

# PLANIFICACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN DE IMPACTO REDUCIDO COMO BASE PARA UN MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE EN UN SECTOR DE LA GUAYANA VENEZOLANA

*Reduced impact exploitation planning as a base for a sustainable forest management in an area of the Venezuelan Guyana*

<sup>1</sup>Oscar Noguera, <sup>2</sup>Carlos Pacheco, <sup>1</sup>Miguel Plonczak, <sup>1</sup>Mauricio Jerez, <sup>1</sup>Ana Y. Moret, <sup>2</sup>Ana Quevedo y <sup>1</sup>Omar Carrero G.

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, <sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Forestal, Grupo de Investigación Genética y Silvicultura, <sup>2</sup>Escuela Técnica Superior Forestal, Mérida-Venezuela. E-mail: onoguera@ula.ve, carlosa@ula.ve, plonczak@ula.ve, jerez@ula.ve, aymoret@ula.ve, anaq@ula.ve, neto@ula.ve

## RESUMEN

En Venezuela el aprovechamiento forestal se realiza tradicionalmente sin una planificación que permita disminuir los daños ocasionados a la masa forestal remanente. Como salida parcial, en este trabajo se realizó, sobre una superficie de 1609 ha del compartimiento 5 del Lote Boscoso El Dorado Tumeremo, ubicado en el Estado Bolívar, lo siguiente: 1) la preparación de una base cartográfica digital utilizando mapas de relieve y red de drenajes; 2) el muestreo silvicultural, antes de la explotación, de los individuos arbóreos con  $dap \geq 10$  cm; 3) el censo y mapeo de la masa comercial (árboles con  $dap \geq 40$  cm); 4) el inventario de lianas y bejucos; y 5) la planificación de una red vial de extracción, con base en Sistemas de Información Geográfica según densidad arbórea, pendiente y red de drenajes, con miras a disminuir los daños durante la explotación, especialmente la búsqueda de las rolas y su posterior arrastre. Como resultado se obtuvo: 20 árboles  $ha^{-1}$  con  $dap \geq 40$  cm, aptos para el aprovechamiento, de los cuales sólo 2,21 árb  $ha^{-1}$ , fueron seleccionados para ser aprovechados; 44,6% de los árboles a ser aprovechados se encuentran afectados de lianas y bejucos; se diseñó la construcción de 3,04 Km de vías primarias; 12,52 Km de secundarias 18,04 Km de terciarias; 22 patios de acopio (0,25 ha c/u) y un patio central (1 ha). Se concluye que la realización de un mapa topográfico, un muestreo silvicultural antes de la explotación forestal, un censo sobre las características de la masa comercial y su ubicación en el mapa, permite decidir qué árboles deben ser aprovechados y planificar un sistema vial de extracción y transporte acorde con la concentración y densidad arbórea, lo que contribuirá a disminuir los daños causados durante la explotación.

**Palabras clave:** censo y mapeo de la masa comercial, manejo silvicultural, planificación de la explotación forestal.

## ABSTRACT

Forest management in Venezuela is traditionally carried out without harvest plans aimed to reduce damages caused to the remnant forest. With the purpose of reducing damages caused during exploitation, specially while searching logs in the forest and their subsequent extraction, in this study, carried out over a surface of 1609 ha of the compartment 5 in the Dorado Tumeremo Forest Lot, Bolivar State, the following activities were done: 1) preparation of a digitalized map of the area, based on topography and drainage net; 2) a silvicultural survey in  $gbh \geq 10$  cm trees before the harvest; 3) census and mapping of commercial stand characteristics (trees with  $gbh \geq 40$  cm); 4) a lianas and vines survey; and 5) the planning of an extraction road net according to tree concentration and density using GIS. The following results were obtained: 20 tree  $ha^{-1}$  with  $gbh \geq 40$  cm, from which 2,21 tree  $ha^{-1}$  were selected for harvesting; 44,6 % of the trees to be harvested are affected by lianas and vines; the construction of 3,04 km of primary, 12,52 km of secondary and 18,04 km of tertiary roads, 22 log lauding (0,25 ha each) and one central log lauding (1 ha) were designed. It is concluded that the production of a topographic map, a silvicultural survey before exploitation, a census of the commercial stand and its location in the map allows deciding which trees must be harvested and to plan an extraction road system according to slopes, drainage net and tree density, which will contribute to reduce damages caused during exploitation.

