento de 113 racimos/Ta de 60 Lb promedio. El 20% está siendo reincorporado hoy a las fincas
(7): Asume un IMA de 1.66 m³/ha/año, 30% de extracción y de éste 30% para biomasa
(8): En una tarea se colectan 15 quintales de tallos.
(9): Asume 23 días/mes durante todo el año
(10): Asume un IMA de 4 m³/ha/año del cual 40% sería triturado
(11): Zona Colinas Bajas (Bonao, Cotuí, SF Macorís). Produce 13.7 t/ha/año. Se permite tala rasa.
(12): Asume una productividad de 52 t/ha/año y 10% del peso como bagazo.
(13): Datos proporcionados por el Dr. Raúl Pérez. ONUDI

Las fuentes de biomasa de mayor potencial de suministro para el proyecto bajo estudio, son la madera triturada de Acacia mangium, las potenciales pacas de tallos de arroz que podrían producirse y la cascarilla del arroz. Estas consideraciones responden a la gran abundancia de estos residuos y al poco uso actual de los mismos. Los procedimientos requeridos para su adquisición, compresión, embalaje, transporte y almacenamiento son tareas pendientes para otra fase de estudio.

Como potencial medio, se indican los residuos de fincas forestales, los desechos de la industria del tabaco y el aserrín, el bagazo de caña y otros desperdicios propios de los aserraderos y sinfines circundantes. Su calificación de "Media" se debe a la inconsistencia de operaciones y a la dispersión de estos residuos en toda la región. No se descarta que mediante una buena gestión por parte del proyecto, se cambie esta condición.

Por último se indican como "fuentes de bajas posibilidades de adquisición" la madera del bosque seco natural, los residuos de las exportadoras de banano y la madera de plantaciones forestales de la zona montañosa cercana. En estos casos se identifican como limitantes sus otros usos potenciales y los precios de mercado.

De la biomasa potencial, la de mayor disponibilidad actual es la madera triturada de Acacia mangium (37% humedad), la cual puede adquirirse durante todo el año en el mercado regional. Los tallos del arroz (24% de humedad) sin embargo, no tienen un mercado actual, ni una producción continua en el año, lo que requerirá organizar su adquisición, así como la incorporación de tecnologías para su corte, empaque y almacenamiento. Por igual ocurre con la materia orgánica de los desechos municipales de Santiago, que requerirá organizar su clasificación para la producción comercial de pacas, antes de ser transportada al sitio de uso. Estas, al igual que los demás tipos de biomasa, requerirán además de la

obtención de algunos tipos de licencias y permisos municipales y ambientales, que aunque representan desafíos, tienen vías y procedimientos para su obtención.

Tabla 4.13: Biomasa de alto potencial de disponibilidad (Escenario cercano 0-30 km)

Tipo de Biomasa	Unidad	Existencia Aparente	Biomasa Potencial	Unidad	kJ/kg ¹³	Distancia (Km)	Disponibilidad Actual
Cascarilla seca de arroz ⁽⁴⁾	Ta	56,052	4,204	t/Año	14,483	20-30	Alto
Tallos de arroz recién cortado ⁽⁸⁾	Ta	56,052	42,039	t/Año	3,575	10-30	Alto
Desechos orgánicos urbanos de Stgo ⁽⁹⁾	t/día	365	100,740	6,300-10,000	t/Año	0-15	Media
Total		112,469	46,243	t/Año	18,059	18	Alto

Notas:

(4): Asume un rendimiento de 5 QQ/Ta. El 30% del peso termina en cascarilla

(8): En una tarea se colectan 15 quintales de tallos.

(9): Asume 23 días/mes durante todo el año

(13): Datos proporcionados por el Dr. Raúl Pérez. ONUDI.

En este escenario ha sido considerado sólo la cascarilla y los tallos del arroz plantado dentro del radio de 30 km y de los desechos orgánicos de la ciudad de Santiago, lo cual termina en distancias promedio de 18 km. Considerando los rendimientos y proporciones de biomasa indicados en las notas del pie de la tabla, se obtiene un valor potencial de 146,983 t/año con un PCI promedio de 8,736 kJ/kg. Esto naturalmente, es un ponderado que requiere ser mejor estudiado.

Tabla 4.14: Biomasa de alto potencial de disponibilidad (Escenario regional 0-120 km)

Tipo de Biomasa	Unidad	Existencia Aparente	Biomasa Potencial	Unidad	kJ/kg ¹³	Distancia (Km)	Disponibilidad Actual
Cascarilla seca de arroz ⁽⁴⁾	Ta	300,000	22,500	t/Año	14,483	10-100	Alto
Tallos de arroz recién cortado ⁽⁸⁾	Ta	300,000	225,000	t/Año	3,575	10-100	Alto
Desechos orgánicos urbanos de Stgo ⁽⁹⁾	t/día	365	100,740	t/Año	6,300-10,000	0-15	Medio
Biomasa de Acacia mangium ⁽¹¹⁾	Ha	8,700	119,190	t/Año	16,636	60-120	Alto
Total			467,430	t/Año	9,461	52	Alto

Notas:

(4): Asume un rendimiento de 5 QQ/Ta. El 30% del peso termina en cascarilla

(8): En una tarea se colectan 15 quintales de tallos.

(9): Asume 23 días/mes durante todo el año

(11): Zona Colinas Bajas (Bonaó, Cotuí, SF Macoris). Produce 13.7 t/ha/año. Se permite tala rasa.

(13): Datos proporcionados por el Dr. Raúl Pérez. ONUDI.

