

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/263040453>

# Evaluación del Potencial de Residuos en Especies Forestales del Bosque Seco Chiquitano

Book · January 2008

---

CITATION

1

---

READS

590

2 authors, including:



Vincent Vroomans

Fundación Noel Kempff Mercado

6 PUBLICATIONS 149 CITATIONS

SEE PROFILE

# Evaluación del Potencial de Residuos en Especies Forestales del Bosque Seco Chiquitano



**Vincent Vroomans**

**Documento Técnico No. 2**

Enero de 2008  
SANTA CRUZ DE LA SIERRA - BOLIVIA

# EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RESIDUOS EN ESPECIES FORESTALES DEL BOSQUE SECO CHIKUITANO

AUTOR  
Vincent Vroomans\*

INSTITUTO BOLIVIANO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL (IBIF)



Documento Técnico # 2

Correspondencia del autor:

\*Instituto Boliviano de Investigación Forestal,  
Casilla # 6204, [vvroomans@ibifbolivia.org.bo](mailto:vvroomans@ibifbolivia.org.bo)  
Santa Cruz, Bolivia

Enero de 2008  
SANTA CRUZ DE LA SIERRA – BOLIVIA

Este estudio fue financiado por:  
Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano (FCBC)

Cita Bibliográfica:  
Vroomans, V. 2008. Evaluación del Potencial de Residuos en Especies Forestales del Bosque Seco Chiquitano. Documento Técnico # 2. Instituto Boliviano de Investigación Forestal. Santa Cruz, Bolivia

Colaboración de:  
Asociación Forestal de Madereros de San Miguel (ASL - AFOMASAM)

Financiamiento de diseño e impresión:  
WWF Bolivia / WWF Suecia / ASDI



La publicación de este libro fue posible gracias al apoyo de WWF Bolivia, WWF Suecia y ASDI. Las opiniones expresadas en este documento son las de los autores, y no necesariamente reflejan el criterio institucional de WWF ni el de ASDI.

Diagramación  
Barbián Comunicación

ISBN: 978-99905-950-2-4  
Depósito Legal: 8-2-102-08  
Impresión: Landivar SRL

Copyright©2008 by  
Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF)

## Agradecimientos

Para la realización del presente estudio fueron importantes los esfuerzos organizativos del presidente de la ASL AFOMASAM, Hipólito Dorado. Se expresa el agradecimiento para el Señor Eduardo Toledo, por su colaboración en la comunicación con la AFOMASAM, y para el Ingeniero Forestal Mario Montecinos, por proveernos los datos del aprovechamiento forestal necesarios para este trabajo. Finalmente, se agradece a todos los miembros de la ASL que colaboraron en la realización del presente estudio.

## Términos y abreviaciones

arrastre	Transporte de la tronca en el monte, desde el claro de corta hasta el punto de acopio, realizado con skidder o tractor.
ASL	Agrupación Social del Lugar
AFOMASAM	Asociación Forestal de Madereros de San Miguel
albura	La parte blanda exterior del tronco
despunte	El corte que hace el motosierrista para separar la tronca aprovechable de la copa del árbol.
duramen	La parte dura, o sea, el corazón del tronco que forma la madera.
FCBC	Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano
fuste	La parte de árbol a partir de las raíces hasta la primera rama (gruesa o considerable)
IBIF	Instituto Boliviano de Investigación Forestal
palca	El punto de división en el árbol de dos o más ramas
rodeo	Punto de acopio de troncas en el bosque a donde viene el camión para llevar la madera al aserradero u otro centro de procesamiento.
saneamiento	El proceso de liberar la tronca aprovechable de pedazos que son considerados no aprovechables (por ejemplo partes huecas, partidas o mal formadas).
troza	Un pedazo de tronca (puede ser aprovechable o no aprovechable/residual).
tronca	La parte del fuste cortado para su aprovechamiento todavía no partido en pedazos o trozas.
tocón	La base del árbol que queda después del corte de la tronca durante el aprovechamiento forestal. Esta parte puede quedar viva y rebrotar.

# Tabla de Contenido

Agradecimientos	3
Términos y abreviaciones	4
Tabla de Contenido	5
1. Introducción	6
1.1. Objetivo del estudio	8
2. Metodología	9
2.1. Zona de estudio	9
2.2. Área de manejo	10
2.3. Área de muestreo	11
2.4. Diseño y toma de datos	11
2.5. Análisis de datos	12
3. Resultados	13
3.1. Tipos de residuos y sus volúmenes	13
3.2. Cantidades de materia prima extrapoladas	16
3.3. Composición anatómica proporcional	17
3.4. Volúmenes disponibles de madera duramen utilizable	20
4. Discusión	23
5. Conclusiones	26
6. Recomendaciones	28
Literatura citada	31



# 1. Introducción

El aprovechamiento forestal comercial está en general caracterizado por la explotación de troncos de madera para ser aserrados en tablas. Esta actividad se enfoca específicamente en las maderas consideradas valiosas. Sin embargo, el aprovechamiento de troncos ocasiona fuertes impactos ambientales en el bosque. Por esto, especialmente en la última década, se ha promovido el uso de otras maderas que también son de buena calidad para diferentes propósitos. De esta manera el manejo forestal, en conjunto con la aplicación de normas técnicas, avanza a un nivel integrador, mejor controlado y con una mejor relación entre los daños causados y las ganancias generadas. El efecto que se intenta lograr es que el mayor rendimiento del bosque ayude a la conservación del mismo, ya que la vegetación considerada de bajo valor, generalmente es cambiada a otros usos de la tierra como la agricultura y la ganadería, que obviamente no brindan los mismos servicios ecológicos y ambientales.

En este sentido, es importante destacar el potencial que tienen varios productos que existen en nuestros bosques, que en este momento no son valorados. Dentro del marco maderero se constata que quedan muchos residuos del árbol aprovechado, en especial después de haber despuntado la copa del tronco, que son aprovechables. Si se pudiera utilizar estas partes remanentes del árbol, el aprovechamiento del bosque sería más integral y al mismo tiempo generaría más beneficios, produciendo prácticamente el mismo impacto al bosque.

El anhelo de usar la materia prima residual que se genera cada año cuando se aprovecha el bosque, ha motivado a la Asociación Social del Lugar AFOMASAM y a la Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano (FCBC), a desarrollar iniciativas para lograr un mayor nivel de manejo integral del bosque. La pregunta clave en el marco de estas iniciativas es: ¿cuál es verdaderamente el volumen aprovechable de los residuos y cuál sería realmente el progreso en términos ecológicos, ambientales y de eficiencia?

Este es el contexto en el que la FCBC propuso al Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), realizar un estudio que considere los aspectos mencionados para diferentes especies forestales, aptas para artesanía u otros usos. Específicamente se quiere conocer cuánto y qué tipo de residuos están disponibles y cuáles son las consecuencias que deben ser tomadas en cuenta si se quiere explotar este volumen.

En términos ecológicos, retirar de una forma racional los residuos del aprovechamiento forestal contribuye a disminuir los efectos relacionados con la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, así como a reducir los riesgos de incendios.

## 1.1. Objetivo del estudio

Evaluar la biomasa maderable de especies forestales del Bosque Seco Chiquitano, en la concesión forestal asignada a la ASL AFOMASAM (San Miguel, Velasco, Santa Cruz), considerando tanto el fuste como las demás partes residuales que tengan potencial para su transformación en productos maderables con valor comercial. Las especies de interés son: jichituriqui (*Aspidosperma* sp), momoqui (*Caesalpina pluviosa*), morado (*Machaerium scleroxylon*), roble (*Amburana cearensis*), sirari (*Copaifera chodatiana*), soto (*Schinopsis brasiliensis*), tajibo (*Tabebuia impetiginosa*), y verdolago (*Calycophyllum multiflorum*).