**Key words:** census and mapping of commercial stand, planning of forest exploitation, silvicultural management.

## INTRODUCCIÓN

En Venezuela la explotación del bosque en Reservas Forestales y Lotes Boscosos destinados a la producción forestal permanente, se realiza mediante la ejecución de Planes de Ordenación y Manejo Forestal (POMF) a largo plazo (30 a 40 años).

Los POMF contemplan que anualmente una superficie entre 3.000 y 4.000 ha debe ser aprovechada según una cuota anual, y un sistema de explotación forestal que consiste en la planificación de las actividades con base en la realización de un censo de las especies comerciales y potencialmente comerciales a partir de 40 cm de diámetro a la altura de pecho

(dap), para la generalidad de las especies y un diseño de carreteras que no contempla el potencial impacto negativo sobre el bosque, el cual se designa como Explotación Convencional (EC). Algunos autores como Uhl *et al.* (1991), Gullison y Hardner (1993), Plonczak (1993), Sarre (1995), Dykstra y Heinrich (1996), Amaral *et al.* (1998), Ochoa (1998), Benítez (1999), Lozada y Arends (2000), OMB (2002), Kammesheidt *et al.* (2003), Sist *et al.* (2003a), señalan que la EC produce daños a la masa remanente que pueden afectar hasta un 50% de la biomasa aérea, favorece a las especies sin valor comercial, a la erosión de suelo y a la sedimentación en los cursos de agua; asimismo, se aumenta innecesariamente los costos. Según FAO (2004), lo fundamental del aprovechamiento forestal sostenible radica en la aplicación del mejor conocimiento disponible para los componentes esenciales de la operación de aprovechamiento: la planificación del aprovechamiento, la construcción y mantenimiento de los caminos forestales, la corta y extracción y el monitoreo de la masa remanente.

El aprovechamiento forestal debe ser objeto de una planificación detallada y una ejecución que utilice técnicas que minimicen los daños, garanticen las existencias de madera para el futuro y permitan el seguimiento de sus efectos en el mediano y largo plazo, aspectos que han sido ampliamente estudiados en otras regiones tropicales del mundo y ha dado origen a lo que se conoce como Explotación de Impacto Reducido (EIR) (Mac Donagh y Rivero, 2006; Sist *et al.*, 2003b). Esta consiste en planificar la explotación con base en un muestreo silvicultural para los individuos con  $\text{dap} \geq 10$  cm, y la preparación de un mapa de estratificación del bosque, que contiene además información sobre cursos de agua, relieve, etc., en el cual se ubican los árboles seleccionados para la tumba, mediante la realización del censo y mapeo de los árboles a partir del diámetro mínimo de cortabilidad; con base en esta información se diseñan las carreteras (incluyendo las terciarias), se planifica la corta de trepadoras antes del aprovechamiento y la realización, después del aprovechamiento, de un muestreo silvicultural para los individuos con  $\text{dap} \geq 10$  cm (Dykstra y Heinrich, 1996; Reid y Rice, 1997; Amaral *et al.*, 1998; Elias, 1999; Van der Hout, 1999; Armstrong e Inglis, 2000; Ruslim *et al.*, 2000; Dykstra, 2001 Caterpillar, 2002; Sist *et al.*, 2003c; Holmes *et al.*, 2003; Sanquetta,

2003). Estas actividades contribuyen para que el suministro de productos forestales sea continuo, ya que la rentabilidad del bosque para ciclos siguientes va a depender de las características de la masa remanente (Dykstra y Heinrich, 1992; Noguera *et al.*, 2004).