Este escenario considera la cascarilla y los tallos del arroz plantado en toda la Región Noroeste hasta distancias aproximadas a los 100 km de Santiago. Asume también los desechos orgánicos de la ciudad de Santiago y el incremento medio anual de las 8,700 hectáreas de Acacia mangium existentes entre Bonaó y Cotuí. En este escenario, la distancia media es de 52 km y genera un potencial de producción de biomasa aparente de 467,430 t/año con un promedio de 9,461 kJ/kg y al igual que el escenario anterior, requiere ser estudiado con mayor detenimiento.

4.5. Densidad de la Biomasa de Mayor Potencial Actual

Debido a la carencia de información disponible, el consultor realizó varias determinaciones de campo para conocer el peso específico de la madera triturada de Acacia y de los tallos y cascarilla del arroz. Valiéndose de una caja de dimensiones conocida y del peso de la biomasa en su estado natural, se obtuvieron los valores indicados en la Tabla 4.15 donde la Acacia reportó una densidad promedio de 0.40 gr/cm³, los tallos de arroz de 0.17 y la cascarilla de arroz 0.15 gr/cm³.

Tabla 4.15: Densidad de la Biomasa Local

Tipo de Biomasa	Densidad (gr/cm ³)	Humedad (%)	Peso (t/Cont ¹)
Biomasa fresca de Acacia	0.40	37.5	26.8
Tallos de arroz recién cortado	0.17	24	11.39
Cascarilla seca de arroz	0.15	15.3	10.05

¹/ Contenedor de 45ft y volumen de 67 m³ FUENTE: Checo, H. 2012



Al correlacionar estas densidades con el volumen interno de un contenedor de 45 pies (67 m³ útiles), se obtiene que en el mismo podrían ser transportados desde 10 hasta 27 toneladas de biomasa, lo cual coincide con los promedios diarios despachados por la empresa CRESER, en sus operaciones de aprovechamiento de Acacia en los alrededores de Bonaó, según muestran parte de las imágenes.

4.6. Mecanismos de Producción de Biomasa para el Proyecto

Como parte de la estrategia de desarrollo del proyecto, se plantea considerar seriamente el fomento de unidades propias de producción de biomasa en los alrededores de la Zona Franca Industrial de Santiago. Tres alternativas generales pueden considerarse para ser estudiadas en este aspecto:

A. El desarrollo de un programa social bajo los auspicios del Estado

Consiste en la producción de biomasa bajo los programas de Manejo de Suelos y Aguas y de Diversificación Agrícola en las zonas circundantes a Santiago. En este escenario habrían de involucrarse de forma directa los Ministerios de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de Agricultura, en la búsqueda de soluciones a la pobreza rural de las comunidades circundantes y al uso inadecuado que presentan los suelos de la cuenca media y baja del río Yaque del Norte y sus afluentes. Este escenario se desarrollaría bajo la perspectiva del desarrollo comunitario sostenible y pueden aplicarse modelos de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) o Canje de Deudas por Naturaleza.

B. La constitución de una empresa de generación privada de biomasa

Este escenario plantea la adquisición de tierras y el asocio de propietarios circundantes a Santiago para el fomento de proyectos de producción de biomasa. La entidad tendría que procurar mecanismos de financiamiento y establecer compromisos de compra-venta de biomasa con la empresa generadora de energía a desarrollarse. El período mínimo de proyección de este escenario sería de 15 años. Para la capitalización del proyecto podrían explorarse mecanismos de venta de acciones en tierras o capital.

C. El desarrollo de una empresa asociativa de inversionistas y productores forestales

En este escenario, se constituiría una alianza comercial en la que una parte aporta el capital requerido para la adquisición de maquinarias y tecnologías y la otra aporta biomasa. Es una fórmula muy prometedora que puede involucrar productores de la Cordillera Central y de la región Nordeste.

V. RIESGOS Y AMENAZAS EN EL SUMINISTRO DE BIOMASA EN LA PROVINCIA DE SANTIAGO

5.1 Riesgos Culturales

Uno de los riesgos de este proyecto, lo representa la falta de experiencia de los productores locales en la producción, manejo y comercialización de residuos con fines de producción de energía. En la zona cercana a Santiago no existe actualmente un verdadero mercado de biomasa, por lo que la actividad comercial más cercana a este estilo, lo constituye la recolección de la cascarilla de arroz y del aserrín, la cual se realiza de forma muy esporádica y artesanal.

El aumento de una demanda inesperada de los residuos que hoy son considerados como desechos (tallos de arroz, cascarilla, residuos urbanos, etc), puede traer como consecuencia una actuación interesada por parte de intermediarios, por lo que una gestión temprana que procure las buenas prácticas de negocios y de implementación tecnológica directa con sus propietarios, sería altamente recomendable.

5.2 Riesgos Ambientales

En este aspecto existen normativas y procedimientos que deberán observarse. La Ley 64-00 de Medio Ambiente y Recursos Naturales establece los procedimientos que deben seguirse en operaciones de aprovechamiento, transporte, combustión, emisiones de gases, ruidos, aguas residuales y otros aspectos. Para el caso del aprovechamiento y transporte de biomasa procedente de plantaciones forestales, desechos de arroz y residuos urbanos, se requerirán permisos simples que no necesitarán de mayores inversiones ni esfuerzos, contrario al establecimiento de la planta de generación que requerirá de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y otras licencias.

Durante la fase de operaciones, cosecha, transformación, transporte, almacenamiento, etc, habrá que garantizar principios universales de este tipo de proyectos, en lo que concierne a seguridad personal, respeto a la biodiversidad, apoyo comunitario, y otros aspectos que deben cuidarse a los fines de evitar el deterioro de la buena imagen de hoy goza la CZFIS y el proyecto mismo. Esto, porque en los últimos años se ha despertado un interés y vigilancia importantes por parte de grupos ambientalistas y de la prensa nacional en contra del uso de ciertos recursos naturales, que debe ser manejada con prudencia y buen tino, desde los inicios del proyecto.