## 2. Metodología

### 2.1. Zona de estudio

El presente estudio fue realizado en el área de manejo de la ASL AFOMASAM. La ASL se encuentra al sur de San Miguel de Velasco a 300 km al noreste de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. El bosque del área de manejo está situado en el Escudo Precámbrico en la región brasileño-paranense, con un tipo de vegetación denominado como bosque seco chiquitano (Navarro & Maldonado 2004). Especies arbóreas comunes en estos bosques son *Anadenanthera colubrina* (curupaú), *Aspidosperma cylindrocarpon* (jichituriquí), *Astronium urundeuva* (cuchí), *Chorisia speciosa* (toborochí), *Ambura cearensis* (roble), *Machaerium scleroxylon* (morado), *Phyllostylon rhamnoides* (cuta), *Schinopsis brasiliensis* (soto), *Calycophyllum multiflorum* (verdolago) y *Tabebuia impetiginosa* (tajibo morado) (Killeen et al. 1998, Killeen et al. 1993).

La temperatura media anual es de 24,7 °C con una media mensual del mes más frío de 17,7 °C. Los meses secos comprenden desde mayo a septiembre, y los meses de mayor precipitación abarcan de octubre hasta abril con una precipitación promedio anual que varía de 600 a 2000 mm. (Ibisch et al. 2004, Montesinos 2000).



Figura 1. Ubicación geográfica del área de manejo de la ASL AFOMASAM en la provincia Velasco del departamento de Santa Cruz, Bolivia.

## 2.2. Área de manejo

La ASL AFOMASAM, fundada en 1998, tiene una superficie concesional de 46 623,77 ha y está ubicada aproximadamente a 80 km al suroeste de San Miguel de Velasco. Para la rotación de aprovechamiento se estableció un ciclo de corta de 25 años, con una superficie aproximada de 1820 ha para las áreas anuales de aprovechamiento (basada en una superficie productiva de 45 500 ha). Las especies maderables dentro de su concesión son: morado, roble, tajibo, verdolago, jichituriqi, azucaró, tasaá, momoqui, cuchi, sirari, soto, cuta y curupaú. El potencial de madera aprovechable en tronca es de 17 648 m<sup>3</sup> por año, además de una cosecha anual de 2919 troncas de cuchi, aptas para postes y utilizadas en la red eléctrica (Montesinos 2000).

En el área de manejo se han definido tres estratos de bosque clasificados según la altura del dosel (alto, mediano y bajo), con base en el inventario de reconocimiento con las siguientes composiciones:

Bosque alto (mayor a 15 m).- Este bosque está compuesto principalmente por *Amburana cearensis* (roble), *Anadenanthera colubrina* (curupaú), *Acosmiun cardenasii* (tasaá), *Phyllostylon rhamnoides* (cuta), *Caesalpinia pluviosa* (momoqui), *Tabebuia impetiginosa* (tajibo), *Aspidosperma rigidum* (jichituriqi), *Machaerium scleroxylon* (morado), *Astronium urundeuva* (cuchi) y *Ceiba samauma* (mapajo).

Bosque medio (entre 10 y 15 m).- En este tipo de bosque se encuentran *Machaerium* sp. (moradillo), *Cedrela fissilis* (cedro), *Maclura tinctoria* (mora), *Pterogyne nitens* (ajunao), *Zeyheria tuberculosa* (tajibo mono), *Ficus* spp. (bibosi), *Vitex cinnosa* (tarumá), con bastante presencia también de especies del estrato alto.

Bosque bajo (menor a 10 m).- Este bosque está formado por especies como *Anadenanthera colubrina* (curupaú), *Acosmiun cardenasii* (tasaá), *Phyllostylon rhamnoides* (cuta), *Caesalpinia pluviosa* (momoqui), *Tabebuia impetiginosa* (tajibo), *Aspidosperma rigidum* (jichituriqi), *Astronium urundeuva* (cuchi), con baja presencia de especies de los estratos alto y mediano (Montesinos 2000).

### 2.3. Área de muestreo

Para realizar las mediciones necesarias y estimar la disponibilidad de residuos se trabajó en un área de reciente aprovechamiento. Se utilizaron dos compartimientos, AAA-2001-C2 y AAA-2003-C1 (Fig. 2). Las superficies de los AAA son 302,85 ha (295,60 ha productivas) para 2001-C2 y 876,78 ha para 2003-C1.

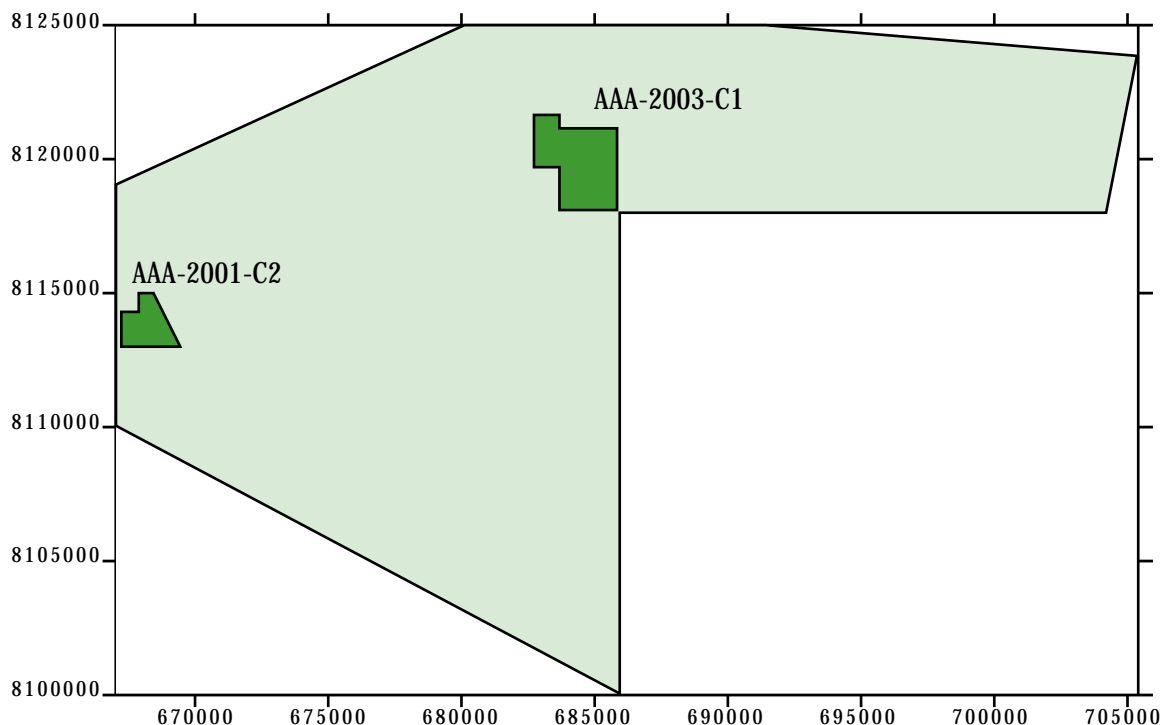


Figura 2. Polígono del área de manejo de la ASL AFOMASAM con ubicación de las áreas de muestreo AAA 2001-C2 y AAA 2003-C1.

### 2.4. Diseño y toma de datos

Como base para el estudio se tomó en cuenta el potencial que existe para los residuos del aprovechamiento maderero. En el caso de San Miguel de Velasco existen posibilidades de expansión para el sector artesanal y especialmente de talladores de madera. Por este motivo se seleccionaron especies que se consideran aptas para este fin (pensando también en herramientas adicionales para poder trabajar maderas más duras). Como referencia para este estudio, las especies tajibo, roble, morado, soto, verdolago, sirari y tarara fueron escogidas. Sin embargo, las condiciones del trabajo de campo permitieron muestrear todas estas especies excepto tarara. Adicionalmente se estudiaron dos especies más: jichituriqui y momoqui.