El presente estudio consistió en planificar el aprovechamiento del bosque, estableciendo el marco general para la aplicación de técnicas que generen un menor daño, como son: 1) generación de una base cartográfica digital; 2) un muestreo silvicultural de individuos con  $\text{dap} \geq 10$  cm; 3) un censo y mapeo de los árboles con  $\text{dap} \geq 40$  cm de las especies comerciales; 4) procesamiento de los datos recolectados en campo; y 5) diseño de las vías de aprovechamiento y extracción, bajo ambiente de un Sistema de Información Geográfico (SIG).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El Lote Boscoso "El Dorado-Tumeremo" abarca una superficie de 78.882 ha ubicadas en la jurisdicción de los Municipios Sifontes y Foráneo Dalla Costa del estado Bolívar. Se encuentra entre las coordenadas  $6^{\circ}41'00''$  N y  $7^{\circ}11'30''$  N; y  $61^{\circ}38'00''$  O y  $31^{\circ}22'30''$  O, divididas en 12.000 ha para la investigación, 6.882 ha de Reserva Biológica y 60.000 ha para el aprovechamiento forestal, a su vez divididas en 20 compartimientos con superficies que varían entre 3.250 y 4.000 ha (Figura 1). Cada compartimiento se subdivide en 6 franjas de similar tamaño y estas franjas a su vez en parcelas de inventario que van desde 20 hasta 21,50 ha (Noguera *et al.*, 2006).

La precipitación media anual es de 1.330 mm, con una máxima en junio y un máximo secundario entre noviembre y diciembre. Aproximadamente el 65% de la precipitación se presenta entre los meses de mayo y agosto. La temperatura media anual es de  $25^{\circ}\text{C}$ , con una máxima de  $31^{\circ}\text{C}$  y una mínima de  $21^{\circ}\text{C}$ . La humedad relativa media anual registrada es de 84% (Elaboración de Madera Bosco C.A., 1995).

La altitud del Lote Boscoso El Dorado-Tumeremo oscila entre 110 msnm y los 380 msnm. En líneas generales, la topografía está caracterizada por pendientes entre el 3% y el 30%. En su mayoría, el Lote está conformado por suelos de alto a moderado grado de