5.3 Riesgos Económicos

Como en todo proyecto, existen riesgos y amenazas en los aspectos económicos, y para el caso de la adquisición y suministro de biomasa, no será distinto. En sentido general se puede afirmar que existe un interés creciente en todo el país por la generación de energías renovables. Los altos precios actuales de la energía y la amenaza constante de nuevos aumentos, es la causa fundamental de este interés, que sin dudas redundará a mediano plazo en los precios de la biomasa.

Para este caso no se vislumbran a corto plazo riesgos en el acceso y precios para biomasa procedente de tallos del arroz y desechos orgánicos urbanos, dada su abundancia, pero sí con respecto a madera triturada de *Acacia mangium*. En semanas recientes los productores de *Acacia* de la Región Nordeste manifestaron a través de la Cámara Forestal Dominicana (CFD), su interés por obtener mejores precios por la madera de sus plantaciones.

5.4 Riesgos Logísticos

En este aspecto se puede indicar que en la República Dominicana abundan las experiencias negativas en cuanto a la manipulación del transporte de carga por parte de sindicatos de transportistas

y huelgas y protestas frecuentes que ocurren en pueblos y ciudades y que paralizan temporalmente el tránsito. Esto representará también un desafío previsible para el suministro de biomasa al proyecto.

Se prevé como un desafío importante de logística, el aprovechamiento y empaque en pocas semanas de los tallos de arroz disponibles en una extensión de casi 30 km² distribuidos entre Santiago y Montecristi, lo que además requerirá de soluciones importantes para su compresión (fabricación de pellets o briquetas) y almacenamiento, ya que su disponibilidad ocurre sólo por cuatro meses al año. Iguales desafíos de logística se prevén para los casos de la recolección y empaque del material orgánico de los desechos urbanos.

VI. FACTIBILIDAD DE SUMINISTRO DE BIOMASA SEGÚN ESCENARIOS PONDERADOS**

Los escenarios iniciales fueron modificados como resultado del estudio de pre-factibilidad, resultando como finalistas los siguientes:

6.1 Escenario A: Planta de Combustión de 3 MW (Ciclo Rankine)

Este es el escenario que ofrece la menor demanda de biomasa. Operaría con 4.04 t/h, lo que representa 32,282 toneladas por año. Esto es equivalente a 3.7 contenedores de 26 toneladas de astillas de Acacia mangium por día, la cual puede ser actualmente suplida por el mercado regional. Otras opciones, como son las briquetas de tallos y de cascarilla de arroz son muy prometedoras, pero requieren ser mejor estudiadas. A más largo plazo, el proyecto deberá procurar fomentar fuentes propias de suministro mediante plantaciones de distintas especies a probar en las zonas cercanas a Santiago.

6.2 Escenario B: Planta de Combustión de 3 MW (CHP)

Este es un escenario muy similar al A, pero demanda 4.87 t/h, lo que representa 38,899 toneladas por año. En este caso la demanda equivalente en astillas de Acacia mangium aumenta a 4.5 contenedores por día. La producción de biomasa en los alrededores de Santiago es totalmente factible, pero se requerirá desarrollar un programa agropecuario y forestal especial para tales fines. Por igual existe una abundante masa forestal de Bosque Seco Subtropical, que puede, mediante normativas y políticas especiales, suplir enormes cantidades de biomasa de la mejor calidad posible al proyecto. Actualmente se están ponderando entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), iniciativas de este tipo.

6.3 Escenario C: Planta con Turbogenerador de 3 MW (CHP)

Este es un escenario que también cuenta con todas las condiciones para ser ponderado para el estudio de factibilidad. Es el escenario de mayor consumo de biomasa ya que requiere un suministro de 5.05 toneladas por hora, equivalentes a 4.7 contenedores diarios. Esta demanda, al igual que la de los escenarios anteriores es totalmente factible de adquirir o producir, mediante el diseño y aplicación de una estrategia agroforestal adecuada.

VII. CONCLUSIONES GENREALES

1. La evaluación llevada a cabo entre los meses de agosto a octubre 2012, indica que existen altos potenciales para el suministro de biomasa de origen agrícola, forestal, industrial y municipal para el proyecto analizado;
2. De todas las fuentes identificadas, sólo una cuenta actualmente con las estructuras técnicas y empresariales, capaz de suplir los volúmenes requeridos para cualquiera de los tres escenarios analizados para el proyecto;
3. La única biomasa con precio en el mercado es la de astillas de Acacia mangium, cuyo valor es de US\$47.70/tonelada. Las evaluaciones del consultor indican precios aproximados para otros tipos;
4. El poder calorífico de las astillas de Acacia mangium, es de 16,636 KJ/kg, mientras que para los tallos de arroz es de 3,575 y para el bosque seco de 17,836;
5. Los principales riesgos actuales para el suministro de biomasa están asociados a la especulación, al ambientalismo y a otros intereses grupales, los cuales pueden ser manejados por el proyecto;
6. La sostenibilidad del proyecto dependerá del suministro permanente de biomasa en las cantidades, calidades y precios requeridos, lo cual se puede alcanzar a mediano plazo, mediante el desarrollo de fuentes propias de producción en los alrededores de Santiago;
7. Este análisis concluye indicando que existen escenarios actuales y futuros favorables para el suministro de biomasa para el proyecto en cuestión.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo operaciones de “compra simulada” de biomasa de las fuentes de mayores potenciales identificadas, como forma de reconocer mejor las dificultades existentes para incorporar volúmenes importantes de las mismas al proyecto;
2. Realizar conjuntamente con el Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI) de Santo Domingo, los análisis correspondientes sobre el poder calorífico, densidad, humedad, ácidos agresivos y sílice de las astillas de Acacia mangium y de los tallos y cascarilla de arroz, así como de otras biomásas de alto potencial para el proyecto;
3. Iniciar conversaciones con los productores de Acacia mangium del Nordeste, por intermedio de la Cámara Forestal y del grupo “Colinas Bajas”, para buscar las alternativas tecnológicas y comerciales más convenientes para la producción de la biomasa requerida por el proyecto;
4. Desarrollar sistemas propios o asociados para la producción de madera y forrajes de rápido crecimiento ya sea mediante la conformación de cooperativas, el alquiler o adquisición de terrenos, la producción bajo hipoteca o la conformación de empresas subsidiarias de biomasa;.
5. Continuar con el estudio de factibilidad correspondiente, dadas las condiciones favorables detectadas en esta fase del proyecto.