En base a los mapas de aprovechamiento se buscaron los árboles aprovechados para estudiar los volúmenes remanentes. Se midieron por separado los tocones, trozas saneadas, las trozas remanentes del despunte, las ramas con grosor mayor o igual

10 cm de diámetro y también las bifurcaciones (palcas) con los mismos criterios diamétricos. El volumen de las ramas con diámetros menores a 10 cm fue estimado en porcentaje de la copa total ya que no son considerados aptos para artesanías. De todas maneras vale mencionar que existen artesanías en las que ramas delgadas son utilizadas, pero esto depende de una demanda artística o basada en productos específicos, por lo que la cantidad de ramas disponibles es de bajo interés.

De las diferentes partes se midió el largo y el diámetro. Donde fue posible se midió el diámetro en forma de cruz en las partes cortadas, o utilizando cintas diamétricas. Las dimensiones de las troncas fueron medidas en el campo y se utilizó además la base de datos de AFOMASAM para esta información.

En las partes donde el tronco estaba cortado se midió, además del diámetro en forma de cruz, el tamaño del duramen, el tamaño de posibles huecos y el grosor de la corteza. La albura fue calculada en base a los datos medidos.

Para cada especie la copa de un individuo fue completamente picada con motosierra hasta lograr pedazos de 10 cm de diámetro, en los que se midió el tamaño del duramen, la corteza y los huecos. En total se estudiaron 68 árboles, 8 individuos fueron muestreados para cada una de las siguientes cuatro especies: jichituriqui, momoqui, sirari y verdolago y 9 individuos para las cuatro especies restantes: morado, roble, soto y tajibo.

## 2.5. Análisis de datos

El volumen de las diferentes partes fue calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$Volumen = \frac{A B_1 + A B_2}{2} * L$$

Para calcular el volumen de la palca se utilizó la siguiente ecuación:

$$Volumen = \left( \frac{(A B_1 / 2) + A B_2}{2} * L \right) + \left( \frac{(A B_1 / 2) + A B_3}{2} * L \right)$$

Donde:

AB = Área basal

L = Largo

El volumen del fuste fue basado solamente en el área basal superior. No se consideró el área basal de la parte inferior ya que los aletones causan una medición imprecisa y como consecuencia puede producir una subestimación del volumen del fuste. Se calculó el promedio de la altura del fuste (largo) proveniente de dos mediciones, esto debido a que el fuste generalmente no es cortado en un corte plano sino en diferentes niveles.

En base a la información sobre los volúmenes de las diferentes partes del árbol, por especie, se analizó la cantidad de materia aprovechable.

### 3. Resultados

#### 3.1. Tipos de residuos y sus volúmenes

Como resultado del muestreo se obtuvo el volumen promedio por árbol para las diferentes partes residuales y por especie. Los volúmenes de los tocones y de las partes que salen del fuste, como ser trozas saneadas y trozas que quedan conectadas con la copa después el despunte, son presentados en el Cuadro 1. Los volúmenes en los tocones fueron relativamente bajos debido a que estos tocones generalmente tienen longitudes de 50 cm aproximadamente. De igual manera fue bajo el volumen de sobrantes de la tronca, debido en parte a que no hubo muchos desperdicios en los claros de medición. En este cuadro también se presenta el número de individuos en los que se ha encontrado residuos del fuste. Por ejemplo, en el caso del jichituriqui de los 8 individuos muestreados, sólo un individuo tuvo sobrantes. Destacamos que existe la posibilidad de encontrar remanentes por saneamiento en los rodeos que no hemos podido encontrar. Sin embargo, en casos excepcionales, sí se encontró deshechos de árboles medidos en los rodeos, coincidiendo el número del árbol con la troza saneada.

Cuadro 1. Volúmenes (m<sup>3</sup>) de madera de residuos de tocones y del fuste en promedio por árbol para las ocho especies muestreadas.

Nombre común	Volumen promedio de tocones (m <sup>3</sup> )	Volumen promedio trozas del fuste (m <sup>3</sup> )*	Relación del número de árboles medidos y de árboles con trozas residuales. **
Jichituriqui	0,007	0,002	8 : 1
Momoqui	0,011	0,016	8 : 2
Morado	0,011	0,017	9 : 3
Roble	0,008	0,024	9 : 5
Sirari	0,009	0,001	8 : 1
Soto	0,014	0,047	9 : 8
Tajibo	0,008	0,038	9 : 7
Verdolago	0,007	0,019	8 : 6

\* El volumen de las trozas incluye las del despunte y restos del saneamiento en rodeo.

\*\* El promedio de volumen de trozas por árbol es bajo debido a que no se encontró trozas como residuo en todos los árboles medidos (8 : 1 se refiere a ocho árboles medidos de los cuales un árbol tenía una o más trozas residuales).

Aparte de los residuos originados en el fuste, existen residuos de la copa. Se ha calculado los volúmenes derivados de las ramas y de las palcas, además se ha realizado una estimación del resto de la copa de ramas menores a 10 cm de diámetro. Los volúmenes calculados en ramas y palcas son mayores, ya que las ramas gruesas son dejadas completamente. Entre ramas y palcas existe un potencial de madera que oscila entre 1 y 2 m<sup>3</sup> por árbol (Cuadro 2). Estos valores son parecidos y a veces superiores a los volúmenes obtenidos por la extracción de la tronca. El roble fue la especie en la que se encontró el mayor volumen de madera proveniente de las ramas y de las palcas, siendo el verdolago la especie que registró el menor volumen.

Cuadro 2. Volúmenes promedio (m<sup>3</sup>) de residuos de las ramas, palcas (mayores a 10 cm de diámetro) y resto de la copa de ramas delgadas en promedio por árbol para las ocho especies muestreadas.

Nombre común	Volumen de ramas > a 10 cm de diámetro (m <sup>3</sup> )	Volumen de palcas > a 10 cm de diámetro (m <sup>3</sup> )	Volumen estimado de ramas > a 10 cm de diámetro (m <sup>3</sup> )
Jichituriqui	0,84	0,75	0,11
Momoqui	0,91	0,65	0,11
Morado	0,87	0,46	0,09
Roble	1,26	0,96	0,15
Sirari	0,81	0,84	0,09
Soto	0,88	0,55	0,08
Tajibo	0,77	0,43	0,08
Verdolago	0,63	0,41	0,13



En el Cuadro 3, se muestra el volumen total de residuos que se ha dejado en el bosque al aprovechar el fuste para producir madera aserrada o para producir durmientes (soto). Para su comparación se presenta el dato del volumen promedio por tronca aprovechada. Para todas las especies, excepto para el soto, el volumen como residuo en el bosque fue mayor en relación a la tronca que fue extraída. En el mismo cuadro se muestra el volumen total que suman las partes del fuste y de la copa. Es llamativo el alto volumen de residuos que presentó el roble y el bajo porcentaje de madera en el fuste. De manera similar, se encontró en el morado que un alto porcentaje (70%) del volumen de los árboles medidos provino de la copa. En cambio en el caso del soto, el 45% de la madera fue encontrado en la copa. De manera general, casi el 60% del volumen total de la madera de las especies estudiadas fue encontrado en la copa de los árboles (Cuadro 3).

Cuadro 3. Volúmenes promedio ( $m^3$ ) del total de residuos disponibles, como también el volumen de la tronca aprovechada y la suma de volúmenes del fuste con la copa en promedio por árbol para las ocho especies muestreadas, así como su relación porcentual.