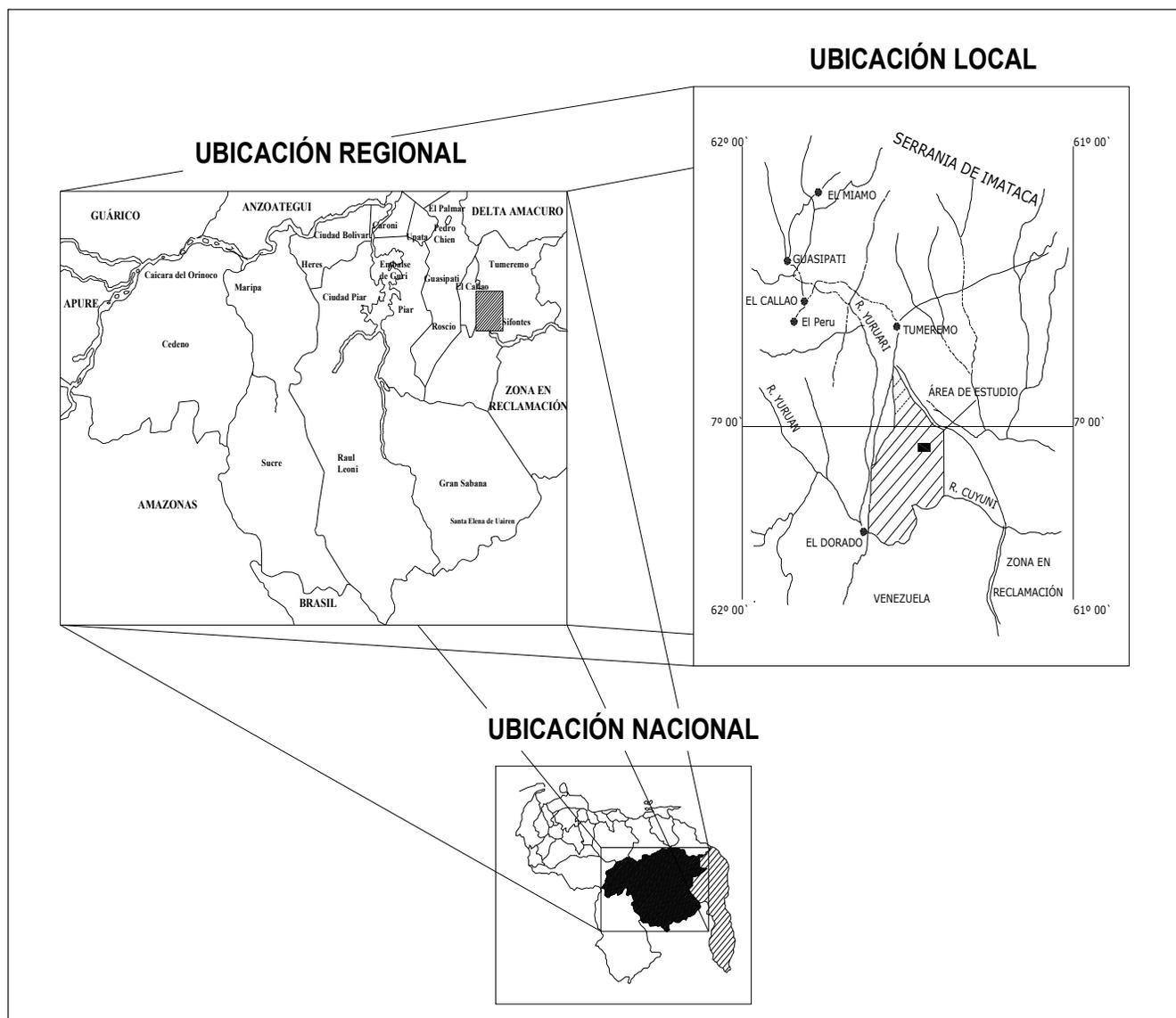


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio.

evolución pedogenética, predominando los Ultisoles y Entisoles. El drenaje de los suelos, en su mayoría, es bueno; la hidrografía es de tipo estacional y poco caudal, con caños intermitentes que llenan su cauce sólo en el período lluvioso. Los ríos más importantes son el Yuruán, en el lindero este y el Cuyuni, en el lindero sur (Noguera *et al.*, 2006).

La vegetación arbórea está conformada por tres tipos de asociaciones o bosques; éstos son: El Bosque Alto (Denso, Ralo), con un dosel mayor a los 25 metros y tres estratos en el perfil vertical. Sus especies más representativas son *Hymenaea courbaril*, *Piranhea longepedunculata* y *Tabebuia impe-*

*tiginosa* y ocupa un 22% del área total del bosque; Bosque Medio (Denso, Ralo), con dosel que oscilan entre 15 y 25 m de alto, dos estratos en el perfil vertical (un 55%), con dominio de las especies *Piranhea longepedunculata*, *Tetragastris panamensis* y *Pouteria caimito*. Bosque Bajo (Denso, Medio, Ralo), con alturas entre 8 y 15 metros y sotobosque denso (un 23%), donde las especies más abundantes son *Schoepfia obliquifolia*, *Apeiba schomburgkianus* y *Ceiba pentandra* (Elaboración de Madera Bosco, 1995).

## MÉTODOS

El presente estudio es el resultado del proyecto “Desarrollo de un Método de Aprovechamiento Forestal de Impacto Reducido en un Área de la Guayana de Venezuela,” elaborado por los autores y aprobado por el CDCHT según Código FO-597-05-01-C. En el marco del mismo se realizaron con pasantes lo relativo a Muestreo silvicultural de los individuos con  $dap \geq 10$  cm y Censo y mapeo de los árboles con  $dap \geq 40$  cm de las especies comerciales, bajo la tutoría del responsable principal. El estudio se realizó en 1609 ha del compartimiento 5 (3250 ha), utilizando el esquema siguiente:

**Generación de la base cartográfica digital.** Se digitalizó el mapa base del plan de ordenación y manejo forestal a escala 1/50.000, mediante el método manual en pantalla (Pacheco *et al.*, 2007), que consistió en escanearlo para obtener una imagen raster y sobre ésta generar las capas vectoriales de curvas de nivel y red de drenajes, utilizando el SIG TNT Mips 6.5. Dicha base cartográfica se encuentra referenciada a la proyección Transversa Universal de Mercator (UTM), Huso 20, sobre el Elipsoide GRS80 y Datum SIRGAS-REGEVEN, con orígenes de altitudes en el nivel medio del mar.

Esta permitió ubicar espacialmente las parcelas y subparcelas que fueron utilizadas para el muestreo silvicultural de los individuos con  $dap \geq 10$  cm y las especies comerciales; por otro lado, con las curvas de nivel se construyó un Modelo Digital de Elevación (MDE) de 10 m de resolución espacial a través del método de interpolación Kriging por defecto, recomendado por Pacheco y Barrios (2004), del cual se derivó un mapa de pendiente, que junto con la red de drenajes y los árboles comerciales georreferenciados permitieron definir las vías de aprovechamiento y extracción.

