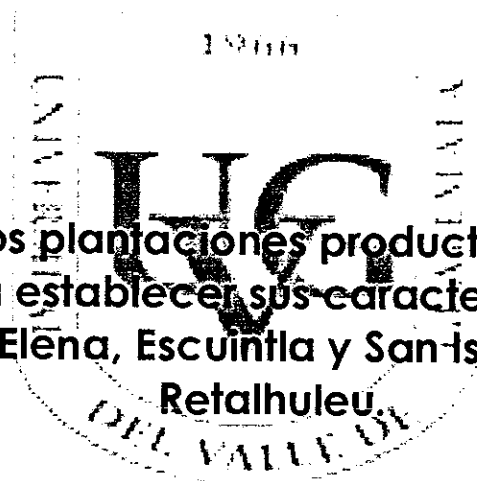


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Evaluación de dos plantaciones productoras de hule (*Hevea brasiliensis*), para establecer sus características forestales en las fincas Santa Elena, Escuintla y San Isidro Piedra Parada, Retalhuleu.

Excelencia que trasciende

por

Rafael Roberto Sandoval Girón

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Guatemala de la Asunción
2005



Evaluación de dos plantaciones productoras de hule (*Hevea brasiliensis*),
para establecer sus características forestales en las fincas Santa Elena,
Escuintla y San Isidro Piedra Parada, Retalhuleu.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Evaluación de dos plantaciones productoras de hule (*Hevea brasiliensis*),
para establecer sus características forestales en las fincas Santa Elena,
Escuintla y San Isidro Piedra Parada, Retalhuleu.

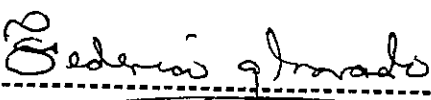
**Trabajo profesional de graduación presentado para
optar al grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Forestal**

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Guatemala

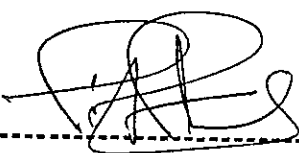
2005

Vo. Bo.

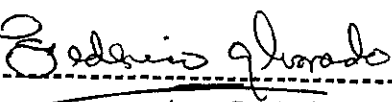
(f) 

Ing. Federico Alvarado

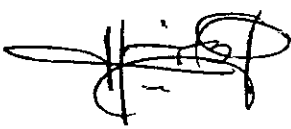
Tribunal.

(f) 

Ing. César Castañeda

(f) 

Ing. Federico Alvarado

(f) 

Ing. Julio López Payés

Fecha de aprobación: Guatemala, 3 de mayo de 2005

Contenido

	Página
RESUMEN	v
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE GRÁFICAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii

Capítulos

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MARCO TEÓRICO	3
III.	ANTECEDENTES	24
IV.	OBJETIVOS	27
V.	METODOLOGÍA	28
VI.	RESULTADOS	33
VII.	PROPUESTA DE MANEJO DE LAS PLANTACIONES	47
VIII.	DISCUSION DE RESULTADOS	53
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
X.	BILBIOGRAFIA	58
XI.	ANEXOS	60

Resumen

Este trabajo constituye la evaluación forestal de dos plantaciones huleras para satisfacer sus características forestales. La primera plantación pertenece a la finca Santa Elena, propiedad de Corporación Pantaleón, ubicada en el municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla, a 89 kilómetros de la ciudad capital, con una superficie total de 143 has. La segunda plantación pertenece a la finca San Isidro Piedra Parada, propiedad de Pablo Antonio Castillo, ubicada en el municipio del Asintal, departamento de Retalhuleu a 200 kilómetros de la ciudad capital, con una superficie de 90 has.

El primer paso para la evaluación forestal fue una discusión con los propietarios de las dos fincas para ver qué clones evaluar. Los clones que se trabajaron al final fueron: RRIM600 (Rubber Research Institute of Malaya), GU198 (Guatemala) y PB260 (Prang Besar).

Luego, se levantó para cada clon una parcela cuadrada con un área de 3600 m², y se hicieron mediciones de: diámetro a la altura de pecho DAP, altura para cada uno de los árboles, forma de los fustes según los códigos de forma propuestos por el programa MIRA, así como también el grosor de la corteza para tener un aproximado del volumen de corteza que se puede extraer a la hora de descortezar los árboles.

Luego de los resultados de la evaluación se pudo determinar que la finca Santa Elena cuenta con más de 390 árboles por ha de hule, que representan aproximadamente 171 m³/ha con un diámetro maderable entre 21 y 55 centímetros y un área basal promedio de 2.56 m²/ha. Sin embargo, para la finca San Isidro Piedra Parada se determinó que la finca cuenta con más de 503 árboles por ha de hule, que representan aproximadamente 264 m³/ha con un diámetro maderable entre 21 y 40 centímetros y un área basal promedio de 0.79 m²/ha.

A partir de lo anterior se elaboró una propuesta técnica que sugiere una tala raza en plantaciones huleras con edades entre los 25 a 30 años debido a que en ese intervalo de edad los árboles dejan de producir látex y entonces se puede extraer un volumen aproximado de 223 m³/ha dato que representa el 80% del total de árboles, para la utilización de muebles y productos construidos a base de madera como tablex y tablas, y un 20% del total de árboles para la utilización de molduras de ventanas y complementos de muebles, con un aproximado de 14, 366,145 árboles sembrados en 44, 630 hectáreas.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Clasificación botánica del hule (<i>Hevea brasiliensis</i>)	3
Cuadro 2	Densidad y gravedad específica de la madera del hule	14
Cuadro 3	Las propiedades de inclinación de la madera del hule	15
Cuadro 4	Tensión de la compresión paralela y perpendicular del grano de la madera del hule	15
Cuadro 5	Propiedades comparativas de la fuerza clones PB260 y RRIM600	16
Cuadro 6	Frecuencia de apareamiento de nudos en madera aserrada de hule	18
Cuadro 7	Tablas de Látex con excesiva combadura	19
Cuadro 8	% de tablas con marcas de látex	19
Cuadro 9	Características de la fibra de la madera del hule	20
Cuadro 10	Clones comerciales del hule en la Costa Sur de Guatemala	22
Cuadro 11	Clones comerciales del hule en la Costa Norte de Guatemala	22
Cuadro 12	Información general de la finca Santa Elena donde se localizaron las parcelas de los clones GU198 y RRIM600	29
Cuadro 13	Información general de la finca San Isidro Piedra Parada donde se localizaron las parcelas de los clones GU198 y PB260	30
Cuadro 14	Número de árboles, altura, área basal y volumen parcela 1.	33
Cuadro 15	Volumen de cada árbol con corteza y el volumen de esa corteza en la parcela 1.	35
Cuadro 16	Densidad y volumen por hectárea del clon RRIM600	36
Cuadro 17	Número de árboles, altura, área basal y volumen parcela 2.	36
Cuadro 18	Volumen de cada árbol con corteza y el volumen de esa corteza en la parcela 2.	38
Cuadro 19	Densidad y volumen por hectárea del clon GU198	39
Cuadro 20	Número de árboles, altura, área basal y volumen parcela 3.	39
Cuadro 21	Volumen de cada árbol con corteza y el volumen de esa corteza en la parcela 3.	41
Cuadro 22	Densidad y volumen por hectárea del clon GU198	42
Cuadro 23	Número de árboles, altura, área basal y volumen parcela 4.	42
Cuadro 24	Volumen de cada árbol con corteza y el volumen de esa corteza en la parcela 4.	44
Cuadro 25	Densidad y volumen por hectárea del clon PB260	45
Cuadro 26	Número de árboles a cortar	47
Cuadro 27	Volúmenes a aprovechar por hectárea según clase diamétrica	49
Cuadro 28	Volúmenes a aprovechar por(ha de los clones RRIM600 y GU198	51
Cuadro 29	Ingresos Adicionales al cultivo de hule (<i>Hevea brasiliensis</i>)	52

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Distribución de frecuencias por clase diamétrica en el clon RRIM600	33
Gráfica 2	Relación DAP / altura en el clon RRIM600	34
Gráfica 3	Relación DAP / volumen en el clon RRIM600	34
Gráfica 4	% de los códigos de forma y defectos del fuste para el clon RRIM600	35
Gráfica 5	Distribución de frecuencias por clase diamétrica en el clon GU198	36
Gráfica 6	Relación DAP / volumen en el clon GU198	37
Gráfica 7	Relación DAP / altura en el clon GU198	37
Gráfica 8	% de los códigos de forma y defectos del fuste para el clon GU198	38
Gráfica 9	Distribución de frecuencias por clase diamétrica en el clon GU198	39
Gráfica 10	Relación DAP / altura en el clon GU198	40
Gráfica 11	Relación DAP / volumen en el clon GU198	40
Gráfica 12	% de los códigos de forma y defectos del fuste para el clon GU198	41
Gráfica 13	Distribución de frecuencias por clase diamétrica en el clon PB260	42
Gráfica 14	Relación DAP / altura en el clon PB260	43
Gráfica 15	Relación DAP / volumen en el clon PB260	43
Gráfica 16	% de los códigos de forma y defectos del fuste para el clon PB260	44
Gráfica 17	Distribución de áreas basales por marca de clase	45
Gráfica 18	% totales de los diferentes clones trabajados	46

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Tres representaciones dimensionadas de la corteza	10
Figura 2	Formación Callosa del Cambium	11
Figura 3	Los tres axis originales de la madera con respecto ala dirección de grano	13
Figura 4	Curva fuerza – humedad para la madera del huile	13
Figura 5	Localización departamental de las dos fincas trabajadas	32

I. Introducción

La República de Guatemala tiene una extensión territorial de 108,889 kilómetros y esta localizada entre los paralelos 13°44' a 18°30' latitud norte, y los meridianos 87°44' a 92°30' longitud oeste. Es un país que se analiza solamente por su posición geográfica, sus características fisiográficas y las condiciones de clima y suelo, por lo que se puede deducir fácilmente que es potencialmente atractivo para el desarrollo y manejo del recurso forestal.

Sin embargo, a pesar de todas las características que hacen de Guatemala un país que podría basar su economía en torno al desarrollo de los recursos boscosos, desde muchos años se ha originado una situación problemática que paulatinamente ha venido deteriorando, cada vez más, su recurso forestal. Por esa razón es necesario hacer evaluaciones a plantaciones que se dedican únicamente al desarrollo de productos agrícolas. Ejemplo de lo anterior son las plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*), que tienen la visión de producción de látex o caucho, dejando sin importancia al producto que se puede explotar luego de su uso agrícola, la madera del hule.

Conceptualmente, el manejo de plantaciones forestales es muy distinto al manejo y conservación de los bosques naturales. La gran mayoría de las plantaciones en el geotrópico se establecen en tierras marginales para la agricultura o en sabanas naturales, no explotando el bosque natural sino que reemplazándolo con plantaciones. Las plantaciones forestales son una alternativa para maximizar la productividad de las tierras, con el único inconveniente que se manejan con turnos más largos que los de la mayoría de los cultivos agrícolas.

Las plantaciones forestales son una alternativa de uso de la tierra que utiliza suelos agrícolas marginales en forma efectiva, volviéndolas rentables, con productos de madera. Los productos forestales del trópico son cada día más competitivos en el mercado mundial. En parte se debe a los bajos costos de mano de obra, y al rápido crecimiento de las especies utilizadas en plantaciones. Otro factor, al cual no se le ha dado el reconocimiento que merece, son los

logros tecnológicos en la industria forestal tropical, especialmente en América del Sur, donde, gracias a los múltiples esfuerzos, se ha logrado aumentar el crecimiento de las especies y se han mejorado las técnicas para la utilización de la madera.

Este trabajo, busca darle un carácter forestal a las plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*), mediante la evaluación forestal, la cual se lleva a cabo evaluando parámetros como: altura total de los árboles, el diámetro, áreas basales, grosor de la corteza, para sacar estimaciones de: volumen de madera, volumen de la corteza como materia prima para la generación de energía ya que es un producto renovable, entre otros parámetros, los cuales sirven para la elaboración de un plan de manejo que haga sostenible este tipo de recurso natural.

Entre las fincas que actualmente están utilizando árboles clonales de hule producidos en Guatemala son: la finca Santa Elena, ubicada en Siquinalá, departamento de Escuintla. Tiene una extensión de 143 hectáreas de hule (3.18 caballerías) y una altitud comprendida entre los 500 msnm, y la finca San Isidro Piedra Parada, ubicada en Jurisdicción del Asintal, departamento de Retalhuleu. Tiene una extensión de 90 hectáreas de las cuales 20 hectáreas son plantaciones de hule (0,44 caballerías) y una altitud comprendida entre los 600 msnm.

El árbol de Hule, *Hevea brasiliensis*, es originario de la cuenca del Amazonas y su cultivo comercial en Guatemala requiere ciertos factores ecológicos y edáficos que se localizan dentro de las zonas tropical húmeda y sub-tropical muy húmeda de las costas del Pacífico y norte del país.

A raíz de lo anterior, impulsar la utilización de la madera de hule de plantaciones que han llegado al final de su ciclo agrícola, constituye un aporte a la industria guatemalteca, utilizando nuevas especies, y disminuir la explotación de especies que son altamente comerciales.

II. Marco teórico

A. Clasificación taxonómica del (*Hevea brasiliensis*)

Cuadro 1. Clasificación botánica del hule *Hevea brasiliensis*

Reino	Vegetal
Sub-Reino	Embryobianta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub-Clase	Rosidae
Orden	Euphorbiales
Familia	Euphorbiaceae
Génera	Hevea
Especie	Hevea brasiliensis

(Compagnon 1986: 7)

B. El árbol de hule

1. **Descripción Botánica.** El *Hevea brasiliensis* en su medio natural, Amazonia, se presenta como un gran árbol de selva. Su corona alcanza los niveles más altos, su tronco es recto u cilíndrico, su corteza es verde grisácea, las hojas están compuestas de tres folíolos reunidas en racimos, y los frutos están constituidos por una cápsula de tres celdillas dentro de las cuales hay una semilla. (Compagnon, 1986: 22).

Estas semillas, de 2 cm aproximadamente, con una sección ovalada, casi redonda, están revestidas de un tegumento coriáceo, café brillante, decorado con manchas blanquecinas cuyos dibujos, de igual manera que la forma de la semilla, son genéticamente específicos del individuo que las produjo. (Compagnon, 1986: 23).