Nombre común	Volumen de residuos por árbol ( $m^3$ )	Volumen de troncas aprovechadas ( $m^3$ )	Volumen total del fuste y copa por árbol ( $m^3$ )	Porcentaje de volumen en el fuste (%)	Porcentaje de volumen en la copa (%)
Jichituriqui	1,71	1,32	2,96	43,9	56,1
Momoqui	1,70	1,11	2,76	40,5	59,5
Morado	1,47	0,55	1,96	28,7	71,3
Roble	2,40	1,33	3,59	36,5	63,5
Sirari	1,76	0,95	2,62	35,4	64,6
Soto	1,57	1,78	3,28	55,0	45,0
Tajibo	1,33	1,26	2,52	50,5	49,5
Verdolago	1,20	1,03	2,15	47,3	52,7
				42,2	57,8



### 3.2. Cantidades de materia prima extrapoladas

La materia prima de madera en volumen, según la extrapolación a una hectárea, muestra diferentes cantidades según la especie. El mayor volumen remanente total disponible está en el roble, el tajibo y el verdolago. En cambio el momoqui y el sirari tienen los volúmenes totales más bajos (Cuadro 4). Extrapolando a una superficie de 1820 ha que tiene el AAA donde se recolectaron los datos, se puede decir que la cantidad de materia prima remanente es muy alta.

En la mayoría de los casos el volumen total de residuos es mayor al volumen existente en las troncas aprovechadas. Esto se da especialmente en el caso del morado que tiende a ser más del 70%. Sin embargo, en otras especies como el tajibo la relación es prácticamente 1:1.

Cuadro 4. Densidad de individuos (#/ha) y volumen estimado por superficie (m<sup>3</sup>/ha) para las especie estudiadas. La extrapolación de los volúmenes ha sido realizada para cada parte del árbol.

Nombre común	# ind/ha.	Volumen estimado (m <sup>3</sup> /ha)						
		Ramas	Palcas	Tocones	Trozaz	Total de residuos	Troncas aprovechadas	Suma de fuste y copa
Jichituriqui	0,35	0,297	0,264	0,003	0,001	0,604	0,467	1,072
Momoqui	0,17	0,154	0,111	0,002	0,003	0,289	0,188	0,477
Morado	0,71	0,625	0,328	0,008	0,012	1,035	0,388	1,423
Roble	0,83	1,036	0,794	0,007	0,020	1,984	1,097	3,081
Sirari	0,20	0,159	0,165	0,002	0,000	0,344	0,186	0,529
Soto	1,60	1,408	0,887	0,022	0,077	2,519	2,856	5,376
Tajibo	1,01	0,777	0,431	0,009	0,039	1,341	1,274	2,615
Verdolago	1,18	0,750	0,489	0,009	0,023	1,423	1,217	2,640

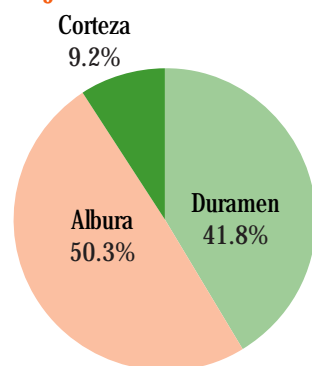
### *3.3. Composición anatómica proporcional*

Las diferentes capas que componen el fuste han sido medidas y consideradas en el análisis de la potencialidad del aprovechamiento de las partes remanentes. La relación porcentual de estas capas (duramen, albura y corteza) encontradas en las ocho especies muestreadas, son presentadas en la Figura 3. Los más altos porcentajes de duramen, de las ocho especies estudiadas, han sido registrados para las especies tajibo y morado, con 42 y 39% respectivamente. En cambio el verdolago obtuvo el menor porcentaje (13%) de duramen. Las otras 5 especies presentaron duramen entre 20-30%. En base a estos datos se puede determinar las diferencias entre las especies respecto a su rendimiento.

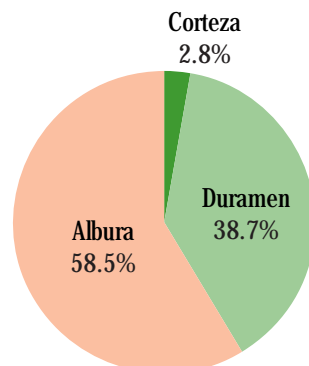
Los datos porcentuales de la distribución anatómica de la madera en las diferentes partes del árbol, considerándose el duramen, la albura y la corteza, son presentados en el Cuadro 5. Para relacionar el rendimiento entre copa y fuste consideramos los datos del tocón y las trozas como representativos del fuste, y juntando las ramas con las palcas para la copa. Las especies con mayor porcentaje de duramen en la copa fueron morado y tajibo, mientras que el soto y momoqui presentaron mayor porcentaje de duramen en el fuste. El tajibo fue una de las especies con mayor porcentaje de corteza.

En la distribución de la madera también se consideró la presencia de huecos, los que son comunes en algunas especies de la Chiquitania. Los resultados muestran que el morado es una de las especies con mayor porcentaje de huecos, tanto en las ramas como en las palcas y trozas. Sin embargo, el mayor porcentaje de huecos en los tocones fue encontrado en el roble y en el soto.

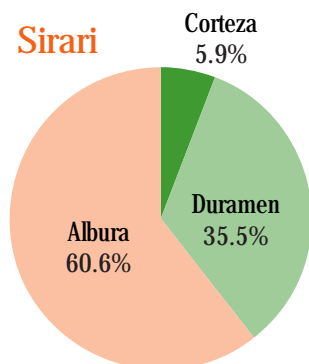
### Tajibo



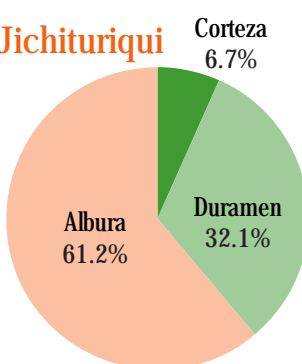
### Morado



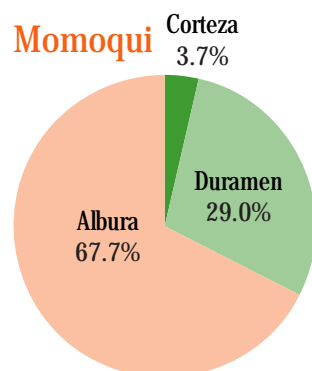
### Sirari



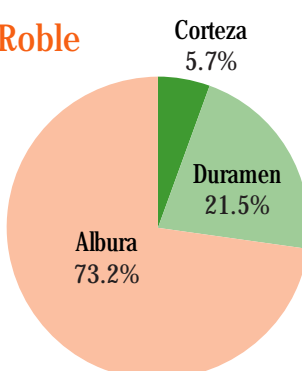
### Jichituriqui



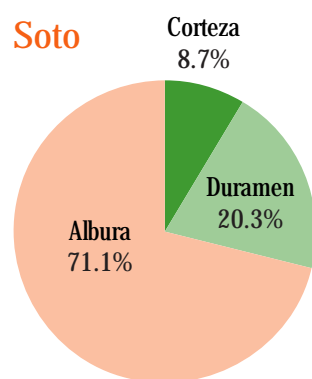
### Momoqui



### Roble



### Soto



### Verdolago

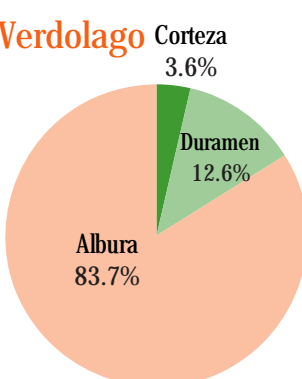


Figura 3. Composición proporcional de la corteza, albura y duramen en las ramas mayores a 10 cm de diámetro.

Cuadro 5. Volumen total (VT) de la madera (m<sup>3</sup>) según sus partes y porcentaje de la distribución anatómica de las diferentes partes del árbol y de la parte afectada con huecos. DUR = Duramen, ALB=Albura, COR=Corteza.