IX.FUENTES CONSULTADAS

1. Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia. Jaider Sierra Aguilar. Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola. Sincelejo. 2009. <http://biblioteca.unisucre.edu.co:8080/dspace/bitstream/123456789/285/1/333.794S571.pdf>
2. Aproximación al potencial energético de la biomasa residual en Colombia http://www.minambiente.gov.co/documentos/Ambiente/memorias/memorias_seminario_bioenergia/030510_aprox_potencial_energetico_biomasa_040610.pdf
3. Potencial energético departamental de la biomasa residual. http://vie.uis.edu.co/ATLAS/ANEXO_E_ATLAS.pdf
4. Evaluación del potencial de biomasa residual en los ecosistemas forestales y los medios agrícolas en la provincia de Huesca. http://circe.cps.unizar.es/acvcoco/es/pdf/6doc_3.pdf
5. Potencial de Biomasa Forestal. GTZ. http://www.inapiprojecta.cl/609/articles-1661_recurso_1.pdf
6. Biomass 2020: Opportunities, challenges and solutions http://www.eurelectric.org/media/26720/resap_biomass_2020_8-11-11_prefinal-2011-113-0004-01-e.pdf
7. Area cultivada, rendimientos y producción de arroz en América: http://www.elportalagricola.com/index.php?option=com_content&view=article&id=550&catid=99&Itemid=94
8. Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles: Módulo V. La Caña de Azúcar. Servicio Holandés de Cooperación de Desarrollo (SNV). 2008. http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/modulo_v-cana_de_azucar.pdf
9. Estudio de mercado de cafés especiales. <http://nuestrafrontera.org/wordpress/wp-content/uploads/2010/06/Estudio-de-Mercado-Sector-Cafetero-Pedernales-Coop.-Las-3-hermanas-Versi%C3%B3n-Final.pdf>
10. Importancia del Tabaco en la Economía de Santiago. <http://www.santiago-live.com/santiago/noticias/ano-2011/diciembre-2011/tabaco-aporta-84210-empleos-y-3000-millones-pesos-santiago.html>
11. Perfil económico del banano (Guineo) en República Dominicana <http://www.dominicanaexporta.gov.do/Modulos/BibliotecaVirtual/Files/Estudio%20de%20banano.pdf>
12. Plan Estratégico de Santiago. PES. 2002-2010. 324pp <http://pesantiago.org/el-pes/sobre-el-pes>
13. El cultivo del arroz y el banano en la región Noroeste. <http://www.listin.com.do/la-republica/2011/7/1/194295/El-Noroeste-mas-alla-de-la-sequia>
14. Plan Estratégico de Santiago. PES. 2010-2020. <http://pesantiago.org/el-pes/sobre-el-pes>
15. Valerio, M. Desarrollo Forestal Regional. Ponencia al Bosque Modelo Colinas Bajas. SFM. Octubre, 2012.

16. Video. Máquina empacadora de paja de arroz. Youtube:
http://www.youtube.com/watch?v=6EatOKFAy_c
17. Video. Vermeer BC160XL. Trituradora Ligera de Biomasa. Youtube.
<http://www.youtube.com/watch?v=ALw4AXdyEnI>
18. Fundación de Desarrollo Agropecuario (FDA). Guía Técnica No. 1. Serie Recursos Naturales. "Producción de Acacia, Eucalipto y Teca" José Mercedes y Martín Hernández, Los Arbolitos S.A.. Noviembre 1996.
19. MORROBEL D, J. C., and CATIE, Turrialba (Costa Rica). "Comportamiento de Acacia mangium Willd en diferentes sistemas de plantación manejadas por pequeños agricultores en Zambrama, Cotui, República Dominicana." (1989).