Sembradas según un marco regular, las plantaciones de heveas ofrecen en general el aspecto de una superficie arbolada con una homogeneidad notable. Las coronas se unen cuando los árboles tienen unos cuatro años, su altura alcanzando entonces 7 a 10 m. A menos que se

presenten condiciones de vegetación defectuosas o de mantenimiento insuficiente durante los primeros años, la cobertura se intensifica luego formando a partir de los 8 – 10 años una sombra continua, que casi ya no necesita mantenimiento. Esto caracteriza la vegetación de plantaciones de heveas adultas, típicas por su aspecto muy despejado de sus troncos regulares, cuyas ramas ascendentes inician desde los 3 ó 4 metros (Compagnon, 1986: 25).

Hoy en día, se considera que la vida útil de una plantación es de 30 a 35 años, edad después de la cual se juzga más rentable para la explotación, lo cual se puede llevar a cabo sin inconvenientes, en las mismas superficies. Aunque los árboles puedan vivir considerablemente más, las superficies se hacen menos productivas debido a un inevitable deterioro de las cortezas, las cuales, según el método de explotación por pica, deben regenerarse después de haber sido consumidas por los cortes sucesivos (Compagnon, 1986: 30).

2. El sistema Radicular. El sistema radicular de la hevea es a la vez pivotante y radial que garantizan al árbol un anclaje sólido al suelo. Como para todas las plantas, la absorción en agua y la asimilación de elementos minerales dependen de la superficie de contacto establecida entre el sistema radicular y las partículas del suelo (Nájera, 2000: 65).

3. El Tallo. La parte vegetativa económicamente más importante en el Hevea la constituye el tallo, cuyo desarrollo de las partes internas determina en forma directa el inicio de la explotación, a través de los diferentes sistemas de explotación. Este desarrollo depende de: el tipo de clon, el ambiente, los nutrientes, el agua y el manejo agronómico que se le brinde al cultivo durante la etapa de crecimiento. En su estado natural, los troncos del Hevea son ligeramente cónicos en la base, con la corteza de un color verde grisáceo. En las plantaciones comerciales las plantas son uniformes, los troncos son cilíndricos a cualquier distancia del suelo. En la unión entre el patrón y el injerto, se forma un crecimiento irregular o una malformación

llamada pata de elefante. Esta malformación no está presente en los clones más vigorosos (Nájera, 2000: 68).

4. La corteza. La raíz, tallo y ramas del árbol de hule están revestidos por una piel natural llamado corteza, la cual consta de corteza exterior, corteza media y cambium. La corteza exterior sirve para proteger sus tejidos internos; la corteza media contiene los vasos laticíferos que están colocados en forma oblicua por todo el tallo del árbol conectados entre sí por canales o conductos horizontales a través de los cuales se conduce el látex. La red de vasos o tubos laticíferos es mayor en la medida que se acerca al cambium. El cambium se encuentra entre la madera y la corteza media y su función principal es aumentar el grosor del tallo, mediante la formación de madera y corteza. Además, actúa como tejido regenerador de nueva corteza cuando se provocan heridas con la cuchilla de pica. El cambium es una capa ligosa de color claro que está cubriendo la madera del árbol, es tan delicada que si se hiere o lastima puede provocar la muerte del árbol por ahorcamiento, por lo que se debe tener especial cuidado de no lastimarla con la labor de la pica (Compagnon, 1986: 250).

C. Condiciones ecológicas y edáficas del Hevea

1. Requerimientos físicos. Latitud: el rango latitudinal para el desarrollo del Hule Hevea está comprendido entre +10° N y -10° S. El rango latitudinal de Guatemala se sitúa entre +13° y +18° N (Nájera, 2000: 74).

Altitud: Para la costa del pacífico el rango de altitud en el que el hule Hevea se desarrolla normalmente es entre los 180 y 760 metros sobre el nivel del mar y para la costa norte el rango va desde los 0 a los 600 metros sobre el nivel del mar (Nájera, 2000: 74).

En la franja de la costa sur por debajo de los 180 metros sobre el nivel del mar la precipitación pluvial es baja lo que representa condiciones adversas para el desarrollo y la producción del cultivo. Altitudes por sobre los 760 metros presentan condiciones de elevada humedad relativa y menor

luminosidad lo que implica mayores problemas con la incidencia de las enfermedades, principalmente del follaje y del panel de pica y crecimiento lento de los árboles (Nájera, 2000: 75).

2. Suelos. El cultivo del Hevea se adapta mejor a suelos profundos de 1.5 metros como mínimo, de preferencia con una capa de materia orgánica gruesa, fértiles (con un 25 a 40% de contenido de arcilla resisten favorablemente a épocas secas fuertes), textura franco a franco arcillosa (evitar suelos demasiados arenosos por su baja retención de humedad y deficiente anclaje, los pesados por deficiente desarrollo radicular y del árbol en general), de buen drenaje, libres de capas impermeables o de rocas cimentadas y con pH entre 4.5 y 5.5 (Nájera, 2000: 75).

Omont (1996) recomienda como suelos más aptos para la heveicultura los siguientes:

- ☐ Con una profundidad homogénea de más de 1 metros, sin horizonte endurecido.
- ☐ Con buen drenaje (clase D USDA 1960).
- ☐ Con buena estructura y consistencia más bien friable.
- ☐ Con buena aireación.
- ☐ Con textura bien equilibrada entre arcilla y arena.
- ☐ Sin ningún manto o nivel freático a menos de 1 metro de profundidad.
- ☐ Con un relieve poco marcado.

3. Topografía. Se recomiendan pendientes hasta del 30%, ya que una moderada inclinación facilita la explotación y adecuada conservación de suelos. Pendientes entre 5 a 25% generalmente representan buenos rendimientos en suelos con buen drenaje. Pendientes mayores pueden presentar rendimientos modestos por efecto de una mayor erosión de los suelos (si no se han realizado prácticas adecuadas de conservación) y cierto grado de dificultad para la explotación o pica si no se ha diseñado correctamente la siembra (Nájera, 2000: 75).

D. Requerimientos agroclimáticos

1. Temperatura. La temperatura requerida para el cultivo del Hevea está comprendida entre los 22 y 32°C. La temperatura media óptima está entre los 25 y 28°C, dato bastante representativo de la mayoría de zonas huleras en las que existen registros (Nájera, 2000: 75).

2. Horas Luz. Aproximadamente se acepta un total de 2190 horas anuales, lo que en promedio representa 6 horas luz/día, como un buen parámetro para el desarrollo del Hule (Nájera, 2000: 75).

3. Vientos. Generalmente ráfagas de viento preceden al inicio de la estación lluviosa, las cuales pueden llegar a alcanzar los 100 kilómetros por hora, por lo que en este hemisferio no se recomienda la siembra del hule en áreas donde el paso de ciclones es frecuente (Nájera, 2000: 75).

4. Precipitación Pluvial. Un rango de lluvias entre los 1800 a 3000 mm anuales es el adecuado para el desarrollo del hule, siendo ideal una buena distribución durante la mayor parte del año, sin periodos secos prolongados. En general, lluvias anuales menores de 1800 mm ya son limitantes. Se sabe que 100 mm/mes es lo mínimo aceptable para un desarrollo normal, mientras que lluvias menores o iguales a 50 mm/mes ya no compensan en absoluto la tasa de evapotranspiración. Bajo condiciones de buenos suelos, una hulería puede soportar normalmente una estación seca de 4 a 5 meses con lluvias mensuales menores o iguales a 100 mm o bien de 2 a 3 meses con lluvias mensuales menores o iguales a 50 mm. La ocurrencia de una estación seca de corta duración es favorable (Nájera, 2000: 75).

En la costa norte el período lluvioso se extiende a 10 meses, mientras que en la costa sur occidental el invierno tiene una duración aproximada de 7 meses (Nájera, 2000: 75).

E. Enfermedades

1. Enfermedades de hojas.

a) *Oidium heveae*. El *Oidium* ataca las hojas jóvenes en su primera etapa de desarrollo y provoca una defoliación importante. En plantaciones, los ataques de *Oidium* son bastante reconocibles por las hojas pequeñas retorcidas y recubiertas de un fino micelio blanco que cubren el suelo (Compagnon, 1986: 142).

b) *Gloeosporium alborubrum*. Esta enfermedad de hoja es muy común en viveros y es ocasionada por *Colletotrichum gloeosporioides*, nombre que se prefiere a *Gloeosporium alborubrum* anteriormente utilizado.

El hongo ataca las hojas de reciente formación en sus estados más o menos avanzados. Las hojas más jóvenes se ennegrecen, se enrollan y caen. En un estado más avanzado se pueden observar pequeñas manchas rosas formadas por las esporas. En las hojas cercanas a la madurez, la enfermedad se reconoce por las necrosis que las cubren. Estas necrosis presentan una orilla café estrecha con un halo amarillo de un milímetro o más de anchura (Compagnon, 1986: 143).

En hojas más maduras, las manchas de necrosis forman cierto relieve, lo que es particularmente típico de esta enfermedad. *Gloeosporium alborubrum* es básicamente una enfermedad favorecida por la humanidad y es de mayor riesgo en las zonas y temporadas donde se producen lluvias intermitentes (Compagnon, 1986: 143).

c) *Phytophthora palmivora*. Ataca varias partes del árbol, sobre todo el tablero de pica, y además, los tallos verdes, las hojas y los frutos, lo que conlleva la pudrición de las semillas. Los ataques de hojas se diferencian de las demás enfermedades comparables ya que el patógeno infecta y provoca la abscisión de la hoja después de que ha alcanzado la madurez total. Esta enfermedad aparece en épocas de alta pluviosidad (Compagnon, 1986: 145).

F. Estructura y características anatómicas del árbol de hule

1. Rasgos macroscópicos. La albura no se diferencia del durámen por el color. La madera es de color blanco o crema clara. La textura puede ser moderadamente fibrosa, quebradiza o granulosa. Los gránulos pueden variar desde rectos hasta ligeramente entrelazados. Se siente en la madera que se acaba de aserrar un olor característico de látex (Mohd, 1994: 22).

Los troncos, son muy propensos a tener madera tensada dando como resultado anillos concéntricos o arcos de forma creciente que dan un aspecto de anillos falsos a los troncos. La madera aserrada conteniendo madera tensada tiende a ser como madera ondulada o rugosa y con una excesiva reducción longitudinal (Mohd, 1994: 23).

2. Características Microscópicas. Están ausentes o no se distinguen los Anillos de Crecimiento, pero la presencia de las bandas parenquimatosas o las bandas debido a la madera tensada pueden simular esta característica de Anillos de Crecimiento. Los vasos son difusos, $\frac{3}{4}$ mm² solitarios o en grupos radiales de 2 a 4, escasamente de 5 a 8. Los poros son de forma ovalada o redonda con un diámetro tangencial oscilando entre 150 a 250 μ m, siendo el promedio 200 μ m. (Mohd, 1994: 23).

3. Formación de las marcas por extracción o sangría en la corteza del hule. Comercialmente la corteza es la parte más importante del árbol de hule, pues de ella se extrae el látex. Por lo general. La corteza se divide en tres regiones primordiales (**figura 1**):

- ☐ La región externa: consiste de una capa de corcho.
- ☐ La región intermedia: es la parte más oscura de la corteza, la cual consiste principalmente de células pétreas comparativamente con pocos vasos de látex.
- ☐ La región interna: que relativamente es suave, es una región donde casi no se encuentran células pétreas, pero consiste de un gran número de vasos de látex (Mohd, 1994: 24).

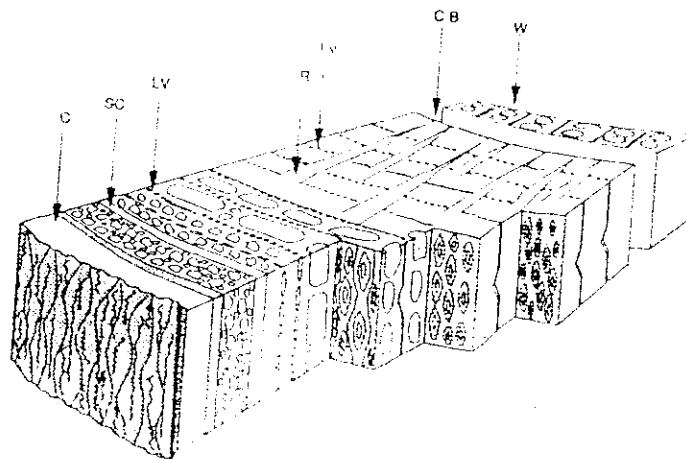


Figura 1. Tres representaciones dimensionales de la Corteza. C=corcho, SC=células pétreas, LV=vasos de látex, R= rayos, CB= cambiún W= madera. (Mohd, 1994: 25).

La figura número uno, hace referencia a las diferentes capas que conforman la corteza del árbol de hule *Hevea brasiliensis*.

Durante la extracción o sangría, pueden ocurrir tres clases de cortaduras, éstas son:

- ☐ Cortes durante la extracción o sangría normal, en donde el cambium no es lastimado.
- ☐ Cortes en donde el Cambium es particularmente removido y es capaz de regenerar su corteza.
- ☐ Los cortes de extracción o sangría profundos en la madera que resulta con la remoción total del cambium. Cuando sanan estos cortes da como resultado la formación callosa (**figura 2**) (Mohd, 1994: 26).

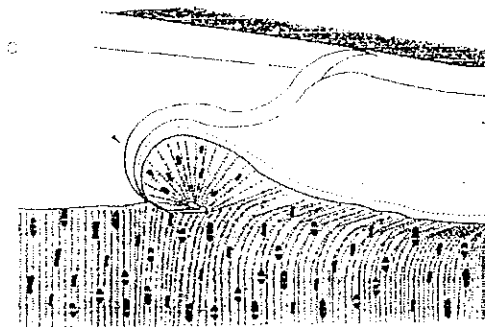


Figura 2. Formación callosa del Cambium seguida a la lastimadura (C=callosa).
(Mohd, 1994: 26).

La figura número dos, representa el daño del cambium luego de un corte profundo para el proceso de extracción de látex.

4. Madera tensada en la madera de hule. La madera tensada comúnmente se encuentra en las ramas y troncos que cuelgan causada por la exposición al viento (Mohd, 1994: 27).

Las características de la madera tensada comparada con la madera normal son las siguientes:

- ☐ Los vasos son pocos y pequeños y las fibras son usualmente un poquito más largas que aquellas que se encuentran en la madera normal.
- ☐ El contenido de Lignina en la totalidad de la zona de la madera tensada puede variar de baja a casi normal, mientras que el contenido de celulosa es alto.
- ☐ La madera tensada contiene capas gelatinosas, que generalmente son pura celulosa y no están lignificadas.
- ☐ La gravedad específica es casi siempre más alta en la madera tensada que en la madera normal (Mohd, 1994: 28).