A

	COPA									
Nombre común	Ramas > 10 cm de diámetro					Palcas > 10 cm de diámetro				
	VT (m <sup>3</sup> )	DUR (%)	ALB (%)	COR (%)	Hueco (%)	VT (m <sup>3</sup> )	DUR (%)	ALB (%)	COR (%)	Hueco (%)
Jichituriqui	0,84	32,1	61,2	6,7	5,6	0,75	37,9	55,2	6,9	5,1
Momoqui	0,91	29,0	67,7	3,7	0,0	0,66	27,0	69,0	4,3	4,1
Morado	0,89	38,7	58,5	2,8	7,8	0,46	43,2	53,4	2,5	6,1
Roble	1,26	21,5	73,2	5,7	0,0	0,96	36,3	57,5	6,6	0,0
Sirari	0,81	33,5	60,6	5,9	0,0	0,84	36,1	57,8	6,4	2,0
Soto	0,88	20,3	71,1	8,7	0,0	0,55	39,6	52,7	7,7	0,8
Tajibo	0,77	41,8	50,3	9,2	0,0	0,43	41,2	47,4	7,8	3,4
Verdolago	0,63	12,6	83,7	3,6	6,7	0,41	15,6	79,5	3,8	6,7

B

	FUSTE									
Nombre común	Tocones					Trozas				
	VT (m <sup>3</sup> )	DUR (%)	ALB (%)	COR (%)	Hueco (%)	VT (m <sup>3</sup> )	DUR (%)	ALB (%)	COR (%)	Hueco (%)
Jichituriqui	0,007	63,0	30,1	6,9	2,6	0,002	64,2	31,3	4,5	3,4
Momoqui	0,011	68,5	29,0	2,5	3,3	0,016	83,2	14,5	2,2	4,0
Morado	0,012	53,3	45,0	1,7	2,6	0,017	60,5	37,8	1,7	5,1
Roble	0,008	57,7	37,7	4,6	4,5	0,024	54,2	40,3	5,6	2,4
Sirari	0,009	61,1	33,1	5,8	0,0	0,001	65,6	29,7	4,7	0,0
Soto	0,014	66,7	26,9	6,4	3,6	0,048	70,8	22,0	7,1	4,9
Tajibo	0,009	59,6	30,4	9,9	2,8	0,038	58,9	34,8	6,3	1,8
Verdolago	0,008	49,4	45,5	5,2	2,9	0,019	36,9	58,5	4,7	2,5

### 3.4. Volúmenes disponibles de duramen utilizable

Además de las capas anatómicas es importante conocer la presencia de huecos en las diferentes partes del árbol. En este tipo de bosque los huecos reducen notablemente el volumen aprovechable. En muchos casos las trozas son dejadas como residuo por causa de los huecos en el fuste.

La Figura 4 muestra, de manera general, el porcentaje que ocupan los huecos, en este caso en las partes remanentes. Es notable la baja susceptibilidad del roble y soto para la formación de huecos, los más susceptibles son morado, verdolago y jichituriqi. Mayores detalles sobre los huecos por especie y su distribución por partes del árbol, se encuentran en el Cuadro 5. Verdolago y jichituriqi pierden más volumen en las partes de la copa, el morado pierde mucho volumen tanto en la copa como en el fuste.

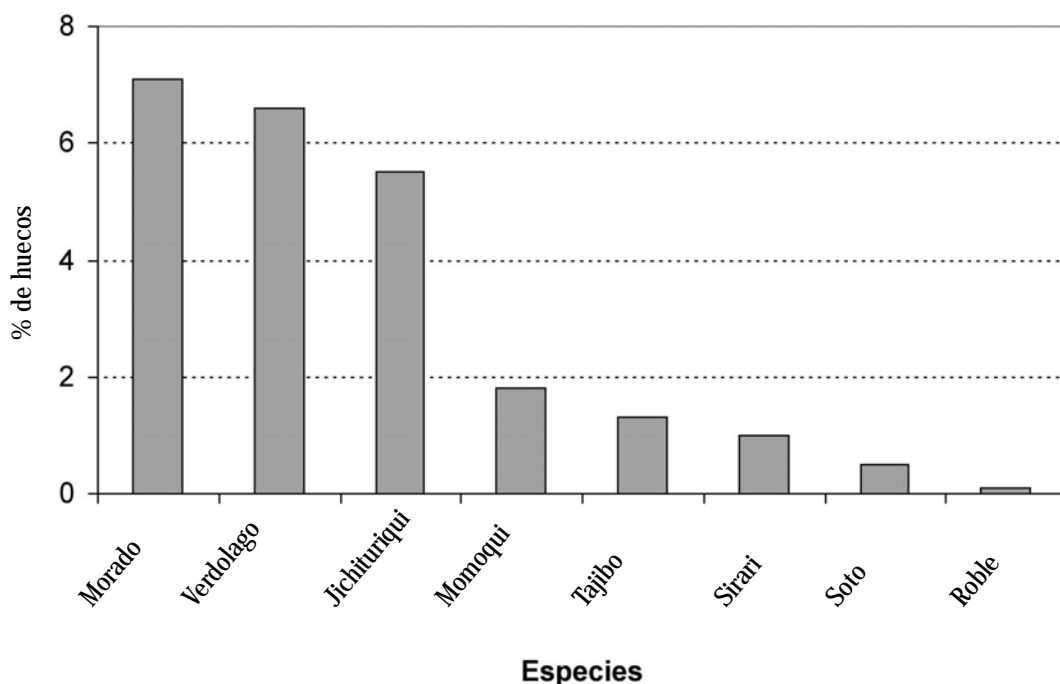


Figura 4. Porcentajes del volumen de los residuos que está formado por huecos en las ocho especies forestales del bosque seco chiquitano.

El total de la madera o duramen útil disponible proveniente de los remanentes de la tronca, después del aprovechamiento, y la relación con el volumen del duramen útil extraído para su aprovechamiento comercial, son presentados en el Cuadro 7. Para visualizar mejor esta relación se ha producido una figura que muestra cuánto es la proporción de los residuos y de la tronca aprovechada del volumen total del árbol (Figura 5).

Los resultados no presentan una tendencia notable que se pueda generalizar. En algunas especies, como el verdolago, el volumen de remanentes es muy inferior al de la tronca, pero otros casos, como el sirari, roble, tajibo, los volúmenes se acercan mucho a los de la tronca. Incluso en el caso del morado, una madera de alto valor y sin duda atractiva para productos artesanales y de mueblería, el volumen de los remanentes es mayor al volumen extraído en forma de tronca.

Cuadro 6. Volumen del duramen aprovechable (útil) de los residuos y de las troncas aprovechadas.

Nombre común	Volumen de los residuos* (m <sup>3</sup> )				Volumen de troncas aprovechadas (m <sup>3</sup> )	
	Volumen total	Hueco	Duramen	Duramen útil	Volumen total	Duramen útil
Jichituriqui	1,60	0,087	0,558	0,471	1,32	0,832
Momoqui	1,59	0,028	0,462	0,434	1,11	0,760
Morado	1,38	0,098	0,559	0,461	0,55	0,293
Roble	2,25	0,002	0,637	0,636	1,33	0,767
Sirari	1,67	0,017	0,583	0,566	0,95	0,580
Soto	1,49	0,007	0,439	0,431	1,78	1,187
Tajibo	1,24	0,016	0,525	0,509	1,26	0,751
Verdolago	1,08	0,070	0,156	0,085	1,03	0,509

\* Los residuos en forma de ramas delgadas (menor a 10 cm diámetro) no están incluidos en este total.