X.ANEXOS**Anexo 1: Conversiones y supuestos utilizados en el Informe**

Datos Base			
Raleo 1ra entresaca plantaciones	40	%	CFD
Raleo 2da entresaca plantaciones	30	%	CFD
Densidad de la plantación en corta final	30	%	CFD
Aserrín producido en aserraderos menores	13	%	CFD
Desperdicios de tabaco en la industria	38%	%	PROPIO
Porcentaje de pulpa y cáscara del peso del grano del café	83	%	PROPIO
Porcentaje del racimo es reciclado como materia orgánica	20	%	PROPIO
Porcentaje del peso de la caña es bagazo	10	%	SNV
Turno de primera cosecha para <i>A. mangium</i>	9	años	CFD
Turno de cosecha para <i>P. caribaea</i>	15	años	CFD
Turno de cosecha para <i>P. occidentalis</i>	20	años	CFD
Densidad inicial de plantaciones	1,600	arb/ha	CFD
Una Tonelada métrica equivale a	1,000,000	g	Wikipedia
Una libra (lb) equivale a	0.4536	Kg	Wikipedia
Una quintal (QQ) equivale a	100	lb	Wikipedia
Peso promedio de un racimo de guineo	60	Lb/racimo	SEA
Rendimiento medio del cultivo del café en el Cibao	40	Lb/Ta/año	CODOCAFE
Incremento medio en latifoliadas	13	m ³ /ha/año	CFD
Incremento medio de coníferas	6.85	m ³ /ha/año	CFD
Rendimiento medio del cultivo del tabaco en Santiago	1.19	QQ/Ta/Año	ONE, 2011
Rendimiento del cultivo del arroz en el Cibao	5	QQ/Ta/Año	ONE, 2011
Quintales de tallos de arroz por tarea	15	QQ/Ta/Año	PROPIO
Número de racimos de guineo por tarea/año	113	Racimos	SEA
Incremento medio en <i>Acacia mangium</i>	13.70	Ton/ha/año	CFD
Cascarilla de arroz por hectárea	0.075	Ton/ha/año	PROPIO
Rendimiento de la caña de azúcar Rep. Dominicana	52	Ton/ha/año	SNV
Precio promedio de biomasa forestal (20% humedad)	52	US\$	CFD
Compensación en Ecuador por áreas preservadas	35	US\$/ha/Año	GIZ
Compensación en Costa Rica por áreas preservadas	50	US\$/ha/Año	GIZ

Anexo 2: Cultivo de la Acacia mangium en la República Dominicana

Acacia mangium Willd, conocida comúnmente como mangium, es una especie maderable de rápido crecimiento originaria de Australia. Su madera puede ser utilizada para ebanistería, carpintería contrachapado y construcciones ligeras. También es usada para la elaboración de pulpa para papel y como leña y carbón. Recientemente fue introducida a República Dominicana, donde está siendo plantada por pequeños agricultores. Este estudio se realizó con la finalidad de evaluar el crecimiento y rendimiento de esta especie en las condiciones de plantación que utilizan los agricultores participantes en el Proyecto de Desarrollo Integral de Zambrana, Couti, República Dominicana, que está siendo ejecutado por ENDA-CARIBE. Se encontró un incremento medio anual (IMA) en diámetro cuadrático medio de 4,1, 4,8 y 4,3 cm en plantaciones en bloques, líneas y árboles aislados respectivamente. En altura el IMA fue de 3,5, 3,8 y 3,7 m, para árboles plantados en bloques, líneas y aislados respectivamente. En rodales promedio a la edad de 4 años, la especie puede producir 25 m³/ha/año en volumen total con corteza. En términos de leña, la producción puede superar las 13 tm/ha/año. Se desarrollaron modelos matemáticos para estimar el crecimiento en diámetro y altura en función de edad e índice de sitio, y para estimar la producción por árbol en función de dap y altura en ambos casos los modelos seleccionados tienen coeficiente de determinación (R² coeficiente 2) superior al 85 por ciento.

MORROBEL D, J. C., and CATIE, Turrialba (Costa Rica). "Comportamiento de Acacia mangium Willd en diferentes sistemas de plantación manejadas por pequeños agricultores en Zambrana, Cotui, República Dominicana." (1989).

9. DESCRIPCIÓN y MANEJO DE LA ACACIA

- NOMBRE COMUN: Roble Australiano
- NOMBRE CIENTIFICO: *Acacia mangium*

9.1. Distribución geográfica

El género **Acacia**, perteneciente a la familia Leguminosaeae Mimosaseae, es muy amplio habiéndose identificado hasta 800 especies australianas. *Acacia mangium* es una especie indígena de la parte nordeste de Australia, Papua Nueva Guinea y al este de Indonesia, incluyendo las islas Molucas, entre las latitudes 0° 50' S en Indonesia; hasta 19° 0' S en Australia.

En los últimos 10 años se le ha plantado en muchos países del mundo tropical, como Sri Lanka, China Popular, Tailandia, Malasia, Nepal y Filipinas, entre otros. En Sabah, Malasia, en el último decenio, se ha convertido en una de las principales especies de un programa de reforestación de 200,000 ha para recuperación de áreas degradadas y producción de madera para aserrio.

En América Central, la especie fue introducida en Costa Rica por el CATIE, en 1979. Cinco años más tarde fue plantada en Panamá, Honduras y República Dominicana.

9.2. Requerimientos edafoclimáticos

Las especies forestales, al igual que todos los organismos vivos de la naturaleza, poseen unos determinados requerimientos ambientales mínimos para el desarrollo de su vida. En general, esos requerimientos son:

- a) **Temperatura:** en la República Dominicana es un elemento de relativa poca importancia para el cultivo de especies forestales tropicales. Con este factor se debe ser muy cuidadoso cuando existen posibilidades de que ocurran bajas bruscas (cerca de bajo cero); de la misma forma ocurren en las partes altas de las montañas (más de 900 msnm), o donde existen serias limitantes con el agua o la capacidad de