5. Significancia práctica de la madera tensada. El apareamiento de la madera tensada ha provocado varios problemas para su utilización. Generalmente, la madera tensada difiere de la madera normal en características físicas, químicas y anatómicas. La presencia de fibras que no son lignificadas, llamadas Capa – G, que es celulosa natural, hace la superficie de la madera lustrosa, rugosa o dura causando algunos de los varios problemas para el que trabaja con madera y su acabado (Mohd, 1994: 28).

Entre los factores que causan la madera tensada es que el aserrado generalmente produce superficies ásperas y rugosas ya que las fibras tienden a partirse parcialmente y no se puede sacar un corte nítido. Lo que parece rugoso es la falta de adhesión entre la Capa – G y las otras capas de células (Mohd, 1994: 29).

Otro factor que causa problemas en la madera tensada, es su encogimiento longitudinal en el secado, siendo este anormal. En madera normal, como generalmente se conoce el encogimiento longitudinal, en la parte rugosa es insignificante. En cualquier pedazo de madera conteniendo madera tensada, el encogimiento longitudinal puede causar distorsión en forma de moño, retorcido, especialmente en tablas relativamente delgadas y existencia de dimensiones pequeñas. Las tablas secas conteniendo madera tensada pueden sufrir después distorsión partiéndose cuando se está recortando o aserrando, debido a tensiones que se formaron durante las estaciones (Mohd, 1994: 29).

6. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de hule. La madera de hule, como cualquier otra madera, es un material lignocelulósico, su naturaleza no es homogénea y su estructura es ortotópica. Su densidad no es uniforme y sus propiedades mecánicas varían perpendicular, longitudinal, radial y tangencialmente. El Axis Longitudinal (L) corre en dirección del grano. El Axis Radial (R) es perpendicular al grano pero tangencial al crecimiento de los anillos (**figura 3**). Sus propiedades físicas y mecánicas difieren en los tres axis, debido al alineamiento y distribución de las celdas en la madera y

materiales extraños dentro de la misma tales como: Resina, látex y otros materiales varios que hacen de la madera que sea no homogénea por naturaleza (Mohd, 1994: 32).

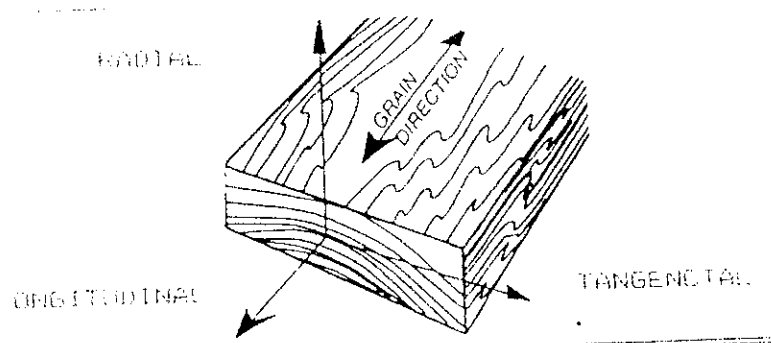


Figura 3: Los tres axis originales de la madera con respecto a la dirección del grano y los aros de crecimiento.
(Mohd, 1994: 33).

La figura número tres hace referencia a los ejes estructurales de la madera respecto a la dirección de la fibra luego de haber aserrado tronco de *hevea brasiliensis*.

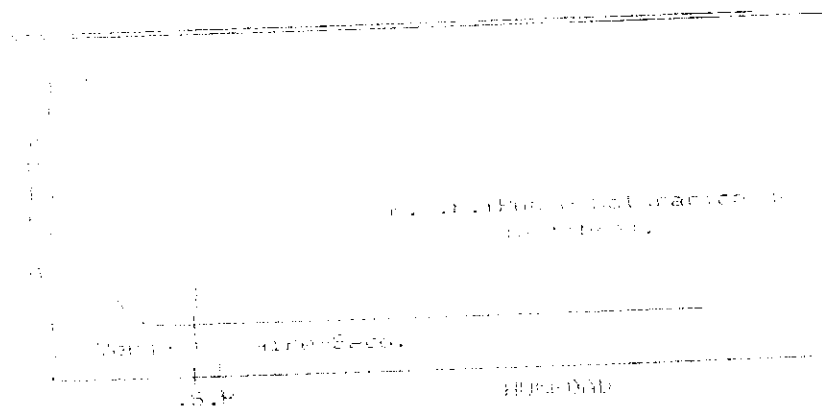


Figura 4: Curva de Fuerza – Humedad para la madera. (Mohd, 1994: 33).

Figura número cuatro representa por medio de una curva el momento donde las paredes de las células se encuentran saturadas agua. A lo anterior se le denomina Punto de Saturación de la fibra (F. S. P.), de allí en adelante la

madera húmeda perderá humedad por el ambiente seco (Aire Seco) hasta llegar al Contenido de Humedad en equilibrio.

7. Densidad y gravedad específica. Estas propiedades proveen una indicación de la utilización generalizada, facilidad de transporte y acarreo. La gravedad específica se determina con base al peso del secado por horno y el volumen cuando estaba verde del espécimen que se va analizar. Esto es porque en condición normal o verde, la madera no se encoge o expande y en la condición de secada por horno no contiene humedad (Mohd, 1994: 34).

Cuadro 2. Densidad y gravedad específica de la madera de hule (*Hevea brasiliensis*)

Condición de estación	% de contenido de humedad	Gravedad específica	Densidad kg/m ³
Verde	52	0.53	800
Secado al Aire	17.2	0.55	640

(Mohd, 1994: 34).

El cuadro dos indica los valores de densidad y gravedad específica de la madera del hule, antes y después de ser sometida a factores climáticos como el viento, dato importante porque según el valor de la densidad así será el cambio dimensional o sea que entre mayor la densidad mayor el cambio en dimensión ya sea tangencial, radial y en menor grado longitudinal.

8. Propiedades de Inciinación. Estas propiedades son útiles para comprender la fuerza y la dureza de la madera, cuando se usa como material flexible tal como: vigas, empalmes, columnas, tablonés y tablitas, componentes de mobiliario, cajas de empaque etc. La aplicación de carga durante la prueba puede ser una carga estática en la cual la fuerza aplicada se incrementa despacio y gradualmente hasta que el espécimen se quiebre. Ahora bien el doblamiento por impacto, es medido por la aplicación de cargas repentinas por impacto, tirando el martillo desde una altura gradualmente hasta que el espécimen se raje (Mohd, 1994: 35).

Cuadro 3. Las propiedades de inclinación de la madera de hule (*Hevea brasiliensis*)

Condición de estación	Doblamiento estático	Doblamiento por Impacto. Objeto de 22 Kg.
Verde	58	8800
Secado al aire	66	9240

(Mohd, 1994: 35).

En el cuadro número tres se indica que la madera es más propensa a ruptura cuando ya está seca por la acción del aire, a la hora de aplicarle una carga a la madera ya sea por impactos repetitivos o también por aplicación de una carga sin movimientos. Todo esto sirve para evaluar la madera bajo fuerza dinámica para determinar su adaptabilidad para su aplicación como mangos de herramientas.

9. Compresión paralela y perpendicular del grano. Los datos de compresión son muy útiles para el diseño de las columnas, postes, bloques de soporte, patas para los muebles y en algunas maderas para el deporte. La compresión paralela se determina aplicando una carga gradual sobre el final del lado de la cara del espécimen en la dirección del grano, hasta que la falla ocurra (Mohd, 1994: 36).

Cuadro 4. Tensión de la compresión paralela y perpendicular del grano de la madera de hule (*Hevea brasiliensis*)

Condición de estación	Compres. paralela al grano (N/mm ³)	Compres. perpendicular al grano (N/mm ³)
Verde	25.3	3.65
Secado al aire	32.3	4.69

(Mohd, 1994: 36).

El cuadro número cuatro indica el resultado de someter a la madera seca una carga gradual sobre el final del lado de la cara del espécimen en la dirección del grano hasta que la falle ocurra. El cuadro también refiere que

la compresión paralela está íntimamente ligada a la humedad de la madera o sea que existirá mayor compresión cuando la madera está seca. Ahora bien la compresión perpendicular es ligada a la dureza, entonces una madera ya seca que ya es frágil como una madera verde sufrirá mayor compresión.

10. Propiedades de fuerza del árbol de hule. Las propiedades mecánicas de dos clones de madera del árbol de hule **PB260 y RRIM600**, de edades que oscilan entre los 3.8 y 14 años se han demostrado que han sido aproximadamente entre los 10 y 20 % más bajos de aquellos obtenidos de los árboles en su plena madurez (Mohd, 1994: 38).

Cuadro 5. Propiedades comparativas de la fuerza de **PB260 y RRIM600** en clones de árboles de hule (*Hevea brasiliensis*)

Propiedades	Grupo de edad		
	3	B	14
	PB260 / RRIM600		
% de Cont. Humedad	13.63	15.39/15.06	14.58
Gravedad específica	0.56	0.57/0.61	0.58
Módulo de ruptura N/mm ²	81.01	84.74/95.99	81.28
Módulo de ruptura N/mm ²	370	8534/9926	8564
Comparación paralela al grano N/mm ²	33.04	33.19/39.83	33.55
Dureza, N.	3849	4265/4966	4187

(Mohd, 1994: 38).

El cuadro cinco indica cómo cambian las propiedades físico - mecánicas en dos tipos de clones a la edad de los ocho años, también indican el valor de las mismas propiedades en el clon PB260 a la edad de 3 y 14 años de edad, a pesar que el mismo clon solo que a edades diferentes, existen diferencias debido a variaciones en la composición y estructura

orgánica y a factores externos tales como la humedad relativa y la temperatura del medio ambiente así como también el sistema de secado.

11. Propiedades abrasivas o raspaduras. Las propiedades abrasivas del maderaje pueden ser usadas como un indicativo de medida para evaluar la conveniencia para la aplicación en el entarimado o piso (Mohd, 1994: 40).

La madera del árbol de hule, es conveniente para la utilización de pisos de tráfico liviano (Mohd, 1994: 40).

G. Aserraderos para procesar árboles de hule

Los árboles de hule se aserran principalmente en aserraderos ya existentes, usando las sierras de bandas rotativas tradicionales. Se han establecido ciertos aserraderos especiales para aserrar los troncos del árbol de hule. En general estas sierras de banda rotativa es la que se usa comúnmente para aserrar. Otras tales como las sierras móviles y las sierras "Gang" también se usan (Mohd, 1994: 65).

Los troncos del árbol de hule han encontrado su aceptación en los aserraderos clase A y B y en aserraderos de productos maderables clase C. Los aserraderos clase A son aserraderos que no tienen ninguna restricción en el corte de tamaño de los troncos. El tamaño del diámetro de la sierra de banda están entre los rangos de 910mm a 1.120mm. El aserradero clase B son aserraderos que obtienen su licencia para procesar troncos pequeños con un diámetro no más grande de 45 cms. El tamaño común de la sierra con que se procesan los troncos es de 1.200mm. Los aserraderos clase C, son básicamente aserraderos de corte de madera. Estos aserraderos tienen una o más sierras de banda vertical con un diámetro de polea con un rango entre 750mm a 910mm (Mohd, 1994: 65)

H. Defectos de la madera aserrada

La madera aserrada del árbol de hule sí posee algunos defectos. Estos son algunas veces perjudiciales al valor de la madera entre los defectos que están dentro de la calidad de las tablas aserradas son: nudos, marcas de látex y otras deformaciones (como torceduras, etc) después de aserrada (Mohd, 1994: 91).

1. Nudos. El 56% de las tablas aserradas que están libres de estos nudos, provienen de los árboles cuyas edades oscilan entre los 8, 14 y 24 años. Menos del 30% de estas tablas provienen de los árboles de hule de tres años de edad, que se encuentran libres de hule. Por lo tanto, entre más viejo es un árbol menos nudos debe tener. La mayoría de tablas con nudos contienen de uno a tres nudos a los largo de dos metros (Mohd, 1994: 91)

Cuadro 6. Frecuencia apareamiento nudos en madera aserrada de árboles de diferentes clones y edades (*Hevea brasiliensis*)

Número de nudos	PB260 % de tablas			RRIM600 % de tablas	
	Edad 3	Edad 8	Edad 14	Edad 8	Edad 24
0	28	56	92	66	86
1	36	15	0	14	8
2	28	10	0	13	2
3	5	8	0	4	4

(Mohd, 1994: 91)

El cuadro seis presenta el número de nudos en tablas de madera de hule de diferentes edades, según el manejo silvicultural que hayan recibido en el campo o sea que árboles a tempranas edades presentan una reducción en cuestión de resistencia porque se reduce la cantidad de material resistente y se interrumpe la continuidad de algunas fibras en la proximidad del nudo.

2. Combadura. La combadura es común en la madera aserrada del árbol de hule debido a la edad y naturaleza de los árboles. Se puede observar que las tablas aserradas con sierra (gang) encuadrada no tienen combadura excesiva (Mohd, 1994: 92)

Cuadro 7. Tablas con excesiva combadura (*Hevea brasiliensis*)

Método de aserrar	Clones y edades	% de tablas	
		Arca >15mm	Elástica >15mm
Sierra de banda / Cinta	PB260 – ed. 8	40	29
	PB260 – ed. 14	45	43
	RRIM600 – ed. 8	20	17
	RRIM600 – ed. 24	14	31
Sierra encuadrada (gang)	PB260 – ed. 8	13	0
	PB260 – ed. 14	22	0
	RRIM600 – ed. 8	11	0
	RRIM600 – ed. 24	13	1

(Mohd, 1994: 92)

El cuadro número siete muestra el porcentaje de tablas que tienen combadura mayor a 15 mm, después de secada. Se puede observar que las tablas aserradas con sierra (gang) encuadradas no tiene combadura excesiva.

3. Marcas de látex. Originalmente, los árboles de hule son plantados para obtener una producción de látex. Las marcas del látex son bien pronunciadas y es uno de los defectos más comunes en las tablas aserradas. Estas manchas oscuras, disminuyen el valor de la madera aserrada (Mohd, 1994: 92)

Cuadro 8. Porcentaje de tablas con marcas de látex (*Hevea brasiliensis*)

Clones y edad	% de Tablas con marcas de látex
PB260 – Edad 8	16
PB260 – Edad 14	17
RRIM600 – Edad 8	9
RRIM600 – Edad 24	10

(Mohd, 1994: 92)

En el cuadro número ocho se presenta el número de tablas de diferentes edades, que presentan manchas de látex cuando son aserradas.

I. El carbón de madera

La madera del Hevea proporciona un muy buen carbón de madera. Económicamente, este combustible soporta mejor el transporte a grandes distancias que la misma madera; por otra parte, la destilación de la madera da como resultado subproductos útiles y en particular el ácido acético, que en forma bruta, llamado ácido piroliginoso, es utilizable para la coagulación del látex (Compagnon, 1986: 569).