**Muestreo silvicultural de los individuos con  $dap \geq 10$  cm.** Se utilizó un muestreo aleatorio multietápico con intensidad de 1,5%. En la primera etapa se seleccionaron aleatoriamente las 1609 ha; seguidamente, en cada una de las seis franjas de la división administrativa, se seleccionaron aleatoriamente, dos parcelas de 20 ha (200 m x 1000 m), en las cuales se eligieron al azar dos subparcelas de 1 ha para un total de 24 unidades de muestreo, (tipo transecta: 10 m x 1000 m). Para abarcar la mayor

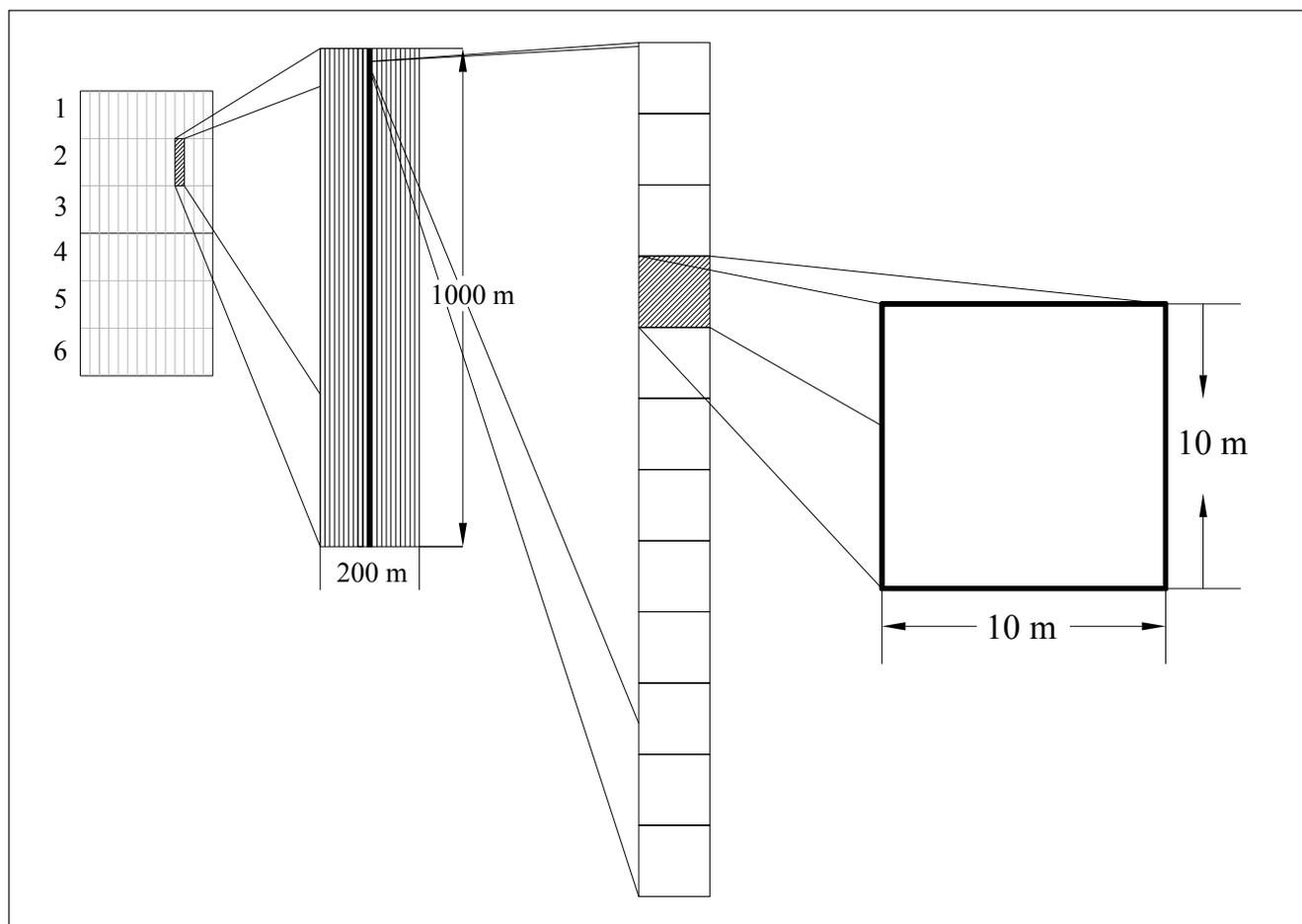
variabilidad fueron orientadas en sentido N-S, se dividieron en cuadrículas de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>), para un total de 100 cuadrículas/ha (Figura 2).