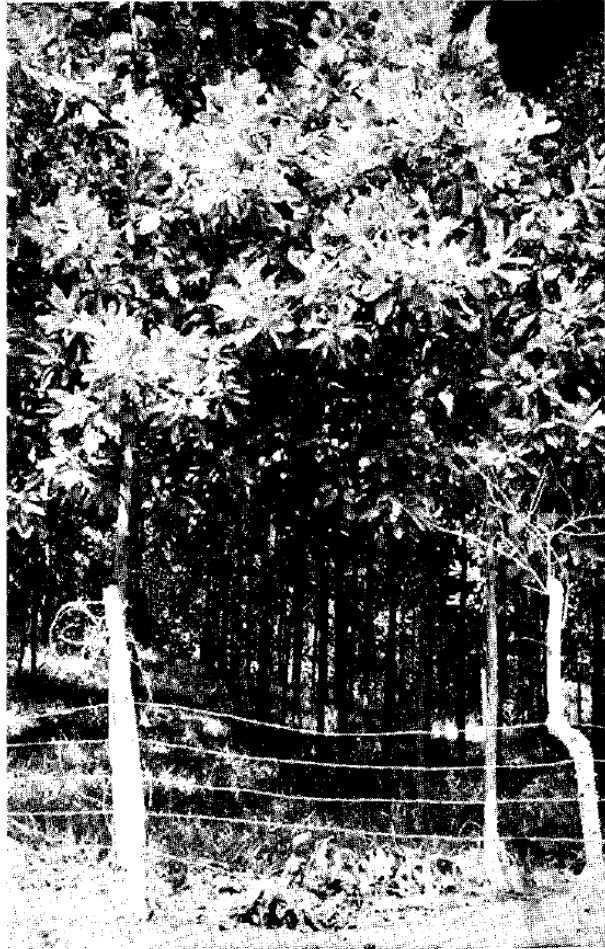
Vista panorámica de una plantación de *Acacia mangium*.

retención del suelo. El rango normal de esta especie va desde 22°C a 30°C promedio al año.

La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NAS) reporta que en el lugar de origen de **Mangium**, en la época más cálida del año, la temperatura llega hasta 34 °C, y en la época más fría a 12 °C. Si bien la especie soporta escarcha en forma ocasional, normalmente no se le encuentra en esa condición.

- b) **Precipitación:** las áreas donde se han obtenido los mejores resultados con plantaciones de esta especie, presentan una precipitación de 1,500 a 3,100 mm por año; es una especie de zonas húmedas y muy húmedas. Aunque se ha reportado que soporta períodos secos prolongados (siete meses) disminuyendo su potencial de crecimiento. En el país se ha registrado cierta debilidad al ataque de plagas en períodos de sequía.
- c) **Altitud:** es frecuente encontrarla desde el nivel del mar hasta los 720 msnm, aunque en Panamá y Costa Rica se ha plantado hasta los 1100 msnm. La experiencia local viene probando a altitudes de hasta 1,300msnm en el proyecto Haciendas de la Montaña.
- d) **Suelos:** de éstos, tres elementos son fundamentales: su profundidad, su pH y su capacidad de drenaje. Lo ideal es que el suelo siempre sea profundo, porque de lo contrario afecta la capacidad de drenaje superficial y retención de agua subterráneas; además de facilitar el desarrollo radicular.

La **Acacia mangium** crece bien en suelos erosionados con pendiente fuerte, donde el rango de pH va de 3.5 a 6. Pruebas realizadas demuestran que no soporta suelos muy salinos, pues los folíolos filodios (hojas) lentamente se tornan cloróticos y el árbol muere finalmente. Ha mostrado que se adapta y crece en forma promisoriosa en distintas áreas, aun en condiciones difíciles de suelo, ya sea porque son infértiles o porque presentan cambios de estructura provocados por el pisoteo del ganado.



Plantación de **Acacia mangium** de dos años de edad

En América Central ha crecido en forma satisfactoria en suelos de los órdenes Ultisol, Alfisol, Inceptisol y Andosol; con pH de hasta 4,5, contenido bajo de nutrientes, poca profundidad efectiva y textura arcillosa (algunos Vertisoles). Además, ha demostrado buen crecimiento en suelos compactados por la ganadería.

9.3. Establecimiento de la plantación

Las plántulas se pueden llevar al campo cuando alcanzan los 25-30 cm de altura, lo cual ocurre a los 2 ó 3 meses después de su germinación. La preparación del sitio no requiere de cuidados especiales, basta con una limpieza inicial a ras del suelo. La especie es susceptible a la competencia de malezas; por lo que durante los primeros meses

hay que chapear con relativa frecuencia (dos a tres veces en el primer año). Quizás una aplicación de herbicida sistémico, previa a la plantación, resulte rentable puesto que controlaría malezas durante los primeros tres a seis meses, sobre todo las gramíneas más agresivas. Después de establecidas las plantas no se recomienda usar herbicidas, porque la especie es muy susceptible a sus efectos.

En los terrenos relativamente llanos se recomienda el corte, arado y rastreado para producir una reducción en las malezas y un campo apropiado para el desarrollo radicular. En terrenos accidentados, de pendientes hasta 20%, se puede arar siguiendo la línea de contorno en que se establecerá la línea de plantación. Es importante dejar franjas de protección entre las líneas de plantación. En terrenos de pendiente superior al 40% debe hacerse la práctica de labranza mínima donde sólo se chapea la línea de plantación a contorno de manera manual o con chapeadoras. Otra práctica recomendada es solamente limpiar el área (coronas) en que se plantará cada árbol.

9.4. Espaciamiento

Para fines de obtención de productos forestales, como varas, postes y madera de aserrío, se recomienda plantar el **Roble Australiano (mangium)** desde 70 hasta 157 árboles por ha. Este valor dependerá de los fines de la plantación y las condiciones edafoclimáticas del sitio. Estas densidades equivalen a distancias de plantación de 3.0 x 3.0 m y de 2.0 x 2.0 m. Actualmente, las instituciones Enda Caribe y Floresta Inc. que tienen la mayor experiencia en el país, recomiendan utilizar marcos por encima de 2.5 x 2.5 m.

9.5. Fertilización

La experiencia internacional indica que en la mayoría de los sitios los árboles han mostrado poca respuesta a la fertilización, y que normalmente no se fertilizan las plantaciones de **mangium**; sin embargo, se aplican dosis de fosfatos en el fondo del hoyo al momento de la plantación. Se indica también que en suelos muy pobres, la fertilización es necesaria.