J. Pasta de papel

Las posibilidades de utilizar el Hevea para la preparación de pasta de papel fueron indicadas en (1956) sobre la base de observaciones referentes a las características de las fibras de esta madera:

Cuadro 9. Características de la fibra de la madera de (*Hevea brasiliensis*)
(Compagnon, 1986: 569)

Características de la fibra	Dimensionalidad en (mm)
Largo	1.2
Diámetro	0.022
Espesor de las paredes celulares	0.0022

El cuadro nueve presenta las características morfológicas en tamaño de las fibras que en conjunto conforma la madera del hule.

K. Madera de construcción y tablas reconstituidas para carpintería

Una parte importante en el tronco del Hevea es susceptible de ser aserrada correctamente. La madera del Hevea tiene características

parecidas y a veces superiores a la de la mayoría de las maderas duras livianas. Se seca relativamente rápido, sin cambios apreciables de dimensiones. Se trabaja fácilmente y da superficies lisas de color amarillo paja. Permite la fabricación de mobiliario; es igualmente utilizable para las tarimas y las carpinterías interiores. Otro empleo, que interesa directamente a las plantaciones, es la fabricación de paletas para el envío del caucho. El inconveniente de la madera del hevea es que es muy atacada por gusanos e insectos como las termitas que la pueden reducir rápidamente a polvo si no se protege correctamente. Debe, por lo tanto, tratarse lo más pronto posible después de la tala (Compagnon, 1986: 570).

Finalmente se debe señalar la utilización de la madera de hevea para la fabricación de diversas formas de tablas reconstituidas, normalmente empleadas en carpintería, tablas laminadas, tablas de partículas, tablas de fibras. Estas últimas pueden utilizar las cantidades importantes de aserrín producto del aserrado de la madera de hevea (Compagnon, 1986: 570).

L. Explotación

1. Manual. Se utiliza maquinaria ligera: poleas, tornos, cables, hachas y sierras mecánicas. Un equipo de diez trabajadores puede explotar de 20 a 25 árboles al día. Un torno mecánico es unido a la base del árbol. Un cable va de este torno a la parte superior del árbol pasando por una polea fija. Se ejerce una tensión con el torno. Las raíces son recortadas en la base del tronco, y se ejerce progresivamente una tensión más fuerte hasta que caiga el árbol. Las ramas son cortadas al tamaño deseado. Los troncos son cargados manualmente a un camión. Se recomienda trabajar sin viento y botar los árboles en un mismo sentido (Compagnon, 1986: 573).

2. Mecanizado. Se utiliza un bulldózer con un cargador frontal y una sierra de cadena. Con este equipo, cuatro hombres botan una hectárea de heveas al día cortando y almacenando los troncos. El bulldózer desenraíza los árboles aplicando su pala en la base de los troncos. El árbol es abatido empujando el tronco a 2.5 m de altura. Con la sierra de cadena, un operario recorta el

tronco y las ramas. Cuando todos los árboles son botados, el buldózer reúne los troncos con su cargador frontal y los deposita en camiones. La pala se usa para limpiar las ramas, apitarlas y transportarlas (Compagnon, 1986: 573).

M. Clones comerciales

Los clones comerciales se clasifican en clones orientales o susceptibles a la enfermedad suramericana de la hoja, incitada por *Microcyclus ulei*, y clones resistentes. Los clones orientales provienen esencialmente de la especie *Hevea brasiliensis*, por lo que generalmente tiene alto rendimiento en hule seco, pero son susceptibles al *Microcyclus* (Nájera, 2000: 76).

Los clones resistentes, resultan de cruces de las especies *H. brasiliensis* y *H. benthamiana*, por cuya razón tienen resistencia a *Microcyclus* pero con menor potencial de rendimiento en relación a los orientales (Nájera, 2000: 76).

Algunos ejemplos de clones orientales que se siembran en la costa sur de Guatemala son los siguientes:

Cuadro 10. Clones comerciales de (*Hevea brasiliensis*) en las Costa Sur de Guatemala (Nájera, 2000: 76).

RRIM 400	RRIM 414	RRIM 527	RRIM 703
PB 86	PB 28/59	PB 217	PB 235
PR 255	PR 261	PB 260	GT 1

Por otro lado, algunos de los clones resistentes que se siembran en la costa norte de Guatemala son los siguientes:

Cuadro 11. Clones comerciales de (*Hevea brasiliensis*) en las Costa Norte de Guatemala (Nájera, 2000: 77).

IAN 710	IAN 717	IAN 873	IAN 713
GU 198	GU 2252	GU 451	FX 3864
FX 4098	FX 2261	FX 3844	

Las condiciones de lluvias más prolongadas y alta humedad relativa del ambiente (que conducen a una estación seca corta o a veces imperceptible) en la costa norte de Guatemala favorecen el desarrollo de *Microcyclus*, por cuya razón se recomienda sembrar sólo clones resistentes (Nájera, 2000: 77).

Debido a que la época seca es en general prolongada (unos 4 a 6 meses) en la costa del Pacífico, el *Microcyclus* no encuentra condiciones favorables para su desarrollo, ya que el proceso de la defoliación – refoliación natural de los árboles se lleva a cabo en época seca, lo cual permite sembrar clones susceptibles a la enfermedad mencionada sin mayores problemas, por lo que se llama una "zona de escape" de dicha enfermedad (Nájera, 2000: 77).

III. Antecedentes

El cultivo del hule (*Hevea brasiliensis*) hoy en día está en pleno auge en Guatemala, generando empleos y divisas para el país, ya que se exporta más de 85% de su producción. Actuante se tienen sembrados cerca de 14,366,145 árboles en más de 44,630 has, en todo el país, con una distribución aproximada del 85% en la costa sur y un 15% en la región norte.

El ritmo del crecimiento del área sembrada también se podría proyectar con base al crecimiento en la última década en un 10% anual. Un estimado de 50,000 has, cultivadas para el año 2000, es sin tomar en cuenta un desarrollo más marcado en la zona norte que comprende la franja transversal, Izabal y Petén, donde podría existir un área potencial aún mayor.

El cultivo del Hevea es a largo plazo, ya que la vida útil que se considera es del orden de 30 años. La fase improductiva es de 7 años en promedio y la productiva de 23 a 28 años. Este cultivo tiene varios activos ambientales. Es un recurso renovable que no sólo provee dos productos valiosos: hule o caucho natural y madera tropical, si no también ayuda a controlar el nivel atmosférico del dióxido de carbono combatiendo así el efecto invernadero.

Un bosque de Hevea se asemeja muy bien a una selva virgen en términos de biomasa, especialmente una vez que los árboles llegan a su madurez. Estudios fisiológicos han demostrado que el Hevea es más eficiente en fijar dióxido de carbono que el árbol de teca en una plantación. La tasa en que el Hevea acumula biomasa es mayor que el de muchas especies forestales. La relevancia de la biomasa vegetal no sólo se limita en su potencial utilización como leña, madera etc., sino que también a que dentro del proceso de la producción de esta biomasa, la atmósfera es purificada por el proceso de fotosíntesis el cual remueve el dióxido de carbono de la atmósfera emitiendo a la vez oxígeno. El potencial de producción de biomasa en una planta está relacionado con la capacidad fotosintética de

sus hojas por unidad de área y por el área total de sus hojas por planta. La capacidad fotosintética del Hevea es bastante alta en comparación con la de otras especies arbóreas, lo cual permite una alta producción de biomasa por unidad de área. Se ha estimado que la tasa de producción de materia seca en una plantación de Hevea de 5.5 – 6.5 años de edad es de 35.5 tons/ha/año, por lo tanto su potencial de fijación de carbono es bastante alto. Parte de esa biomasa se puede explotar como madera cuyo incremento anual en una plantación puede ser de 3.6 – 6.5 mts., cúbicos/ha/año.

Este cultivo contribuye también a mejorar el contenido de materia orgánica y agua de los suelos, y mejora sus propiedades físicas, químicas y bioquímicas por su efectiva recirculación a través de su hojarasca. La biodiversidad se mantiene relativamente alta en una plantación de hule, lo cual contrasta con otros monocultivos.

La utilización de la madera del Hevea en Guatemala ayuda aliviar la presión sobre los bosques tropicales. Las características de esta madera como su buena densidad, textura y color permiten ser utilizada principalmente para muebles. Su durabilidad puede mejorarse con adecuados tratamientos.

Mundialmente ha ganado terreno como reemplazo o alternativa para maderas más caras o menos disponibles. En Guatemala existen actualmente 450,000 escritorios escolares fabricados con madera de Hevea. Esta actividad constituye una reforestación importante en nuestro país, ya que representan en una gran mayoría proyectos de reforestación y mantenimiento de tierras de vocación forestal desprovista de bosques.

La tasa de crecimiento del área sembrada a partir de los años 50's fue aproximadamente del orden de 400 has., por año, y a partir de la década de los 80's ésta se acelera a más de 1,200 has., por año. Esto significa que, a partir de los años 80's se iniciaron las renovaciones de las plantaciones más viejas, lo cual significó la tala y renovación de aproximadamente 400 has.,

por año, y representó de 56,000 – 80,000 mts., cúbicos de madera anualmente. Dicha tasa de renovación deberá observarse aproximadamente hasta la década del año 2,000, para verse acelerada a 1,200 has., a partir de la década del 2,010, lo cual representaría 168,000 – 240,000 metros, cúbicos de madera anualmente.

Se considera que este volumen de madera es considerable, y que la industria transformadora local debería sin duda aprovechar.

En el sudeste asiático, esta especie puede ser sembrada con fines forestales y de obtención de látex. Esto también favorecería la siembra del cultivo en lugares marginales para la producción de látex, pero aptos para la producción de madera. El desarrollo de este sector en Malasia y otros países inclusive se ha dirigido al mejoramiento genético de plantas de potencial maderero y de látex conjuntamente, como los son las líneas clonales RRIM2000. Tailandia y Malasia aprovechan un volumen aproximado de 1.25 – 1.5 millones de metros cúbicos de madera de Hevea anualmente, sin que este refleje el potencial máximo de aprovechamiento, el cual podría incrementarse en un 15 – 30%. Esta madera suple el 6% del mercado en Malasia y alrededor del 33% en Tailandia y Sri Lanka, en cuyos casos sin duda puede incrementarse al mejorar su aprovechamiento.

IV. Objetivos

A. Objetivo general:

- Evaluar dos plantaciones productoras de hule (*Hevea brasiliensis*) para establecer sus características y potencialidad forestal y elaborar un manejo general de las plantaciones para la utilización forestal al final del ciclo agrícola.

B. Objetivos específicos:

- Caracterizar silviculturalmente el tipo de plantaciones en estudio, señalando las características ecológicas predominantes de cada zona.
- Promover el aprovechamiento forestal a las diferentes plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*) existentes en Guatemala, gracias a los resultados obtenidos del análisis de los parámetros cuantificados en las dos plantaciones.
- Llevar estos conocimientos hacia las comunidades, para elevar la eficiencia en el uso forestal del hule (*Hevea brasiliensis*).

V. Metodología

Para la evaluación de las dos plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*) se tomaron en cuenta fincas que estuvieran conformadas por plantaciones de árboles con características que ayudaran a obtener datos experimentales confiables a la hora de estimar variables como: volumen (m^3/ha), área basal (m^2/ha), número de árboles por parcela y también número de árboles por hectárea, altura (m) y el volumen de la corteza en ($m^3/parcela$).

La metodología utilizada para elaborar de la evaluación de las fincas Santa Elena y San Isidro Piedra Parada, incluyó las siguientes etapas:

A. Recopilación de información básica de las fincas.

- ☐ Revisión bibliográfica.

B. Instalación de las parcelas.

- ☐ Área de trabajo.
- ☐ Forma de las parcelas.
- ☐ Número de parcelas.

C. Recopilación de datos de las parcelas de trabajo.

- ☐ Alturas totales.
- ☐ Diámetros totales.
- ☐ Grosor de la corteza.
- ☐ Códigos de forma.
- ☐ Edad de la plantación.

D. Tabulación de datos para estimar las variables descritas anteriormente.

- ☐ Volumen árbol + corteza.
- ☐ Área basal.
- ☐ Volumen corteza.

- Revisión bibliográfica:

Consistió en la obtención de información bibliográfica sobre: ubicación de la finca y accesos internos, suelos (origen, tipo, textura, etc.), meteorología, y clima (indicadores meteorológicos: precipitación anual, temperatura media, etc.).

Finca # 1:

En el departamento de Escuintla, se encuentra la finca Santa Elena, propiedad de Corporación Pantaleón, situada a 90 km, aproximadamente de la ciudad capital.

La finca Santa Elena, se encuentra en el municipio de Siquinalá, en el departamento de Escuintla. Se estima que una superficie aproximada de 143 has solo de plantaciones de hule. Su topografía es plana y el rango altitudinal es de aproximadamente 500 msnm.

Cuadro 12. Información general de las parcelas 1 y 2 conformada por los clones GU198 y RRIM600

Datos generales	Información
Suelo	Franco arcilloso
pH	6.00
Edad	23 años
Espaciamiento entre árboles	3.0 * 7.0 metros
Aplicaciones contra plagas	Previcur + benlate + adherente + colorante + regulador de pH
Enfermedades	<i>Phytophthora palmivora</i>

Nota: Los datos de las parcelas 1 y 2 fueron anotados en el formulario Na 1 ubicado en los anexos.

Finca # 2:

En el departamento de Retalhuleu, se encuentra la finca San Isidro Piedra Parada, propiedad de Pablo Antonio Castillo, situada a 200 km, de la ciudad capital. Está inscrita en el Registro General de la Propiedad Inmueble bajo los siguientes datos: Finca No. 26,029, 18,470, 45,810, folio No. 198, 271, 272 y 219 del libro 162, 115 y 247 de Quetzaltenango.

En la Jurisdicción del Asintal, en el departamento de Retalhuleu está ubicada la finca número uno. Su superficie aproximada es de 90 has de las cuales 20 has están siendo utilizadas para producción de árboles de hule. La topografía de la finca es plana y el rango altitudinal es aproximadamente 600 msnm.

Cuadro 13. Información general de las parcelas 2 y 3 conformados por los clones GU198 y PB260

Datos generales	Información
Suelo	Chocolá (Franco Limoso o Arcilloso)
pH	6.55
Edad	26 años
Espaciamiento entre árboles	3.3 * 7.0 metros
Aplicaciones contra plagas	Oxido amarillo de mercurio (invierno) Violeta genciana (verano)
Enfermedades	Brown Bast (Panel de pica) Moho gris

Nota: Los datos de las parcelas 2 y 3 fueron anotados en el formulario Na 1 ubicado en los anexos.