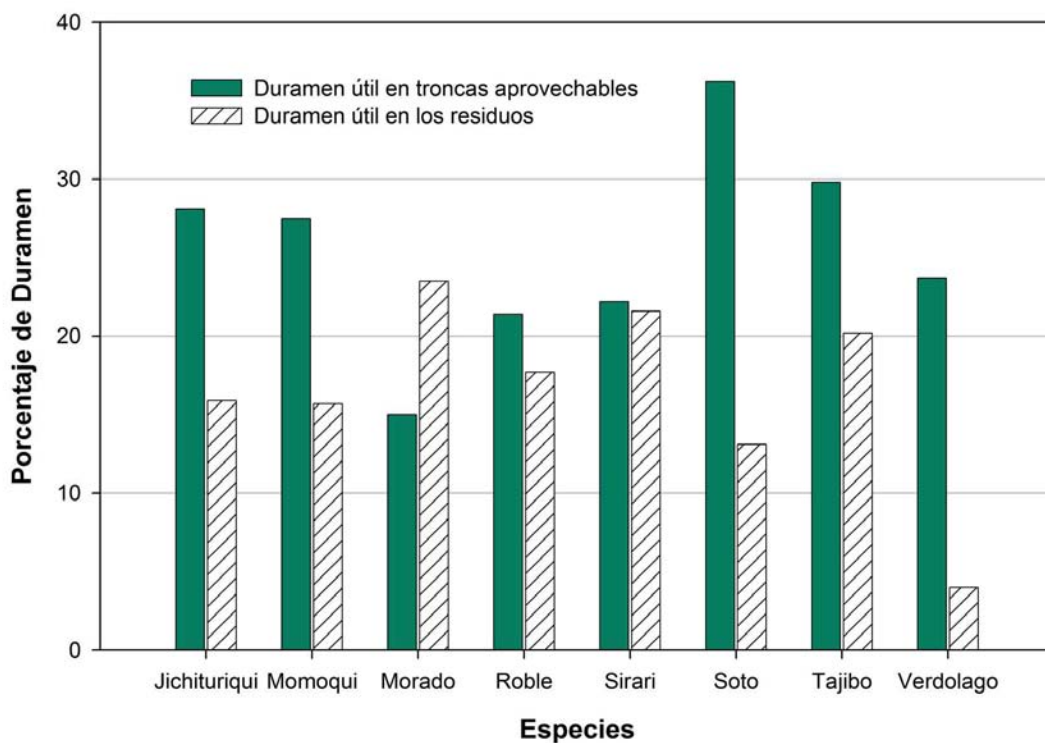


Figura 5. Comparación proporcional del duramen útil entre las troncas aprovechadas y las partes remanentes, después del aprovechamiento forestal de las ocho especies forestales estudiadas en el bosque seco chiquitano.

Finalmente se presenta la disponibilidad de madera útil en residuos para considerar su recuperación. El Cuadro 7 resume los volúmenes totales de duramen promedio por árbol, la disponibilidad por hectárea y la cantidad anual esperada en una AAA de 1820 ha, superficie anual de aprovechamiento definido por la AFOMASAM. Este cuadro permite relacionar los volúmenes comúnmente extraídos en forma de tronca, con el potencial de residuos existente en la zona. Las cantidades de residuos en m<sup>3</sup> extraíbles anualmente son considerables. La disponibilidad de residuos de las especies morado, roble, soto y tajibo son volúmenes prácticamente similares los volúmenes extraídos en forma de tronca. Pero también otras especies disponen cantidades que valdría la pena considerar para su aprovechamiento integral.

Cuadro 7. Disponibilidad de volúmenes promedios de duramen (útil) en m<sup>3</sup> de los residuos y de troncas aprovechables por árbol, por ha y por AAA de 1820 ha.

Nombre común	# ind/ha	Volumen de duramen útil promedio por árbol (m <sup>3</sup> )		Volumen de duramen útil promedio (m <sup>3</sup> /ha)		Volumen de duramen útil promedio en 1820 ha (m <sup>3</sup> )	
		Duramen útil de los residuos	Duramen útil de troncas aprovechables	Duramen útil de los residuos	Duramen útil de troncas aprovechables	Duramen útil de los residuos	Duramen útil de troncas aprovechables
Jichituriqui	0,35	0,471	0,832	0,165	0,291	300,2	529,7
Momoqui	0,17	0,434	0,760	0,074	0,129	134,2	235,3
Morado	0,71	0,461	0,293	0,327	0,208	595,8	378,9
Roble	0,83	0,636	0,767	0,527	0,637	960,1	1159,2
Sirari	0,20	0,566	0,580	0,113	0,116	206,2	211,3
Soto	1,60	0,431	1,187	0,690	1,899	1255,9	3457,4
Tajibo	1,01	0,509	0,751	0,514	0,758	936,2	1380,5
Verdolago	1,18	0,085	0,509	0,101	0,600	183,2	1092,7

## 4. Discusión

Así como ocurre con la utilización de la ficha técnica para poner en mercado las troncas de los árboles, es necesario encontrar la demanda que permita procesar las partes remanentes del árbol aprovechado. Los artesanos y carpinteros de las mueblerías tienen poca o ninguna experiencia en el uso de los residuos como materia prima para sus productos. La realización de productos con esta madera residual revelará el valor comercial. Con base en el conocimiento obtenido se podrá dirigir los cálculos de factibilidad de extracción comercial de los residuos del aprovechamiento de troncas. El alcance de un propósito comercial dependerá obviamente de la capacidad de procesamiento y las consideraciones propias a un emprendimiento económico.

En la introducción se ha mencionado la necesidad de generar beneficios económicos a través de los bosques para conservar los mismos. De esta manera, se puede apoyar al desarrollo local y al mismo tiempo promover la conservación. Con el aprovechamiento de las partes residuales se puede dar otro paso más hacia el uso integral del bosque. A raíz de esto, es pertinente preguntarse cuál será el impacto en el ámbito ecológico, económico y social de este aprovechamiento integral del bosque.

Para evaluar el impacto de la extracción de nutrientes del bosque con el aprovechamiento de troncas, y potencialmente la copa, es necesario tomar en cuenta algunos aspectos. Primero debemos conocer el contenido de los minerales disponibles en el suelo, y luego la capacidad de recuperación de la fertilidad en el curso del tiempo. Además, el ciclo de nutrientes en los bosques envuelve mecanismos complejos recíprocos entre suelo y vegetación (Bruijnzeel 1991). En los resultados del análisis de volúmenes hemos visto que las partes de la copa tienen un mayor porcentaje de albura. Un análisis sobre concentraciones de nutrientes en la madera, encontró una mayor concentración en la albura que en el duramen (Meerts 2002). En la tradicional explotación de madera en la Chiquitania, las partes con mayor proporción de albura son las que se está dejando en el bosque.

Para evaluar el impacto de la extracción de nutrientes del bosque con el aprovechamiento de troncas, y potencialmente la copa, es necesario tomar en cuenta algunos aspectos. Primero debemos conocer el contenido de los minerales disponibles en el suelo, y luego la capacidad de recuperación de la fertilidad en el curso del tiempo. Además, el ciclo de nutrientes en los bosques envuelve mecanismos complejos recíprocos entre suelo y vegetación (Bruijnzeel 1991). En los resultados del análisis de volúmenes hemos visto que las partes de la copa tienen un mayor porcentaje de albura. Un análisis sobre concentraciones de nutrientes en la madera, encontró una mayor concentración en la albura que en el duramen (Meerts 2002). En la tradicional explotación de madera en la Chiquitania, las partes con mayor proporción de albura son las que se está dejando en el bosque.

La madera muerta tiene una importante función en el bosque al sostener la microflora y microfauna que ayuda en la descomposición de la materia orgánica. La copa comúnmente dejada en el bosque ayuda a estos organismos a seguir cumpliendo esta función. Si se extraen los remanentes, la madera muerta, producto de una caída natural, quedaría cumpliendo esta función.

En términos de diversidad, el aprovechamiento forestal causa un impacto en varios tipos de plantas, especialmente bejucos y epifitas como orquídeas y bromelias. Justamente los árboles grandes, que son potencialmente aprovechables, son los hospederos de estas epifitas y bejucos. Luego del aprovechamiento las epifitas quedan en las ramas prácticamente cerca del suelo dificultando su reproducción, pero con al menos la oportunidad de sobrevivir. El aprovechamiento que integra la copa eliminará esta posibilidad y el mantenimiento de la población de epifitas dependerá de los árboles no aprovechados.

Por el contrario, en los bejucos el impacto es favorable, pero para la diversidad es negativo, ya que después de la extracción forestal se crean claros que estimulan los bejucos y debido a su alta densidad pueden imposibilitar el establecimiento y crecimiento de la regeneración natural (Vroomans 2003, Mostacedo et al. 1998).