En la República Dominicana se han utilizado 2 onzas de superfosfato triple al momento de la plantación; sin embargo, no se han hecho todavía análisis de suelos ni ensayos experimentales al respecto. En ensayos de otros países sobre fertilización se indica que la especie responde positivamente a la fertilización, y sobre todo, a la adición de fósforo, por lo que se sugiere emplear fórmulas altas en fósforo, como superfostato triple o fórmulas completas como 12-24-12 ó 10-30-40 de Nitrógeno, fósforo y potasio.

Se recomienda aplicar el fósforo en el suelo al momento de la plantación y hacer una o dos aplicaciones de fórmulas completas, incluyendo microelementos, después de los 3 meses junto a la eliminación de malezas.



Plantación de Acacia mangium

9.6. Poda

Cuando el objetivo de la plantación es producir madera para aserrijo y la especie forestal no presenta autopoda, o bien ésta es demasiado pobre, como es el caso de la Mangium, es necesario programar operaciones de poda.

La tendencia de la especie a ramificar y formar ejes múltiples es más frecuente en sitios pobres; aunque no se sabe exactamente por qué aparentemente tiene relación con la fertilidad del sitio. La experiencia recomienda realizar una primera poda entre los 18 y 24 meses de edad. En ese momento, se deberá poner especial atención en la preparación del fuste, para la producción de trozas de alta calidad; debe eliminarse cualquier eje o fuste adicional y posteriormente eliminar las ramas en el primer tercio de la altura total del árbol. Sin embargo, cuando la planta presente ramas muy fuertes antes de este tiempo, éstas deben ser cortadas.

En plantaciones establecidas en el país, se han utilizado dos situaciones de poda: una en la que prácticamente no se ha requerido podar y otra en la que ha sido necesario realizarlas desde el primer año hasta el tercero.

En la República Dominicana, investigaciones realizadas indican valores de 1.07, 1.05 y 1.08 ejes/árbol, en condiciones de plantación densa, en hileras y árboles aislados respectivamente, lo que muestra el efecto del espacio de crecimiento sobre el número de ejes. En Centroamérica, el promedio ha sido de 1.1 eje por árbol, y en Costa Rica de 2 ejes por árbol, lo cual ratifica la necesidad de podas y selección de ejes en especial para terrenos pobres y cuando el objetivo final es madera para aserrijo.

9.7. Crecimiento y tasas de rendimiento

Para sitios óptimos se han reportado incrementos medios anuales (IMA) de hasta 4.1m/año en altura y de 4.9 cm/año de DAP. Asimismo, rendimientos hasta de 44 m³/ha/año en plantaciones de cuatro años de edad.

La NAS indica que en sitios buenos mangium crece rápidamente. Por ejemplo, en Sabah algunos especímenes alcanzaron los 23 m de altura en 9 años. Es común un promedio de 2 a 3 cm de diámetro/año y plantaciones con pocos cuidados han producido un incremento de 4.5 m³ de madera/ha en nueve años, lo cual representa una producción de 46 m³/ha.

En sitios pobres, sigue diciendo la NAS, como por ejemplo suelos superficiales, pobres en nutrientes, disgregados, compactados o inundados, la producción es menor pero sobrepasa los 20 m³/ha. En ensayos de 13 años se han registrado alturas medias de 25 m y diámetros promedios de 27 cm. El árbol más desarrollado alcanzó 25 m de altura y 51 cm de diámetro.

En la República Dominicana, donde hay plantaciones, se han registrado crecimientos que se presentan en el cuadro 3, levantado de plantaciones jóvenes de Zambrana, Cotuí.

9.8. Raleos

Las acacias, cuando están en las plantaciones, responden vigorosamente a los espacios abiertos, reportando un gran crecimiento en diámetro. Así, por ejemplo, se ha reportado el caso de un incremento anual en diámetro de 3.0 cm en una plantación de 3.8 años; luego de remover el 50% del área basal en comparación con rodales no aclarados, el incremento fue del doble. Se dejaron

Cuadro 3. Incremento medio anual (IMA) en altura (h), dap y área basal (G) para A. mangium por rango de densidades, de 9 a 45 meses de edad en Zambrana, República Dominicana.

Intervalo de Densidad (Arb/Ha)	Punto Medio (Arb/Ha)	IMA - h (m)	IMA - dap (cm)	IMA - G (M ² /Ha)
300 - 700	500	3.7	3.54	1.5
700 -1000	850	3.16	3.47	2.87
1,000 - 1400	1,200	3.75	3.6	4.19
+ 1400	1,400	3.17	3.38	4.39

Fuente: Morrobel, Julio; Comportamiento de A. mangium en diferentes sistemas de plantación en Zambrana, Cotuí. 1984.

Cuadro 4. Programa de podas y raleos desarrollado en Sabah (1).

	Años	Altura (m) (3)	Arboles quedan	Edad Años	Altura (m) (3)	Arboles quedan
Raleo de Saneamiento	2	9	450	1.5	5	-500
Poda (2)	-	-	-	2.5	8	250
Poda Alta (4)	2	9	450	3.2	11	250
Raleo (5)	3	13	-250	3.2	11	250
Raleo (6)	6	22	-150	-	-	-
Raleo (6)	10	27	-100	-	-	-
Cosecha Final	15	28	-	20	23	-

Fuente: Mead y Miller, (1991).

1. Adaptado de Mead y Speechl. (1989) por Mead y Miller. (1991)
2. Calendario típico en Bongkila. (Sabah).
3. Altura media de los árboles.
4. Mead y Speech (1989) poda zita, cuando el dap es de 6 cm.
5. Raleo comercial si existe mercado.
6. Raleo de producción.