Se recabó el nombre común usado en la zona de todos los individuos arbóreos a partir de 10 cm de diámetro, incluyendo trepadoras; se levantó el diámetro a la altura de pecho y la altura de los individuos arbóreos; se anotó la presencia o ausencia de lianas y bejucos, así como su posición en el árbol.

**Censo y mapeo de los árboles con  $dap \geq 40$  cm de las especies comerciales.** Se evaluaron seis franjas de 270,75 ha, (1.000 m x 2.707,5 m) cada una, las cuales poseen 13 parcelas de 20 ha (1.000 m x 200 m) y 1 parcela de 10 ha (1.000 m x 100 m). Cada parcela se encuentra dividida en subparcelas que van desde 0,5 hasta 1,0 ha. Dentro de éstas se levantó la masa forestal, realizando un recorrido en forma de zig-zag, levantando los árboles cuyo diámetro era igual o mayor que el diámetro mínimo de cortabilidad de los grupos de especies comerciales (40 cm, 50 cm, 64 cm); a los mismos se les pintó las iniciales de la empresa, el código de la especie y el número del árbol y se recopiló el nombre común utilizado en la zona. Se tomó nota de la presencia o ausencia de lianas y bejucos en el árbol y se ubicaron las coordenadas cartesianas X e Y, levantadas con cinta métrica a partir de la pica principal, para cada árbol medido, con miras a la elaboración de un mapa con su ubicación geoespacial (Figura 2).

**Procesamiento de los datos recolectados en campo.** Los datos obtenidos se procesaron mediante el sistema de información Simapro® (sistema de información de inventario), para obtener información sobre el número de individuos y abundancia por especie y grupo de especies. Asimismo, en una hoja de cálculo Excel® fueron vaciados los datos sobre la presencia de lianas y bejucos y sus respectivos diámetros para estimar el grado de afectación (en porcentaje) a la masa forestal. En el censo se utilizó el programa SPSS 11.0® para estimar los principales parámetros poblacionales: volumen y densidad, resultados que se presentan por especie, grupo de especies y categoría diamétrica (rango 10 cm); el mismo proceso se aplicó a la presencia de lianas y bejucos y se calculó su frecuencia relativa.

Con los datos obtenidos en el campo sobre la posición relativa de cada individuo respecto a su parcela, se generó una base de datos geoespacial mediante



**Figura 2.** Delimitación de las parcelas y subparcelas utilizadas para el muestreo y el censo.

las coordenadas del compartimiento extraídas de la base cartográfica digital, las cuales fueron procesadas en hoja de cálculo Excel®. El archivo resultante fue exportado posteriormente como texto delimitado por espacios, para introducirlo y desplegarlo en el SIG TNT Mips. 6.5; esto permitió visualizar la posición espacial exacta de cada individuo y corroborar la misma dentro de cada parcela.