- Instalación de las parcelas.

Para la evaluación forestal de las plantaciones huleras, se establecieron cuatro parcelas cuadradas con un área de 3600 m², o sea 0.36 has por parcela. Luego se procedió a la enumeración de los árboles, para lo cual se identifico el Norte comenzando en unas de las esquinas del cuadrado. El bosquejo de las parcelas cuadradas así como también el orden de la enumeración fue hecho en el formulario de registro número uno.

- Recopilación de datos:

Diámetro a la altura de pecho: Mediante una forcípula de madera y se realizo en centímetros. A todos los árboles dentro de la parcela cuadrada, a partir de árboles con DAP igual o mayor a 10 cm. Los diámetros de cada árbol fueron anotados en el formulario número 3 de los anexos.

Altura: La medición de las alturas, se llevó a cabo por medio de un Hipsómetro. La unidad de medida fue en metros. Las alturas de cada árbol fueron anotados en el formulario número 3 de los anexos.

Corteza: Para la medición se utilizó medidor de corteza. Las unidades de medida fueron milímetros. El grosor de la corteza de cada árbol fue anotado en el formulario número 3 de los anexos.

- Estimaciones en base a datos obtenidos:

-- Para la estimación de áreas basales en metros cuadrados:

$$AB = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (\pi : 3.1416)$$

(D: diámetro)

-- Para estimación de volumen en metros cúbicos:

$$V = \left(\frac{\pi}{4}\right) * D^2 * h * 0.75 \quad (\pi : 3.1416)$$

(D: diámetro)
(h: altura); (0.75 constante)

-- Para estimación de volumen de Corteza:

$$V_c = V_{cc} - V_{sc}$$

(V_c: Volumen de la corteza)
(V_{cc}: Volumen con corteza)
(V_{sc}: Volumen sin corteza)

Para el análisis de los resultados se utilizaron gráficas de barras horizontales para ver la distribución en cantidad de árboles por clases diamétricas en cada parcela.

Se usaron gráficas circulares para ver los diferentes porcentajes de forma de los árboles de cada parcela.

Se usaron gráficas de barras verticales para ver la relaciones entre DAP /altura y DAP / volumen y también para interpretar la relación de volúmenes de corteza de los dos clones que representaban cada finca.

ZONAS HULERAS DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA



ZONA PACÍFICO



ZONA ATLÁNTICO



ZONA NORTE

Finca Santa Elena
 Lat: 14°18'03" Log: 91°40'42"

Finca San Isidro Piedra Parada
 Lat: 14°18'03" Log: 90°47'08"

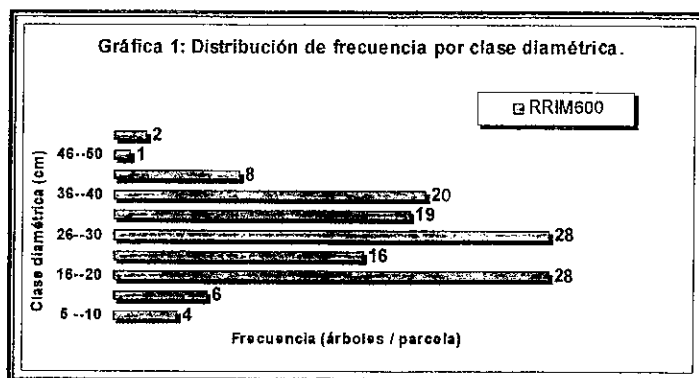
Figura 5. Presenta la localización por departamento de las dos fincas trabajadas.

VI. Resultados

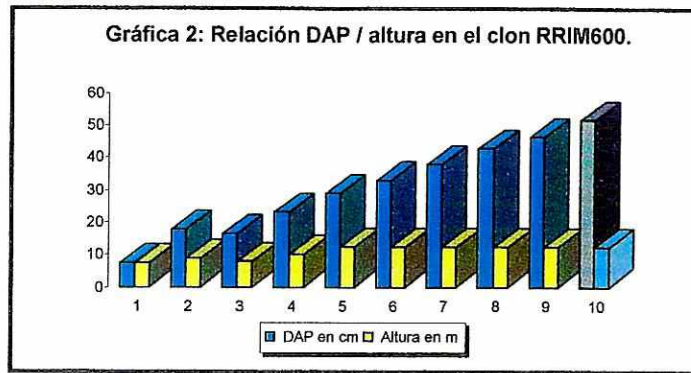
Cuadro 14. Número de árboles, altura, área basal y volumen en la parcela número 1 con un área de 3600 m².

5 – 10	4	7.3	0.00417	0.0964
11 – 15	6	8.7	0.024	0.9552
16 – 20	28	7.9	0.020	3.4328
21 – 25	16	10.2	0.041	5.0736
26 – 30	28	12.5	0.065	17.2088
31 – 35	19	12.5	0.085	15.2266
36 – 40	20	12.5	0.111	20.8640
41 – 45	8	12.5	0.140	10.6888
46 – 50	1	12.5	0.160	1.5776
51 – 55	2	12.5	0.200	3.9188

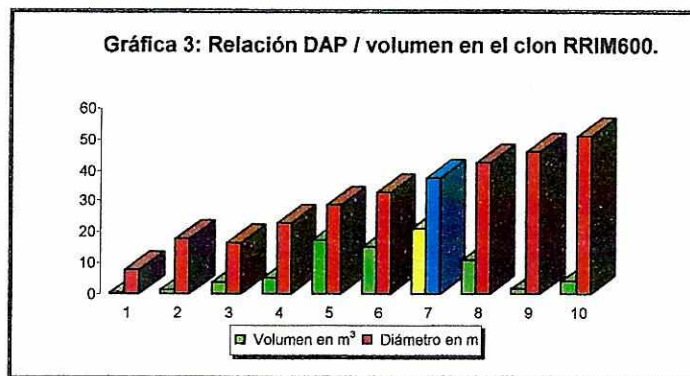
En el cuadro 14 se indica el número de árboles que tenía la parcela uno, así como también el área basal y el volumen con corteza total.



La gráfica 1 presenta la distribución de frecuencia de la parcela 1 del clon RRM600 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que las clases diamétrica que componen en su mayoría a la parcela 1 son la tercera que corresponde a (16 – 20cm) y la quinta que corresponde a (26 – 30cm), teniendo como clase diamétrica menor la novena clase diamétrica que corresponde a (46 – 50cm).

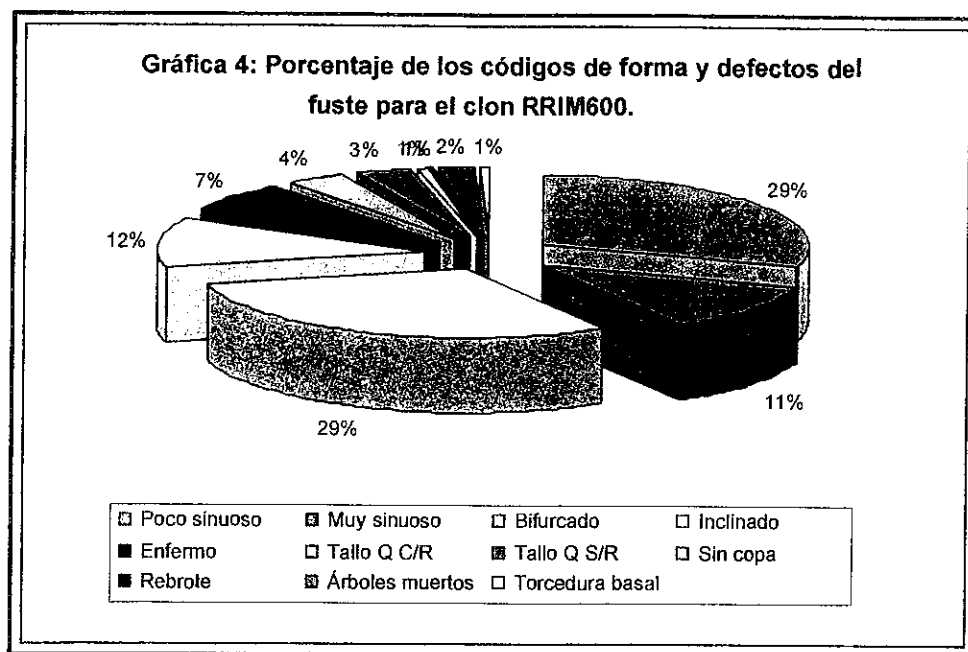


La gráfica 2 presenta la relación DAP / altura de la parcela 1 del clon RRIM600 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que el diámetro mayor tiene un valor de 52 centímetros con una altura de 12.5 metros. Ahora bien en la parcela 1, también está compuesta con árboles con una DAP de 8.0 centímetros con una altura de 8 metros.



La gráfica 3 presenta la relación volumen / DAP de la parcela 1 del clon RRIM600 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que la mayor cantidad de m³ se encuentra en los árboles que corresponden a la clase diamétrica de (36 – 40cm) con aproximadamente 21 m³ de madera.

Hay que tomar en cuenta que los árboles que corresponden a la clase diamétrica mayor, o sea (51 – 55cm) tienen una cantidad de m³ aproximada de 4 m³.



En la gráfica 4 se presenta la distribución del estado de los fustes en la parcela 1 del clon RRIM600 de la especie *Hevea brasiliensis*. Obsérvese que existe un 29% de árboles con fuste bifurcado y otro 29% de árboles con fuste con un porcentaje mínimo de inclinación. Existen también un 4% de árboles con fuste quebrado pero se han recuperado. Una observación importante es que del 100% sólo el 2% son árboles que ya están muertos, un 7% de árboles enfermos y otros 3% de árboles con fuste quebrado pero que no tuvo recuperación. Es importante mencionar que el 12% de los árboles si están inclinados y solo el 1% presentan torcedura en la base del árbol.

Cuadro 15. Volumen de $C_{\text{árbol}}$ son corteza y el volumen de esa corteza en la parcela número 1.

Clase diamétrica	V de cada árbol sin corteza (m ³) RRIM600	Volumen de la corteza (m ³)
5 - 10	0.0181	0.0050
11 - 15	0.1416	0.0175
16 - 20	0.1080	0.0145
21 - 25	0.2901	0.0269
26 - 30	0.5728	0.0417
31 - 35	0.9885	0.0547
36 - 40	0.7536	0.0478
41 - 45	1.2741	0.0619
46 - 50	1.5102	0.0673
51 - 55	1.8842	0.0713

En el cuadro 15 se indica el volumen en m³ sin corteza total de los árboles ordenados por clases diamétricas y también el volumen en m³ de la corteza.

Cuadro 16. Densidad y el volumen por hectárea del clon RRIM600.

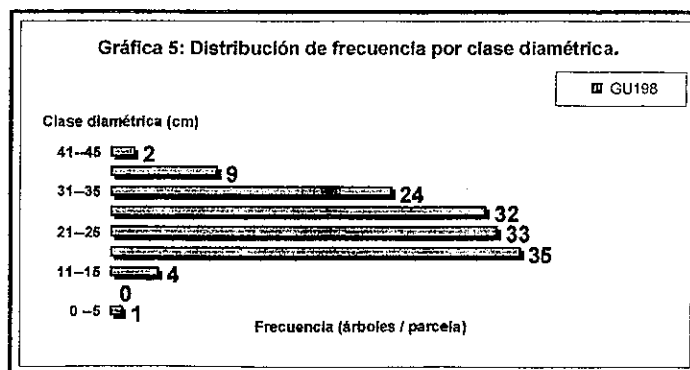
Densidad		Volumen total	
Árboles / ha	Área basal / ha en m ²	m ³ / Parcela	m ³ / ha
370	2.361	79	220
265 DAP (21 a 55) cm.	_____	_____	209
105 DAP (5 a 20) cm.	_____	_____	14

En el cuadro 16 se indica la densidad de árboles y el volumen en metros cúbicos por hectárea del clon RRIM600 representando a la parcela 1 perteneciente a la finca Santa Elena, así como también los metros cúbicos de madera para productos de dimensiones grandes y dimensiones pequeñas.

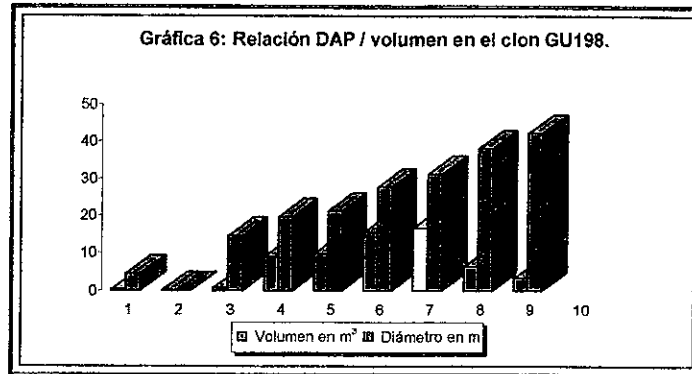
Cuadro 17. Número de árboles, altura, área basal y volumen en la parcela número 2 con un área de 3600 m².

Clase diamétrica	No árboles		Volumen total	
	parcela # 2 GU198	H (m)	AB (m ²)	con corteza (m ³)
0-5	1	8.0	0.00158	0.0950
6-10	0	0.00	0.0000	0.0000
11-15	4	8.0	0.0171	0.4104
16-20	35	11.4	0.0307	9.1980
21-25	33	10.8	0.0361	9.6624
26-30	32	10.8	0.0607	15.734
31-35	24	12.0	0.0778	16.812
36-40	9	8.0	0.1140	6.1596
41-45	2	15.5	0.1417	3.2966

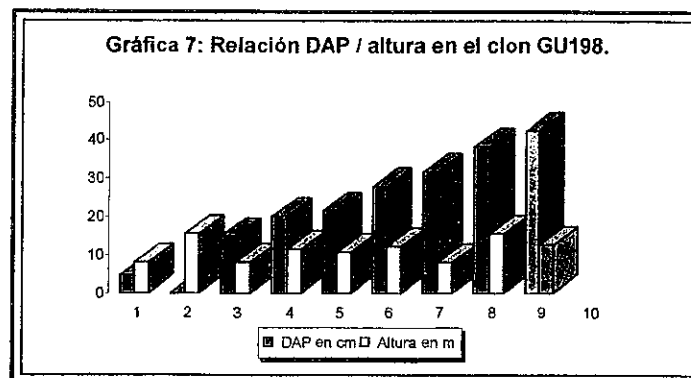
En el cuadro 17 se indica el número de árboles que tenía la parcela dos, así como también el área basal y el volumen con corteza total.