Respecto a la fauna hay animales que aprovechan los residuos para su existencia. Podemos mencionar a los reptiles y mamíferos que utilizan trozas huecas para esconderse, para nidificar o cazar; aves que buscan insectos alrededor de la madera muerta o para construir nidos en el montón de ramas que forman un lugar casi impenetrable para los predadores. Si las trozas huecas son eliminadas por aprovechar la madera remanente, estas oportunidades de hábitat se perderán.

Por otro lado, las ramas delgadas probablemente no serán aprovechadas en grandes cantidades, y antes de extraer la copa será necesario despuntar estas ramas en el lugar. Dejar las ramas sin cortar durante el arrastre, significaría realizar este saneamiento en el rodeo. Esto causaría que los rodeos se llenen de una gran cantidad de residuos, tal vez provocando la necesidad de abrir más espacios como rodeos. Un efecto negativo del aprovechamiento de la copa sería un mayor daño dentro y alrededor del claro de corta, destruyendo posiblemente la regeneración natural y causando más compactación del suelo con maquinaria pesada.

Al nivel ambiental, sin embargo, el aprovechamiento integral tendrá diversas ventajas. En primer lugar a nivel global, con la utilización de la madera residual en productos durables, como es el caso de los productos artesanales o muebles, se fijará de carbono a largo plazo. Un efecto mayor se alcanza al prevenir la quema o la pudrición de la madera en el bosque, proceso en que varios gases, como metano y dióxido de carbono, son emitidos. Prevenir la emisión de estos gases aporta a la necesidad mundial de reducir el efecto invernadero y el calentamiento global (Brown 2002).

El aprovechamiento en general tiene como efecto negativo el aumento y producción de material seco en el bosque, además de la creación de claros, lo que hace más probable los de incendios forestales (Holdsworth & Uhl 1997). Un incendio forestal es combatido más efectivamente al remover los combustibles, ya que los otros dos componentes, calor y oxígeno, son difíciles de disminuir en el interior de un bosque. Los residuos dejados en el bosque tienen partes delgadas y sueltas que pueden encenderse fácilmente porque necesitan poca energía para iniciar el fuego. Las ramas delgadas mezcladas con mucho oxígeno provocan llamas altas produciendo alto calor y bastante energía para encender las partes más gruesas. Estas partes poseen mayor cantidad de energía para sostener un fuego de alto calor y durabilidad. El incendio intenso producido de esta manera tiene suficiente capacidad para encender plantas vivas. Durante los incendios (incluso los de baja intensidad), la mayor parte del sotobosque es eliminado. Además, el daño causado a los árboles adultos es permanente para la calidad de madera que puede (o podría) ser aprovechada si es que el árbol sobreviviera. La intensidad del fuego determina también el efecto final para la calidad remanente del bosque, ya que un incendio intenso puede quemar gran parte de los árboles adultos dejando poca posibilidades para una recuperación próspera del bosque. Luego de estos incendios el espacio generalmente es invadido por bejucos, asegurando que la regeneración de árboles y la recuperación de la estructura natural tome muchos años (Holdsworth & Uhl 1997).

La eliminación o reducción de combustible es una de las estrategias más eficaces para reducir los incendios o al menos su intensidad. Al aprovechar los residuos de la extracción forestal, principalmente las partes más gruesas serán llevadas dejando las partes delgadas que son las más inflamables. Una estrategia efectiva en este caso sería extraer todo el material residual, reduciendo de esta manera elementos para producir y mantener el fuego.



## 5. Conclusiones

El volumen de madera que está quedando en el bosque como residuo después del aprovechamiento es bastante alto, y en algunas especies incluso es más alto que el volumen extraído en forma de tronca. Sin embargo, las proporciones anatómicas de la copa del árbol, como también el elevado porcentaje de huecos en las partes residuales, causan un bajo rendimiento de madera utilizable proveniente del duramen. El porcentaje de duramen en el tronco aprovechado oscila entre 15 y 37% y en las partes de la copa, que forma la principal fuente de remanentes aprovechables, el duramen representa entre el 4 y 24%.

A pesar de este bajo rendimiento, podemos constatar que el volumen total de duramen utilizable en cantidades aprovechables anualmente, para la mayoría de las ocho especies estudiadas es sin duda muy atractivo. Sobre todo las cantidades de morado, roble, soto y tajibo son considerables. En el caso del morado, una madera de alto valor, ampliamente reconocida y sin duda atractiva para productos artesanales y de mueblería, el volumen del duramen de los remanentes es mayor al volumen extraído en forma de tronca. Estos volúmenes de fuste son relativamente bajos comparados con valores inventariados en los bosques húmedos, variación que puede ser explicada por las diferencias climáticas, edáficas y de composición florística según Dauber et al. (2000).

Los datos generados de la distribución anatómica de las capas (duramen, albura y corteza), como también el espacio proporcional que ocupan los huecos, permiten calcular con un poco más de precisión los volúmenes útiles o aprovechables de madera en las diferentes partes del árbol. Es de suponer que habrá más demanda para madera proveniente del duramen que albura, sin embargo no existe motivo para excluir totalmente la utilidad de la albura en, por ejemplo, trabajos artesanales. Las partes más gruesas, o sea las ramas principales, tienen un mayor porcentaje de duramen que las ramas delgadas. La utilidad del duramen de ramas y palcas de igual manera dependería del uso que se le pueda dar. Para esto, es de interés conocer el grosor que tiene el duramen en los diferentes niveles de ramas y palcas.

Las repercusiones para el ciclo de nutrientes en el bosque por la intensificación de extracción de nutrientes es incalculable. Se desconocen muchos factores que intervienen y afectan el ciclo de nutrientes, sobre todo la capacidad de recuperación de fertilidad del suelo en el tiempo. Este tema requiere estudios especializados, considerando las condiciones ambientales del bosque y las especies en estudio, además de la intensidad del aprovechamiento de residuos.

Los efectos de la extracción adicional de los residuos para la flora y fauna, se relacionan con la eliminación de epífitas y un mayor impacto a la vegetación y el suelo aumentando posibles daños a la regeneración, que más bien debería dejarse intacta para aprovechar la apertura creada en el bosque.

Existen importantes ventajas ambientales de la extracción de los residuos, consistentes en la prevención de la emisión del gas metano a la atmósfera causada por la pudrición de la madera y de la fijación de carbono en los productos durables hechos por los artesanos y carpinteros. Ambos a favor del intento de reducir los efectos del calentamiento global. Por otro lado, la reducción de combustible, a través del aprovechamiento integral de la madera, ayuda a la disminución de posibles incendios forestales. Otras medidas pueden ser tomadas en la operación forestal, como reducir el tamaño del claro para obtener menor radiación, principalmente en época seca o crear brechas rompe fuego (Holdsworth & Uhl 1997), para disminuir el riesgo de incendios, si es que se quiere abordar el tema de prevención de incendios con seriedad.

En este momento es temprano para calcular la rentabilidad de extracción de los residuos, ya que primeramente se debería desarrollar los productos, descubriendo y abriendo los mercados. Iniciando los trabajos de los carpinteros y artesanos con esta materia prima se da la oportunidad de conseguir la experiencia necesaria. Al final de este proceso se puede definir el valor comercial de residuos ya como la materia prima y calcular la factibilidad de su extracción.



## 6. Recomendaciones

### *Descubrir el valor comercial y la factibilidad económica*

El gran vacío para considerar la extracción de residuos es la factibilidad económica. La intensa labor para el motosierrista, la extracción con maquinaria y el transporte al centro de procesamiento, representan altos costos que deben ser recuperados a través del valor comercial de esta materia prima. Por el momento, hay insuficiente experiencia de trabajo con materia prima residual. Por esta razón es recomendable experimentar, a través de un proyecto piloto, para evaluar los costos y la manera más económica en que se podría recuperar los residuos de manera comercial. Un aspecto muy importante que también se debe analizar es la comercialización: ¿existe suficiente demanda para los productos elaborados en el mercado local, nacional o internacional? En base a las experiencias desarrolladas por los artesanos y los carpinteros se obtendrán valores reales que permitirán calcular la factibilidad económica de una extracción.