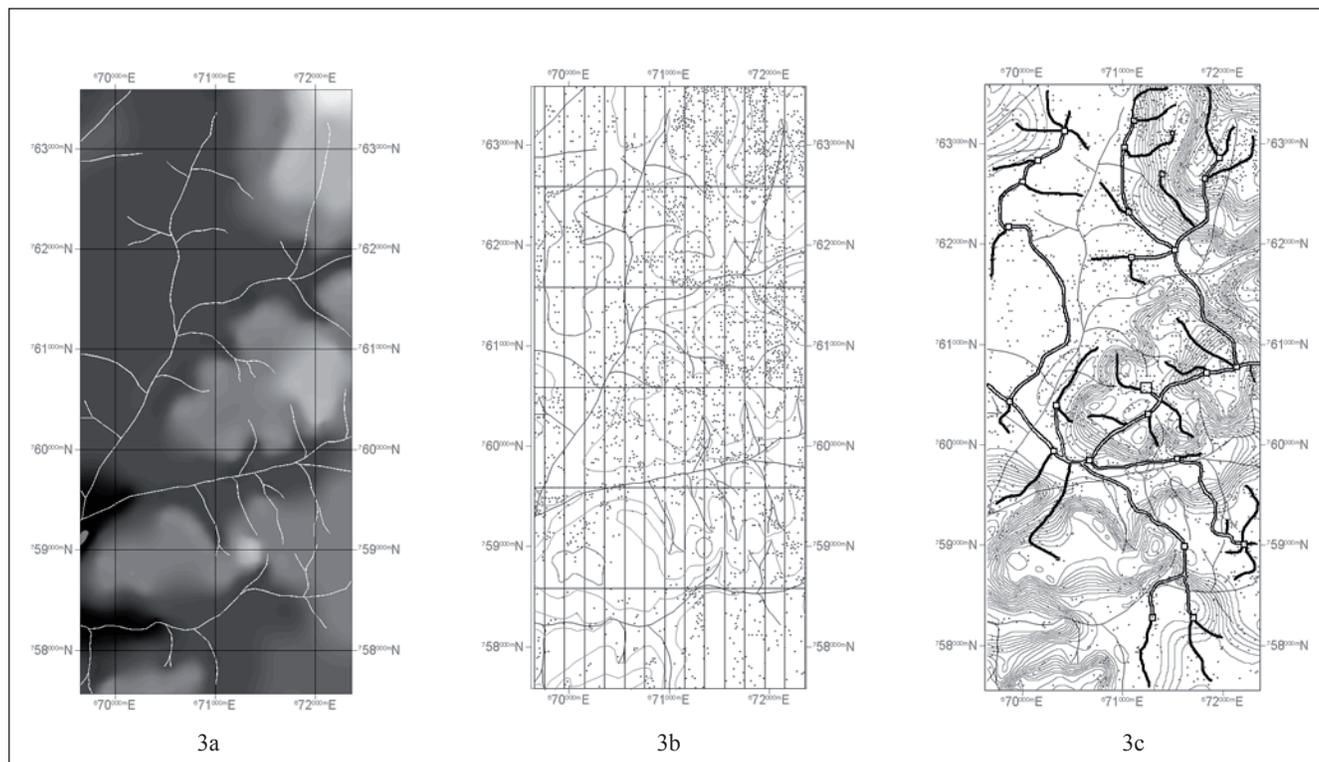
**Diseño de las vías de aprovechamiento y extracción, bajo ambiente de un Sistema de Información Geográfico (SIG).** Una vez determinadas las coordenadas de los individuos censados se ubicaron junto con el mapa de pendiente y la red de drenajes; seguidamente, se procedió a definir manualmente las vías de aprovechamiento y extracción, utilizando como criterios las zonas de mínima pendiente (0 – 7%), de mayor concentración de árboles y de menores drenajes (esta última se toma en cuenta para realizar las obras de arte); se procedió

a trazar la vía primaria de 12 m de ancho, vías secundarias y terciarias de 8 y 3 m respectivamente, así como un patio central de 100 por 100 m (1 ha) y tantos secundarios como fuese necesarios de 50 m por 50 m (0,25 ha).

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

### Base cartográfica digital

En la Figura 3a se muestra el Modelo Digital de Elevación (MDE) y la red de drenajes generadas; el MDE tiene una degradación de tonalidades que corresponden a diferentes altitudes, que van desde un color oscuro que representa una cota de 140 m hasta un color más claro aquí se describen según Elizalde (1983) citado por Pernía (1989), las formas fisiográficas de disección, en las cuales se encuentran colinas medias entre 140 a 160 m denominadas



**Figura 3.** Modelo Digital de Elevaciones (MDE) y red de drenajes (3a); Ubicación cartográfica de las especies comerciales en cada parcela (3b) y Diseño de las vías de aprovechamiento y extracción sobre el mapa de pendientes (3c)

“laderas” y colinas altas entre 161 a 170 m denominadas “cimas”.