La gráfica 5 presenta la distribución de frecuencia de la parcela 2 del clon GU198 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que las clases diamétrica que componen en su mayoría a la parcela 2 son la cuarta que corresponde a (16 – 20cm) y la quinta que corresponde a (26 – 30cm), teniendo como clase diamétrica menor la novena clase diamétrica que corresponde a (41 – 45cm).



La gráfica 6 presenta la relación volumen / DAP de la parcela 2 del clon GU198 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que la mayor cantidad de m³ se encuentra en los árboles que corresponden a la clase diamétrica de (31 – 35cm) con aproximadamente 17 m³ de madera. Hay que tomar en cuenta que los árboles que corresponden a la clase diamétrica mayor, o sea (41 – 45cm) tienen una cantidad de m³ aproximada de 4 m³.



La gráfica 7 presenta la relación DAP / altura de la parcela 2 del clon GU198 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que el diámetro mayor tiene un valor de 42.5 centímetros con una altura de 15.5 metros. Ahora bien en la parcela 2, también esta compuesta con árboles con una DAP de 4.5 centímetros con una altura de 8 metros.

Cuadro 19. Presenta la densidad y el volumen por hectárea del clon GU198.

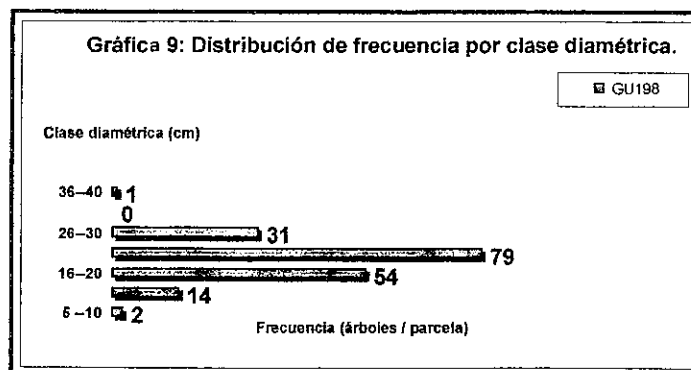
Densidad		Volumen total	
Área basal / ha en m ²			
Árboles / ha		m ³ / Parcela	m ³ / ha
389	1.34	62	172
279 DAP (21 a 45)			
cm.	-----	-----	144
111 DAP (0 a 20)			
cm.	-----	-----	27

En el cuadro 19 se indica la densidad de árboles y el volumen en metros cúbicos por hectárea del clon GU198 representando a la parcela 2 perteneciente a la finca Santa Elena, así como también los metros cúbicos de madera para productos de dimensiones grandes y dimensiones pequeñas.

Cuadro 20. Número de árboles, altura, área basal y volumen en la parcela número 3 con un área de 3600 m².

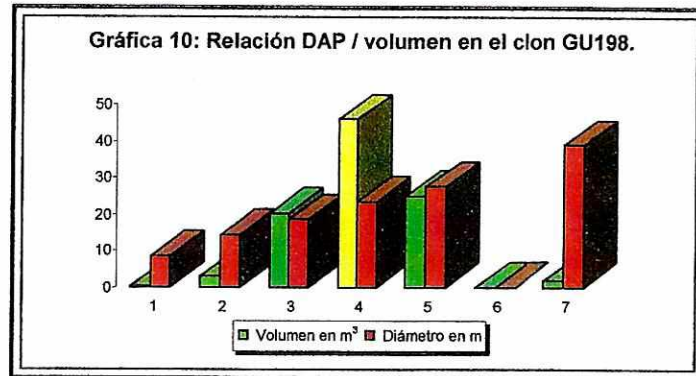
Clase diamétrica	No árboles			Volumen total con corteza (m ³)
	parcela # 3 GU198	H (m)	AB (m ²)	
5 - 10	2	12.5	0.00553	0.1003
11 - 15	14	16.0	0.0164	2.7566
16 - 20	54	19.0	0.0269	20.3785
21 - 25	79	18.17	0.0426	46.0000
26 - 30	31	18.0	0.0597	25.0232
31 - 35	0	0.00	0.000	0.0000
36 - 40	1	19.0	0.1193	1.7014

En el cuadro 20 se indica el número de árboles que tenía la parcela tres, así como también el área basal y el volumen con corteza total.

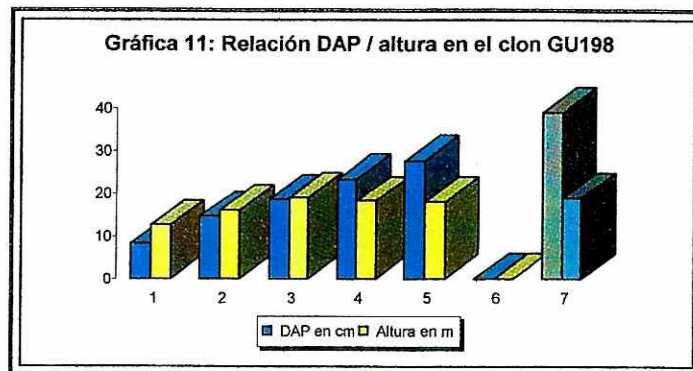


La gráfica 9 presenta la distribución de frecuencia de la parcela 3 del clon GU198 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que las clases diamétrica que componen en su mayoría a la parcela 3 son la cuarta que corresponde a [21 -

25cm) y la tercera que corresponde a (16 – 20cm), teniendo como clase diamétrica menor la sexta clase diamétrica que corresponde a (36 – 40cm). En la parcela 3 hay que destacar que no habían árboles con diámetros que corresponderían a la clase diamétrica (31 – 35cm).

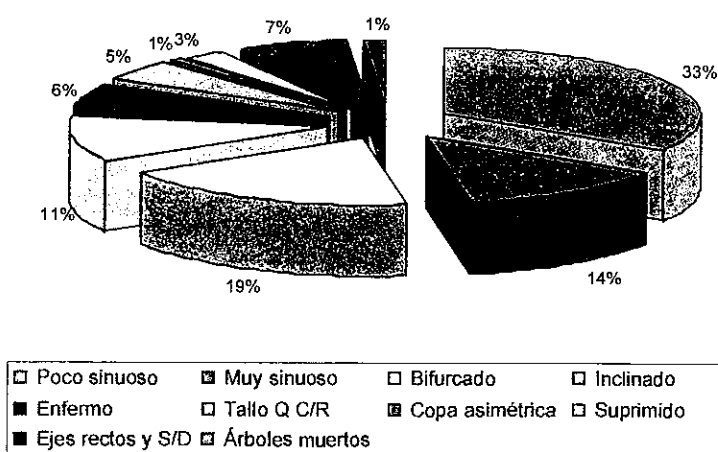


La gráfica 10 presenta la relación volumen / DAP de la parcela 3 del clon GU198 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que la mayor cantidad de m³ se encuentra en los árboles que corresponden a la clase diamétrica de (21 – 25cm) con aproximadamente 46 m³ de madera. Hay que tomar en cuenta que los árboles que corresponden a la clase diamétrica mayor, o sea (36 – 40cm) tienen una cantidad de m³ aproximada de 2 m³.



La gráfica 11 presenta la relación DAP / altura de la parcela 3 del clon GU198 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que el diámetro mayor tiene un valor de 39 centímetros con una altura de 19 metros. Ahora bien en la parcela 3, también está compuesta con árboles con una DAP de 8.4 centímetros con una altura de 12.5 metros.

Gráfica 12: Porcentaje de los códigos de forma y defectos del fuste para el clon GU198.



En la gráfica 12 se presenta la distribución del estado de los fustes en la parcela 3 del clon GU198 de la especie *Hevea brasiliensis*. Obsérvese que existe un 19% de árboles con fuste bifurcado y otro 33% de árboles con fuste con un porcentaje mínimo de inclinación. También existe un 14% de árboles que están totalmente inclinados. Existen también un 5% de árboles con fuste quebrado pero se han recuperado. Una observación importante es que del 100% un 1% de árboles presentan copa asimétrica. Es importante mencionar que 7% presentan eje recto y otro 1% de los árboles muertos.

Cuadro 21. Volumen de $V_{\text{árbol}}$ son corteza y el volumen de esa corteza en la parcela número 3.

Clase diamétrica	V de cada árbol sin corteza (m ³) GU198	Volumen de la corteza (m ³)
5 - 10	0.04029	0.01161
11 - 15	0.17066	0.0226
16 - 20	0.3441	0.0404
21 - 25	0.5326	0.0461
26 - 30	0.7498	0.05736
31 - 35	0	0.00
36 - 40	1.61529	0.0861

En el cuadro 21 se indica el volumen en m³ sin corteza total de los árboles ordenados por clases diamétricas y también el volumen en m³ de la corteza.

Cuadro 22. Presenta la densidad y el volumen por hectárea del clon GU198.

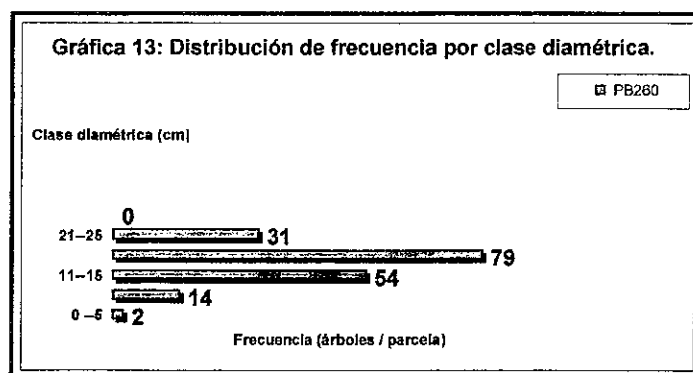
Densidad		Volumen total	
Árboles / ha	Área basal / ha en m ²	m ³ / Parcela	m ³ / ha
502	0.7511	95	264
308 DAP (21 a 40)			
cm.	-----	-----	200
195 DAP (5 a 20)			
cm.	-----	-----	64

En el cuadro 22 se indica la densidad de árboles y el volumen en metros cúbicos por hectárea del clon GU198 representando a la parcela 3 perteneciente a la finca San Isidro así como también los metros cúbicos de madera para productos de dimensiones grandes y dimensiones pequeñas.

Cuadro 23. Número de árboles, altura, área basal y volumen en la parcela número 4 con un área de 3600 m².

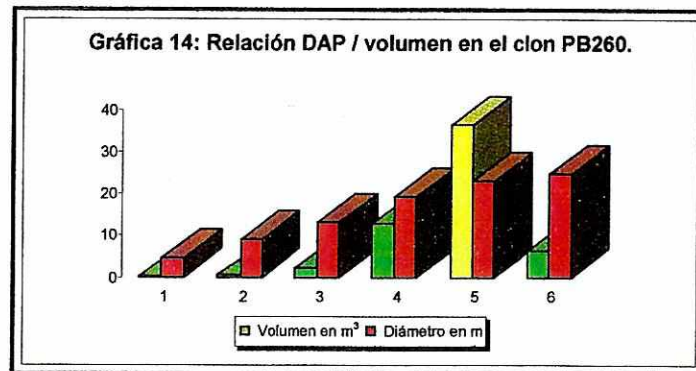
Clase diamétrica	No árboles		Volumen total	
	parcela # 4	H (m)	AB (m ²)	con corteza (m ³)
	PB260			
0 - 5	1	15.5	0.00158	0.0184
6 - 10	10	12.05	0.0063	0.5619
11 - 15	15	14.96	0.0139	2.3405
16 - 20	38	15.31	0.0292	12.7586
21 - 25	79	14.94	0.0423	36.5485
26 - 30	12	14.79	0.0479	6.3852

En el cuadro 23 se indica el número de árboles que tenía la parcela dos, así como también el área basal y el volumen con corteza total.

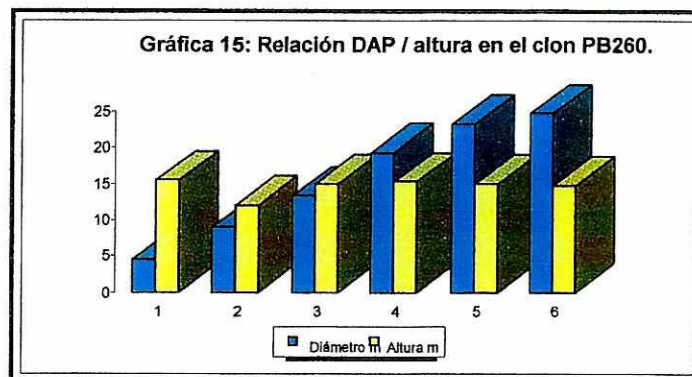


La gráfica 13 presenta la distribución de frecuencia de la parcela 4 del clon PB260 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que las clases diamétrica que componen en su mayoría a la parcela 4 son la cuarta que corresponde a (16 - 20cm) y la tercera que corresponde a (6 - 10cm), teniendo como clase diamétrica

menor la quinta clase diamétrica que corresponde a (21 – 25cm). En la parcela 4 hay que destacar que no habían árboles con diámetros que corresponderían a la clase diamétrica (26 – 30cm).

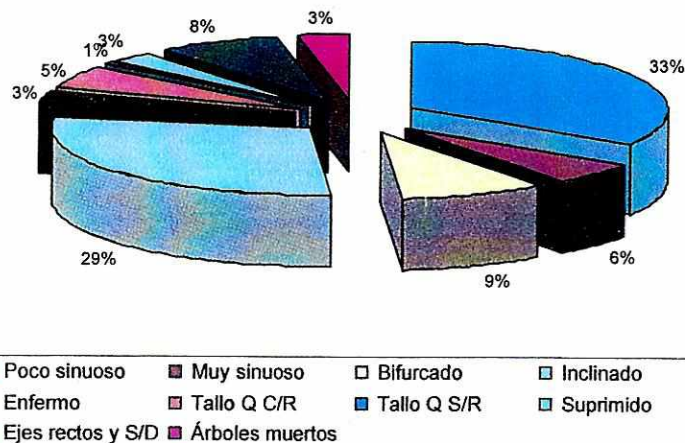


La gráfica 14 presenta la relación volumen / DAP de la parcela 4 del clon PB260 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que la mayor cantidad de m³ se encuentra en los árboles que corresponden a la clase diamétrica de (21 – 25cm) con aproximadamente 36 m³ de madera. Hay que tomar en cuenta que los árboles que corresponden a la clase diamétrica mayor, o sea (26 – 30cm) tienen una cantidad de m³ aproximada de 6 m³.