### *El trabajo del motosierrista en el claro de corta*

Además de la factibilidad económica en el aprovechamiento integral, se debe tomar en cuenta los factores operacionales al tratar con un producto distinto a la tronca para madera aserrada. Si se quiere aprovechar el tocón es recomendable cortarlo directamente o en las primeras semanas, porque los tocones tienen la tendencia a rebrotar o pudrirse. En el manejo sostenible debemos considerar que estos rebrotes pueden ser utilizados como semilleros o incluso como madera, obviamente una madera diferente a la proveniente de un árbol de semilla. Aprovechar el tocón en una sola pieza con la tronca no es factible ya que el motosierrista realiza una corta dirigida, con criterios de seguridad, que no permiten realizar el corte al nivel del suelo.

La realización del despunte en el claro de corta, depende básicamente de si la tronca y la copa serán extraídas en una sola pieza o en forma separada. En la copa, el motosierrista debe realizar los despuntes de las ramas delgadas a un grosor indicado por la demanda.

Finalmente se recomienda considerar que el motosierrista debería aumentar sus actividades de trabajo para aprovechar no sólo la tronca, exigiendo también mayor capacidad y buen manejo de la motosierra. Sería necesario una capacitación sobre buen uso y manejo técnico apropiado de la motosierra, a toda persona involucrada en el aprovechamiento integral del bosque que forma parte de AFOMASAN. Esta capacitación técnica sobre el manejo de la motosierra ayudaría a disminuir la dependencia de un motosierrista.

### *Arrastre*

En la Chiquitania, y también en el aprovechamiento de AFOMASAM, se utiliza ampliamente el tractor para realizar el arrastre; en otros casos y en los bosques húmedos se utiliza el skidder. La diferencia es importante, porque ambas máquinas tienen distinta capacidad de extracción. En el bosque seco un árbol podría ser arrastrado en una sola pieza, es decir tronca y copa, con un skidder pero sería difícil con un tractor. Si se intenta sacar la tronca y copa juntas se necesita una buena planificación de pistas de arrastre con sendas bastante rectas para facilitar la maniobra al arrastrar el árbol.

Más probable es una extracción separada porque ofrece ventajas tanto para el arrastre como para el acopio. Si la tronca está bien colocada detrás del tractor fácilmente pasará cualquier obstáculo, pero arrastrar una copa es diferente, por lo cual se debe tomar más precauciones. Primero, es necesaria una buena planificación de pistas de arrastre con un mínimo de curvas, luego es necesario marcar árboles comerciales alrededor de las pistas para evitar daños. Llevar las ramas de manera suelta o con otro medio de transporte, podrá tener la ventaja de evitar mucho peso sobre las ramas que queremos aprovechar, las que podrían quebrarse. Finalmente, es importante conocer la demanda de materia prima para no arrastrar material que no es comerciable.

### *Acopio*

Para acopiar la materia prima existe la opción de arrastrar el árbol en su totalidad, es decir tronca con su copa, o de forma separada. Si se arrastra la copa en conjunto con la tronca, se deberá realizar el despunte en el lugar de acopio. Pero el tener troncas y copa en el mismo rodeo perjudicaría el movimiento eficiente de los productos. Las troncas van al aserradero y las otras partes residuales a otros centros de procesamiento. Es aconsejable primero realizar el arrastre de las troncas y despacharlas al aserradero, para luego realizar el arrastre de los residuos. Sin embargo, no se debe esperar mucho tiempo para la extracción de la copa y otros residuos, porque la vegetación, en especial los bejucos, comienza a crecer en los claros de corta. Si se pensara en hacer rodeos para ambas actividades se tendría una mayor cantidad de superficie impactada, causando un daño adicional al bosque, por lo que se recomienda hacer ambas actividades en el mismo período y utilizando el mismo rodeo.

### *Mayor investigación*

Este estudio ha revelado importantes resultados, sin embargo es necesario continuar con más investigaciones que permitan obtener el conocimiento adecuado para lograr el manejo integral sostenible del bosque seco chiquitano. Por ejemplo, la presencia de una epífita de la familia Araceae denominada localmente guembé (*Philodendron undulatum*), que es abundante en este bosque, coincidió con la formación de huecos en los fustes y ramas de algunos árboles. Sin embargo, no todas las especies tienen la misma susceptibilidad a la formación de huecos en la madera. Durante este estudio no se cuantificó esta relación, por lo que se recomienda verificar cuál es realmente la relación entre la presencia de la epífita y la formación de huecos.

La pérdida de los minerales de un bosque a través de la extracción de recursos naturales, que ya están sobre suelos muy pobres y con riesgo de toxicidad de aluminio por la alta acidez, o ya sea por la falta de nutrientes, debería ser parte de estudios más profundos y especializados. Una extrapolación más exacta sobre la cantidad de residuos tendría que ser realizada con base en los censos anuales, tal como se realiza antes de elaborar la ficha técnica para la disponibilidad de la madera en tronca.

## Literatura citada

- Brown, S., 2002, Measuring carbon in forests: current status and future challenges, *Environmental Pollution* 116: 363-72
- Bruijnzeel, L. A., 1991, Nutrient input-output budgets of tropical forest ecosystems: A review, *Journal of Tropical Ecology* 7(1): 1-24
- Dauber, E., J. Terán & R. Guzmán, 2000, Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia, Superintendencia Forestal, Santa Cruz, Bolivia, p. 24
- Holdsworth, A. R. & C. Uhl., 1997, Fire in Amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction, *Ecological Applications* 7(2): 73-725
- Ibisch, P. L., K. Columba & S. Reichle (Eds.), 2002, Plan de Conservación y Desarrollo Sostenible para el Bosque Seco Chiquitano, Cerrado y Pantanal Boliviano, Editorial FAN, Santa Cruz, Bolivia
- Killeen, T. J., A. Jardim, F. Mamani, & N. Rojas, 1998, Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the Chiquitania region of Santa Cruz, Bolivia, *Journal of Tropical Ecology* 14: 803-827
- Killeen, T. J., E. García, E. & S.G. Beck. (Eds.), 1993, Guía de árboles de Bolivia, Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden, La Paz, Bolivia
- Meerts, P., 2002, Mineral nutrients concentrations in sapwood and heartwood: a literature review, *Ann. For. Sci.*, 59: 713-722
- Montesinos C., M., 2000, Plan General de Manejo, ASL Asociación Forestal de Madereros San Miguel, San Miguel de Velasco, Bolivia
- Mostacedo, B., T. S. Fredericksen & M. Toledo, 1998, Respuestas de las plantas a la intensidad de aprovechamiento en un bosque semideciduo pluvistacional de la región de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia, *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica*, 2(1): 75-88
- Navarro, G. & M. Maldonado, 2004, Geografía ecológica de Bolivia: vegetación y ambientes acuáticos, Fundación Simón I. Patiño, Cochabamba, Bolivia
- Toledo, M., T. S. Fredericksen, J. C. Licona, & B. Mostacedo, 2001, Impactos del aprovechamiento forestal en la flora de un bosque semideciduo pluvistacional de Bolivia, Documento Técnico 106, Proyecto Bolfor, Santa Cruz, Bolivia
- Vroomans, V., 2003, Lianas en claros de aprovechamiento en un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia, Documento Técnico, Proyecto Bolfor

Auspiciado por:



El Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) recibe financiamiento parcial de BOLFOR II, un proyecto de manejo forestal sostenible financiado por USAID y ejecutado por The Nature Conservancy (TNC).



Las opiniones expresadas pertenecen a las personas y no representan necesariamente la opinión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).