300 árboles/ha para la cosecha final. El cuadro 4 muestra los resultados del programa de podas y raleos desarrollado en Sabah.

9.9. Aprovechamiento final

La literatura consultada indica que para producir madera de aserrio, los turnos varían entre 12 y 15 años para los sitios mejores, y hasta 20 años en condiciones menos propicias. En varias regiones como Papua Nueva Guinea, Sabah en Malasia, China y Costa de Marfil, en Africa, entre otras, la especie ha sido plantada en grandes extensiones. A pesar de ello, aún no se cuenta con programas de manejo que puedan servir de base para las plantaciones en América Central.

9.10. Manejo de rebrotes

A pesar de que la *Acacia mangium* tiene capacidad de rebrotar, los brotes presentan menos vigor que la planta original, posiblemente por tratarse de una especie pionera. La literatura consultada no incluye datos sobre el poder ni vigor de los rebrotes; tampoco detalles sobre edad y metodología de manejo para los mismos. Se ha observado que rebrota más cuando se cuenta con exposición a pleno sol.

9.11. Plagas y enfermedades

En América Central, *Mangium* no ha presentado problemas serios de plagas ni enfermedades hasta ahora. El cuadro 5 resume algunos de los problemas con plagas y enfermedades que se reportan en el área.

En Sabah, Malasia, se reporta la "Enfermedad rosada". Es una mancha rosada que aparece sobre el fuste, causada por *Corticium salmonicolor*, ocasionalmente causa la muerte de la copa; se ha presentado en pocos árboles.

Se reportan también problemas menores con perforadores del tronco, como los provocados por la familia de los *Platypodidae* y *Scolytidae*, que afectan sobre todo la calidad de la madera en troza, ya que el árbol vivo se afecta poco. En la República Dominicana se han tenido dificultades con Coleópteros de los géneros *Scolytidae* y *Cerambycidae* en varias fincas con edades entre 2.5 a 5 años. Los ataques se atribuyen a debilidades de la especie por sequía y altas densidades de las plantaciones; se ha recomendado un marco de 3 x 3 m.

Las termitas del suelo (*Coptotermes* sp.) y las hormigas carpinteras (*Camponatus* sp.) forman galerías hasta el duramen de árboles jóvenes; la hormiga podría ser un problema considerable, pues en un área de Sabah, se reportó un ataque en el 32% de los árboles.

En Costa Rica, en 1984, se detectaron problemas con *Puccinia* spp. (Roya) y *Botriodiplodia*; juntos causaron la muerte de parte del follaje y se observaron puntos necróticos (Picnidios) en las hojas. El problema sólo se presentó en pocos árboles. Además, ataques de *Fusarium oxisporum*, *Phyllosticta* spp. y *Cylindroccladiun* spp., fueron controlados con Vitavax 3001/ (Carboxin + captan) (Jiménez y Picado, 1987). En el vivero se han presentado problemas con *Oidium* spp.

Cuadro 5. Plagas y enfermedades reportadas en *A. Manglum*

INSECTOS	Tipo de daño	Etapa	Tipo de Ataque
<i>Atta</i> , spp (<i>Zompopos</i>)	Defoliación	V,J,M	C
<i>Phillophaga</i> sp (<i>Joboto</i>)	Destrucción de raíces	J,V	C
<i>Trigona fscipennis</i> (<i>Atarrá</i>)	Defoliación	J,M	E
<i>Trigona silvestiana</i> (<i>Atarrá</i>)	Daños corteza	M	E
<i>Plaiypas</i> , sp	Barrenamiento de Xilema	M	E
Abejón barrenillo	Barrenamiento de Xilema	M	E
Vaquita	Defoliación	J,M	R
ANIMALES VERTEBRADOS	Tipo de daño	Etapa	Ataque
<i>Dasyprocta punctata</i> (<i>Guatusa</i>)	Daños corteza	M	R
<i>Dasytus novemcinctus</i> (<i>Armadillo</i>)	Extracción de plántulas	V,J	R
<i>Sigmodon hispidus</i> (<i>Rata de caña</i>)	Daños corteza	M	R
PATOGENOS	Tipo de daño	Etapa	Ataque
<i>Botriodiplodia</i> sp	Follaje	M	R
<i>Cladosporium</i> sp	Follaje	M	R
<i>Erwinia</i> sp	Ramas	M	R
<i>Fusarium</i> sp	Ramas	M	R
<i>Pestalotia</i> sp	Follaje	M	R
<i>Fuccinia</i> sp	Follaje	M	R
<i>Rhizoctonia</i> sp	Raiz	V	E
PLANTAS PARASITAS	Tipo de daño	Etapa	Ataque
<i>Struthanthus leptostachyus</i> (<i>Matapalo</i>)	Follaje	M	R

Fuente: CATIE (1991).

- V: Plántulas o pseudoestacas en vivero.
 J: Árboles jóvenes menores de tres años.
 M: Árboles mayores de tres años.
 C: Ataque crónico.
 E: Esporádico.
 R: Registrado por lo menos una vez.

9.12. Maderas y usos

La madera de Roble Australiano es vetada de color oscuro de fácil secado y buen acabado. Su peso específico es de 0.5g/cm³ (similar al del cedro

criollo, ***Cedrela odorata***) y es apta para trabajos de carpintería y construcción en general, construcción de muebles, tableros de partículas y playwood. Tiene un valor calórico de 20,000 kj/kg.

Fundación de Desarrollo Agropecuario (FDA). Guía Técnica No. 1. Serie Recursos Naturales."Producción de Acacia, Eucalipto y Teca" José Mercedes y Martín Hernández, Los Arbolitos S.A.. Noviembre 1996.