La gráfica 15 presenta la relación DAP / altura de la parcela 4 del clon PB260 de la especie *Hevea brasiliensis*. Se puede observar que el diámetro mayor tiene un valor de 25 centímetros con una altura de 15 metros. Ahora bien en la parcela 4, también está compuesta con árboles con una DAP de 4.5 centímetros con una altura de 15.5 metros.

Gráfica 16: Porcentaje de los códigos de forma y defectos del fuste para el clon PB260.



En la gráfica 16 se presenta la distribución del estado de los fustes en la parcela 4 del clon PB260 de la especie *Hevea brasiliensis*. Obsérvese que existe un 9% de árboles con fuste bifurcado y otro 33% de árboles con fuste con un porcentaje mínimo de inclinación. También existe un 6% de árboles que están totalmente inclinados. Existen también un 5% de árboles con fuste quebrado, pero se han recuperado. Una observación importante es que del 100% un 8% de árboles presentan ejes rectos. Es importante mencionar que 3% de los árboles muertos.

Cuadro 24. Volumen de V_c árbol son corteza y el volumen de esa corteza en la parcela número 4.

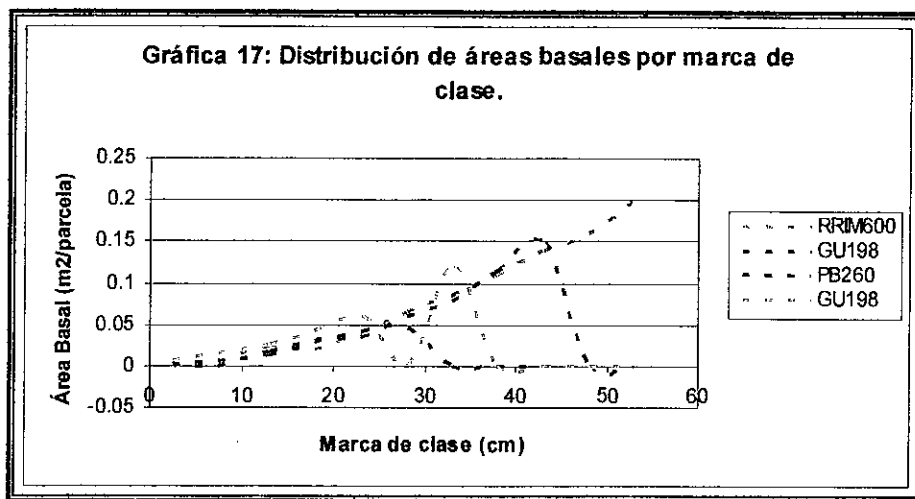
Clase diamétrica	V de cada árbol sin corteza (m^3) PB260	Volumen de la corteza (m^3)
0 - 5	0.0111	0.0074
6 - 10	0.0442	0.0119
11 - 15	0.1334	0.0226
16 - 20	0.3019	0.0338
21 - 25	0.4346	0.0400
26 - 30	0.4899	0.0422

En el cuadro 24 se indica el volumen en m^3 sin corteza total de los árboles ordenados por clases diamétricas y también el volumen en m^3 de la corteza.

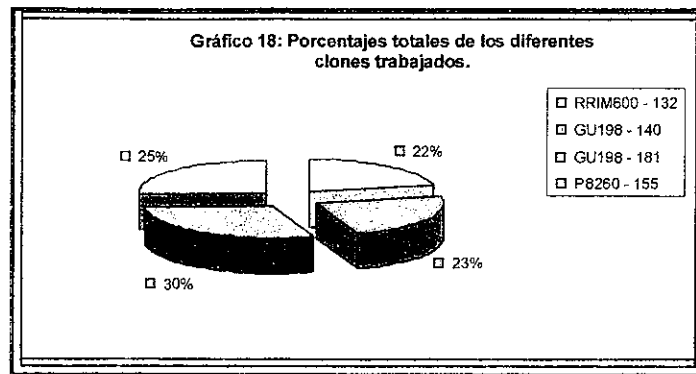
Cuadro 25. Presenta la densidad y el volumen por hectárea del clon PB260.

Densidad		Volumen total	
Árboles / ha	Área basal / ha en m ²	m ³ / Parcela	m ³ / ha
431	0.392	59	164
252 DAP (21 a 30) cm.		-----	122
171 DAP (0 a 20) cm.		-----	43

En el cuadro 25 se indica la densidad de árboles y el volumen en metros cúbicos por hectárea del clon PB260 pertenecientes a la parcela 4 perteneciente a la finca San Isidro así como también los metros cúbicos de madera para productos de dimensiones grandes y dimensiones pequeñas.



En la gráfica 17 muestra cómo se distribuye el área basal de los cuatro clones. Obsérvese que la curva del clon GU198 en lugar de tener una forma gaussiana (campana simétrica y bien formada), tiene dos picos, uno entre las marca 25; otro sobre las marcas 20.0 y 30.0. La curva del clon PB260 tiene un pequeño pico entre las marcas de clase 20.0 y 30.0. La curva del clon GU198 presenta un pequeño desplazamiento hacia la derecha entre las marcas de clase 40.0 y 30.0. El único clon que presenta una curva exponencial fue RRIM600.



La gráfica 18 muestra que porcentaje de árboles por clon trabajado. Obsérvese que el mayor porcentaje pertenece al clon GU198 con la cantidad de 181 árboles lo cual equivale a unos 30%, sembrados a un distanciamiento de $3.3 * 7.0$ metros. Ahora bien el menor porcentaje pertenece al clon RRIM600 con la cantidad de 132 árboles lo cual equivale a unos 22%, sembrados a un distanciamiento de $6 * 3$ metros.

VII. Propuesta técnica para el manejo de las plantaciones

La propuesta técnica para el caso de las fincas San Isidro Piedra Parada y Santa Elena es un plan piloto de manejo que contempla aspectos silviculturales como la extracción de madera.

A. Objetivos del plan de manejo

Por medio de este plan se pretende la extracción de madera de la especie (*Hevea brasiliensis*). Por otro lado, también se persigue que el manejo del árbol sea una actividad rentable, es decir que genere bienes económicos desde un punto de vista maderable.

B. Unidades de plan de manejo

Para determinar el área considerada dentro del plan de manejo, se tomaron en cuenta las cantidad de árboles que presentaban una inclinación desfavorable para las características físico – mecánicas de la madera, así como también que tanta bifurcación presentaban los árboles.

Cuadro 26: Número de árboles por hectárea

Nombre del clon	Número de árboles
RRIM600	370
GU198	389
GU198	502
PB260	431

En los siguientes párrafos se da una breve descripción de cada una de las parcelas de manejo.

1. **Parcela #1.** Representada por el clon RRIM600, ubicada en la finca Santa Elena. Presenta aproximadamente 5 árboles por hectárea con diámetros mayores a 50 centímetros, aunque esta unidad está conformada

en su gran mayoría por 78 árboles por hectárea con un diámetro promedio de 28 centímetros. Los árboles presentan un distanciamiento de $6 * 3$, bastante ordenada, con un gran porcentaje de sombra, cosa que ayuda a que no exista ninguna necesidad del deshierbe. Esta unidad a pesar de tener vocación agrícola con la extracción de látex, también posee una gran vocación forestal, debido al potencial maderable del clon.

2. Parcela #2. Representada por el clon GU198, ubicada en la finca Santa Elena. Presenta 5 árboles por hectárea con diámetros mayores a 40 centímetros, aunque esta unidad está conformada en su mayoría por 98 árboles por hectárea con un diámetro promedio de 18 centímetros. Al igual que la unidad 1, los árboles presentan un distanciamiento de $6 * 3$, no tan ordenada, con un menor porcentaje de sombra, cosa que ayuda a que existan las hierbas entre los surcos. Al igual que la unidad 1, la unidad 2 también posee una vocación forestal ya que un gran porcentaje de los árboles presentan características deseables para la obtención de madera limpia.

3. Parcela #3. Representada por el clon GU198. Presenta 3 árboles por hectárea con diámetros mayores a 39 centímetros, aunque esta unidad está conformada en su mayoría por 219 árboles por hectárea con un diámetro promedio de 25 centímetros. Los árboles presentan un distanciamiento de $7 * 3.3$, bastante ordenada, con un gran porcentaje de luz, cosa que ayuda a que exista la necesidad del deshierbe. Esta unidad también posee una vocación forestal.

4. Parcela #4. Representada por el clon PB260. Presenta aproximadamente 33 árboles por hectárea con diámetros mayores a 25 centímetros, aunque esta unidad está conformada en su mayoría por 219 árboles por hectárea con un diámetro promedio de 23 centímetros. Los árboles presentan un distanciamiento de $7 * 3.3$, bastante ordenada, con un gran porcentaje de luz, cosa que ayuda a que exista la necesidad del deshierbe. Esta unidad a diferencia de las tres anteriores es la que menos vocación forestal presenta

debido a lo frágil que son los árboles ya que presentan una inclinación bastante pronunciada debido a factores climáticos.

C. Criterios silviculturales

El sistema de manejo consiste en la manipulación de las parcelas de trabajo, con el fin de extraer la mayor madera que sea posible, para tener al final una plantación normal o sea aquella plantación en la cual exista un crecimiento relativamente constante (ya sea en diámetro, altura o volumen) y donde también las clases diamétrica generen una curva normal simétrica.

1. Cortas. Para la realización de las cortas se dividió la plantación en estudio en dos grupos: grupo A y grupo B. El primer grupo lo conforman los árboles con diámetros menores y el grupo B es conformado por diámetros mayores.

Nota: La actividad de corte se realiza a partir de los 25 años, que es cuando los árboles de hule pierden sus características de producción de látex, se procederá al aprovechamiento forestal.

Cuadro 27: Número de árboles a cortar y metros cúbicos a extraer según la clase diamétrica.

Ción	Número de árboles / ha	DAP en		Área basal m ²
		centímetros	m ³ /ha	
Finca Santa Elena	256	21 - 45	219	2.227
	95	5 - 20	14	0.133
	279	21 - 45	144	1.195
	111	0 - 20	27	0.137
Finca San Isidro Piedra Parada	308	21 - 40	200	0.615
	195	5 - 20	64	0.135
	252	21 - 30	122	0.250
	171	0 - 20	43	0.141

2. Protección forestal. La prevención de incendios es muy importante, ya que el hule es susceptible al daño por fuego como cualquier especies maderable.

Para evitar la aparición de incendios y poder actuar eficientemente en el control de los incendios que pudieran suscitarse, se sugiere llevar a cabo las siguientes actividades:

- ▣ Vigilancia: vigilar principalmente en la época seca, los linderos de las fincas y áreas críticas a incendios forestales (áreas expuestas a depósitos de basura producida por los trabajadores de la misma.

- ▣ Organización y capacitación: organizar y capacitar permite un mejor resultado a la hora de un incendio forestal. Es recomendable que exista un personal capacitado sólo para este tipo de situaciones, tanto en las fincas como en los alrededores de las mismas, que no sean los mismos trabajadores que están extrayendo látex.

- ▣ Herramientas: Son aconsejables por lo menos tener en la finca las siguientes herramientas: Rastillo forestal, pala forestal, bomba de mochila, machetes, azadones.

- ▣ Equipo: Las prendas y el equipo básico de seguridad son los siguientes: casco, uniforme, guantes de cuero, lentes y mascarillas, linternas, botas de cuero, botiquín.

- ▣ Establecimiento de líneas de control: Se refieren a las barreras naturales o construidas para el controlar los incendios. Pueden ser ríos, caminos, carreteras. Terrenos rocosos, (aunque en este tipo de plantaciones la pedregosidad es casi nula), y los caminos son lo suficientemente grandes, lo cual da como resultado un buen control a la hora de un imprevisto de este tipo.

D. Control de plagas y enfermedades

Es necesario vigilar el estado fitosanitario del bosque para detectar a tiempo plagas y enfermedades que puedan causar algún tipo de daño económico.

- ☐ Plagas: En los árboles de hule la vigilancia debe estar dirigida hacia la aparición de Brown Bast y Moho gris como es el caso de la finca San Isidro Piedra Parada. Ahora bien el método de control es la violeta genciana. En el caso de la finca Santa Elena para el problema de *Phytophthora palmivora* se trata de sanar con una mezcla de Benlate + Sandofan + adherente + colorante + un regulador de pH. Otro método más efectivo sería el salvamento, o sea la remoción, el descortezamiento, quema de corteza y la utilización o eliminación de los árboles infestados. El salvamento es un método que puede ser aplicable para las dos fincas.

E. Aprovechamiento de las cuatro parcelas

1. Aprovechamiento. El aprovechamiento consistirá únicamente en la extracción de trozas por los caminos secundarios hasta llegar a la bacadilla donde serán dirigidas a los diferentes aserraderos para convertir la materia prima en productos con un valor económico.

2. Extracción de madera. El volumen de madera a extraer en cada finca así como también el número de árboles es la siguiente:

Cuadro 28: Volúmenes a aprovechar por hectárea de los clones maderables RRIM600 y GU198.

Nombre de la finca	No. de árboles	(m ³ /ha)	
Finca Santa Elena	390	171	
Finca San Isidro	503	264	
No. de árboles y volumen/ha	351	668	Promedio de (m³/ha) 223.00

El cuadro 28 presenta la cantidad por finca de trabajo de volumen aproximado, que se extraerán luego de un período de 25 años por medio de tala raza.

3. Tala. La tala se realizará por medio de un personal calificado, con motosierra y se debe orientar la caída de los árboles, de tal manera que no se cause daño a los árboles que se encuentran todavía en pie.

F. Ganancias de las actividades

El objetivo fundamental de este plan de manejo es generar beneficios económicos a partir del manejo de la madera de los árboles de *Hevea brasiliensis*.

Cuadro 29: Ingresos adicionales al cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*).

Variables	Valores aproximados
Precio de la madera en mercado	Q 0.50 por pie tablar
c/árbol tiene	0.5 m ³ pie tablares por árbol
Una hectárea promedio tiene	414 árboles
1 m ³ tiene	424 pies tablares
% de los clones RRIM600 y GU198 para producción forestal	80 %
$0.5 * 424 = 227$ pies tablares/árbol	
1 árbol – 227 pies tablares * 0.5 = Q 113.50	
414 árboles * Q 113.50 * 0.80 = Q 37,591.20	

El cuadro 29, se observa el análisis de ingresos a la hora de trabajar el árbol de hule como producción forestal, teniendo una ganancia aproximada de **Q 37,591.20**.

VIII. Discusión

Para la evaluación de dos plantaciones forestales se procedió a la elaboración de cuatro parcelas cuadradas de 3600 m², ya que este tipo de parcelas disminuyen al mínimo los árboles límites o de borde. La razón por la cual se hicieron sólo cuatro parcelas, es por la manera como estaban constituidas las dos fincas, ya que la mayoría de árboles plantados en dichas fincas no tenían la edad suficiente para obtener estimaciones aceptables, entonces lo que se busco en este tipo de evaluación fue estudiar árboles que ya estuvieran a punto de terminar su ciclo agrícola para proceder a darle otro tipo de uso a la madera.

Los clones RRIM600 y GU198 plantados en las fincas Santa Rita y San Isidro Piedra Parada, es un clon con potencial forestal para la extracción de madera, por la cantidad de metros cúbicos de madera por hectárea que se pueden obtener en un mínimo de 25 años de edad (223 m³/ha). Ese volumen es resultado de un área basal de 2.56 m²/ha, una altura promedio de 11 metros. Otra razón por la cual este clon tiene potencial forestal es porque por hectárea existen aproximadamente 390 árboles con un DAP entre 21 y 55 centímetros, diámetros que pueden ser utilizados para tablex y tablas.

En contraste se tiene el clon PB260 perteneciente a la finca San Isidro Piedra Parada, es un clon que no tiene potencial forestal debido a sus pobres características forestales, es un clon que con facilidad presenta una inclinación desfavorable de aproximadamente de un 33% porque el árbol no presenta un asentamiento en el suelo que le permitiera reforzarse contra uno de los factores ambientales que pueden afectar la fenología del árbol el viento.

Dicha inclinación afecta la calidad de madera porque presenta el fenómeno de madera tensada, lo cual puede llegar a largo plazo a un rompimiento total de la fibra. En lo que respecta al área basal el gran número de árboles por unidad de superficie hacen que el área basal sea disminuida

con un valor de 0.392 m²/has esto conlleva a un tamaño de troza menor en comparación a los otros tres clones. Presentó un porcentaje de bifurcación mucho menor que los demás pero el distanciamiento era menor lo que da como resultado clases diamétricas menores que si pueden utilizarse para productos maderables de menor tamaño como por ejemplo, molduras de ventanas entre otras.

Ahora bien en la parcela de trabajo número dos representada por el clon GU198 Finca Santa Elena existe una distribución de área basal es unimodal, con un pico. Este pico representa que la mayoría del área basal de este clon se encuentra entre los 40 – 50 centímetro de diámetro.

En la unidad de trabajo número cuatro representada por el clon PB260 existe una distribución de área basal es unimodal, con un pico. Este pico representa que la mayoría del área basal de e este clon se encuentra entre los 20 – 30 centímetro de diámetro.

Para el manejo de las plantaciones la manera de aprovechamiento es la tala raza, ya que si se realiza algún otro tipo de tratamiento silvicultural se encontrará a corto plazo las malezas y combatirlas ya no sería rentable en términos económicos, entonces lo que se puede hacer es marcar los árboles que son ideales para productos maderables grandes como por ejemplo paredes y pisos de madera, también tablas de madera fibrosa así como también como tablex y productos maderables pequeños como molduras de muebles y ventanas.

Luego de haber evaluado plantaciones de hule se puede decir que la madera tiene un uso forestal entre los 25 y 30 años de edad porque existe, ya que podría suplir a la demanda de madera de áreas forestales que actualmente están disponibles para la explotación forestal especies comunes como pino y latifoliadas como teca, palo blanco entre otras muchas más para la elaboración de productos forestales. Otra razón por la cual la madera del hule tiene vocación forestal es por las magníficas propiedades que tiene la madera para trabajarla, su color crema, abastecimiento seguro de los

programas de replantación entre otros son los factores que han favorecido el desarrollo y utilización.

Hay que tomar en cuenta algo importante la madera tiene grandes propiedades físico – mecánicas para el aserrado, secado, pero no sería naturalmente durable si no se tratara en procesos con preservadores cuando se está aserrando y luego de haberla apilado, y así poder ser usada económicamente, ya que una de las características de la parte interior de la madera en sí es el parénquima, que posee una gran cantidad de carbohidratos, lo cual causa que la madera, es tratada con tiempo pierda durabilidad.

Los árboles de hule no sólo podrían contribuir a la demanda de madera de nuestro país sino también contribuiría a la producción de materia prima para la generación de energía renovable, que es necesaria para la reducción de la dependencia de hidrocarburos así como también como combustible en procesos como el secado de la madera. Esa materia prima es la corteza de los árboles que es obtenida antes de someter el tronco a un proceso de aserrado.

IX. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones:

1. Luego de la evaluación forestal, se puede concluir que el potencial maderable de los clones RRIM600 y GU198 es de 223.0 m³/ha.
2. Luego de evaluar por códigos de forma el clon PB260, se puede llegar a la conclusión que estos tipos de árboles dan aproximadamente 160 m³ por hectárea, de madera de mala calidad debido a los altos porcentajes de inclinación (29%) y bifurcación (9%).
3. Después de haber calculado variables como diámetro a la altura de pecho y volumen en madera, se concluye que un aproximado de un 80% de los árboles, de los clones RRIM600 y GU198, su madera puede ser utilizada para producción de muebles y productos construidos con base de madera como tablex y tablas.
4. Con base a los resultados obtenidos de diámetro a la altura de pecho y volumen en madera, se concluye que un aproximado de un 20% de los árboles del clon PB260, luego de ser aprovechados, su madera puede ser utilizada para molduras de ventanas y complementos de muebles.
5. Luego de aprovechar los árboles de hule para la producción forestal, los ingresos por hectárea pueden significar Q 37,500 por venta de esa producción forestal.

Recomendaciones:

1. Al terminar el ciclo agrícola de las plantaciones de hule, se recomienda explotarlas con un enfoque forestal, por medio de tala raza, identificando los árboles con diámetros menores y diámetros mayores para saber que usos se le puede dar a la madera extraída.
2. Los clones RRIM600 y GU198 puede ser utilizados para la producción de madera, por sus características deseables para un forestal, o sea un fuste recto, un diámetro que oscila entre 20 a 50 centímetros en un termino de 25 años, y una altura de aproximadamente 12 metros.
3. El clon PB260 se debe de usar exclusivamente para la producción de látex, uso que actualmente se le da, ya que la madera que se extraería no sería de buena calidad ya que es un árbol que con facilidad presentaría madera tensada en pie debido a factores climáticos como el viento.
4. Se deben eliminar los árboles en las plantaciones que ya no tengan potencial forestal a largo plazo, ya que sólo están para competir por espacio, nutrientes, evitando que los árboles que están a su alrededor no aprovechen dichos recursos, no importando que todavía se puedan extraer látex de los mismos.
5. Hacer un estudio detallado de los procesos industriales del hule, ya que en países extranjeros como por ejemplo, Malasia se utiliza la madera del hule.

X. Bibliografía

- Compagnon, P. *Biología, Cultivo y Producción del caucho Natural*. Concejo Mexicano del Hule. México. 701 pp.
- Del Cid, R. 2003. *Evaluación de los Indicadores de Biodiversidad Forestal del convenio de diversidad biológica (CDB), utilizando las variables del inventario forestal nacional de Guatemala*. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 82 pp.
- (DIRECCIÓN DE DESARROLLO FORESTAL). 1976. Informe técnico: *Descripción y algunas características de veinte especies arbóreas del Ecuador*. DDF. Ecuador.
- Daniel, T, J. Helms y F. Backer. 1979. *Principles of Silviculture*. 2da edición, Mc Graw Hill Book Company. New York, E.U.A. 492 pp.
- Davis, K. 1966. *Forest Management: Regulation and Valuation*. 2da. Edición, Mc Graw Hill Book Company. New York, E.U.A. 519 p.
- Dawson, C. 1979. *Vademecum Forestal*. INTECAP. Guatemala. 42 pp.
- FAO. 1999. *Data on agriculture/agricultural production - primary crops/natural rubber*. En FAOSTAT - FAO statistical databases. Documento de Internet: <http://apps.fao.org>.
- Fernández, F. 1986. *Estructuras de Madera*. Editoriales Limusa, S.A. México, D.F. 367 pp.
- (INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES). 1999. *Manual Técnico Forestal*. Guatemala. 110 pp.
- (INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES). 2000. Informe técnico: Proyecto 7. "Manejo y Utilización Sostenible de los Bosques Naturales de Coníferas en Guatemala". PROCAFOR. Guatemala.
- (INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES). 2000. Informe técnico: Proyecto 7. "Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos". MIRA. Guatemala.
- Martínez, H. 1989. *El componente forestal en los Sistemas de finca de pequeños agricultores*. CATIE. Turrialba, C. R. 153 pp.
- Mcindoe, K. 1950. *Report on a visit to Clavellinas*. The Firestone Breeding Station in Guatemala.
- Mohd, S. 1994. *ARBOL DE HULE. Hevea brasiliensis*. FRIM. Malasia. 129 pp.

- Nájera P. *Manual Práctico 200 del cultivo del Hule*. Gremial de Huleros de Guatemala. Guatemala. 165 pp.
- Niembro, A. 1986. *Árboles y arbustos útiles de México*. Limusa. México, D. F. 206 pp.
- Pennington, T.D. & J. Sarukhán. 1998. *Árboles Tropicales de México*. 2da edición. Ediciones Científicas Universitarias. México D.F. 521 pp.
- Ramírez, L. 2002. *Inventario forestal y Plan de Manejo para la resinación de la especie Liquidámbar styraciflua L. en la finca Los Cimientos, San Jerónimo, Baja Verapaz*. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 78 pp.
- Rands, R.D. 1942. Hevea rubber culture in Latin America. I, II, III. *India Rubber World* 106(3): 3 – 19.
- Salazar, R. 1989. *Manejo y Aprovechamiento de Plantaciones Forestales con Especies de uso Múltiple*. Actas Reunión IUFRO, Guatemala. 675 pp.
- Simmons, C. et al. 1959. *Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala*. Instituto Agropecuario Nacional, SCIDA. Guatemala. 999 pp.
- Turón, J., Pérez, M. 1997. *Enciclopedia de la Agricultura*. Idea Books. Barcelona España. 768 pp.

XI. Anexos

(Formulario 1)
PROYECTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MEDICIÓN
PLANTACIONES DE HULE.

Descripción general de la parcela.

Parcela No. _____

Nombre el sitio: _____

País: _____ Región: _____ Sub Región: _____

Establecida por: _____

Fecha de establecimiento: (dd/mm/aaaa): _____

Especie dominante: _____ Origen: _____

Área de parcela (há): _____

Fecha de regeneración: _____ (dd / mm / aaaa)

Modelo de corteza: _____

Hoja cartográfica: _____ Elevación: _____

Latitud: _____ Longitud: _____

Calidad de sitio: _____ I de sitio: _____

Aspecto: _____ Pendiente: _____

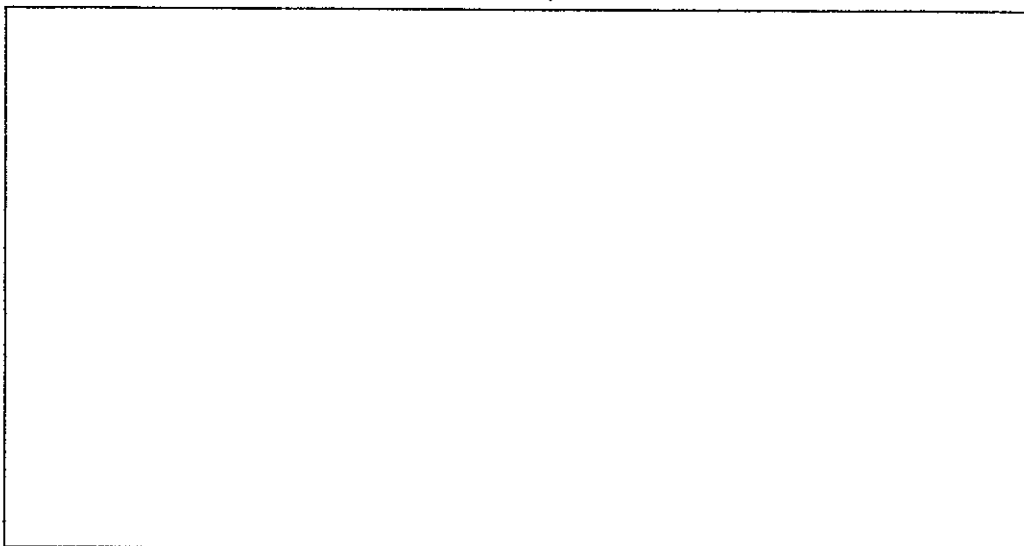
Tipo de suelo: _____ pH: _____

Pedregocidad: _____ Viento: _____

Erosión: _____ Zona de Vida: _____

Tipo de tenencia: _____ Propietario: _____

Croquis de la parcela:



Observaciones:

(Formulario 2)
 PROYECTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MEDICIÓN
 PLANTACIONES DE HULE.
 REGISTRO DE EDADES, VALORES DE CORTEZA E INCREMENTO y ALTURA.

Parcela No. _____ Ubicación: _____

Fecha: _____ Responsable: _____

Observaciones:

Árbol	DAP	Edad	Corteza Doble	Altura	Árbol	DAP	Edad	Corteza doble	Altura
1					16				
2					17				
3					18				
4					19				
5					20				
6					21				
7					22				
8					23				
9					24				
10					25				
11					26				
12					27				
13					28				
14					29				
15					30				

Fotografías:



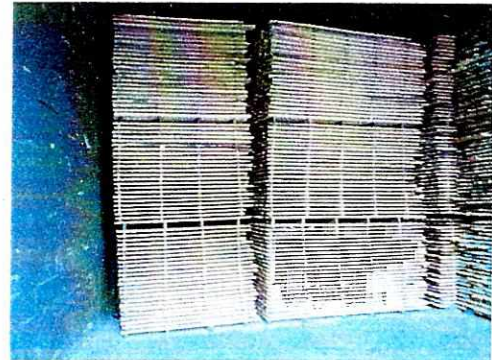
Fotografía 1. Presenta los árboles luego de la extracción en el patio de trozas.



Fotografía 2. Presenta los árboles descortezados listos para el aserrado.



Fotografía 3. Presenta el proceso de aserrado de la madera de hule.



Fotografía 4. Presenta la madera ya aserrada en el cuarto de apilado.



Fotografía 5. Presenta el clon PB260 de los árboles de hule en Finca San Isidro Piedra Parada así como también el grado de inclinación del clon.



Fotografía 6. Presenta el clon GU198 de los árboles de hule en la Finca San Isidro Piedra Parada así como el grosor del árbol.



Figura 7. Presenta el color de la madera de los árboles de hule.



Figura 8. Presenta las diámetro del clon PB260 así como el distanciamiento de los árboles en en la unidad de trabajo 4.