Por otro lado, mediante la generación del mapa de pendientes a partir del MDE, se pudo determinar que las pendientes presentes en el área oscilan entre 0% en las laderas hasta 25% en las transiciones de estas últimas con las cimas.

### Muestreo silvicultural de los individuos con dap $\geq 10$ cm

De los resultados del muestreo silvicultural (Cuadro 1) realizado por Rodríguez (2006), se deduce que el bosque es pobre en especies comerciales y con individuos en su mayoría con fustes delgados, lo que conlleva a la utilización de diámetros mínimos de cortabilidad (dmc) de 64 cm para el Jobo (*Spondias mombin*), 50 cm para Algarrobo (*Hymenaea courbaril*), Ceiba (*Ceiba pentandra*) y Puy (*Tabebuia serratifolia*) y para el resto de las especies 40 cm. Sin embargo, se considera que la selección de los dmc debe realizarse para cada plan anual de corta, luego del análisis de los resultados por grupos de especies. Igualmente, se observa que a partir de 40 cm dap, 20 árboles ha<sup>-1</sup>, son aptos para el aprove-

chamiento, lo que representa el 21% de los árboles comerciales. Sist *et al.*, (2003c) recomiendan como intensidad máxima de aprovechamiento para una explotación de impacto reducido, la extracción de 8 árboles/ha.

### Censo de los árboles con dap $\geq 40$ cm de las especies comerciales

En el censo realizado por Lenarduzzi y Rojas (2006) se obtuvieron los resultados que se presentan en el Cuadro 2, cuya ubicación cartográfica se presenta en la Figura 3b. Las densidades arbóreas por grupo de especies son: Grupo A, representado por siete especies con 1,39 arb ha<sup>-1</sup> y el B representado por 25 especies con 0,84 arb ha<sup>-1</sup> para un total general de 32 especies y 2,21 arb ha<sup>-1</sup>, valores que pueden considerarse bajos comparados con los reportados por Rodríguez (2006), de 8,88 arb ha<sup>-1</sup> para el grupo A y de 11 arb ha<sup>-1</sup> para el B. Esta diferencia se debe a que en el censo sólo se consideraron árboles de buena calidad, lo que, en opinión de los autores, es contrario al criterio de manejo sustentable, ya que se deberían aprovechar también parte de las existencias de los árboles de calidad regular y malos.

**Cuadro 1.** Número de árboles por categorías diamétricas por ha, en 1610 ha del compartimiento 5 del Lote Boscoso El Dorado-Tumeremo, estado Bolívar, Venezuela.

Grupo	Categorías Diamétricas (cm)												Total
	10-14,99	15-19,99	20-24,99	25-29,99	30-34,99	35-39,99	40-44,99	45-49,99	50-54,99	55-59,99	60-64,99	65 +	
A	4,13	4,54	4,54	4,21	2,67	3,00	3,21	1,83	1,96	0,63	0,71	0,54	31,96
B	10,29	11,83	9,58	8,25	5,54	5,29	3,83	3,13	2,08	0,75	0,75	0,42	61,75
C	45,67	43,13	27,29	18,71	10,21	6,75	5,17	2,96	2,29	0,54	0,67	0,42	163,79
Total	60,09	59,50	41,41	31,17	18,42	15,04	12,21	7,92	6,33	1,92	2,13	1,38	258,00

A: especies comerciales; B: especies potencialmente comerciales; C: especies de bajo valor comercial. Fuente: Rodríguez (2006)

**Cuadro 2.** Densidad Arbórea por categorías diamétricas acumulada inversa a partir de 40 cm de dap para un área del compartimiento C-5 del Lote Boscoso El Dorado – Tumeremo, Estado Bolívar, Venezuela.

Grupo	Especie	Especificación Diamétrica (cm.)						
		>40	>50	>60	>70	>80	>90	>100
Grupo A	Algarrobo	0,3327	0,3327	0,1611	0,0556	0,0136	0,0043	0,0006
	Capure	0,0537	0,0327	0,0117	0,0012	0,0006	0	0
	Pardillo	0,0605	0,0302	0,0068	0,0006	0,0006	0	0
	Purgüo	0,6531	0,2877	0,1191	0,0228	0,0025	0,0006	0
	Puy	0,0574	0,0488	0,0278	0,0117	0,0062	0,0018	0,0012
	Zapatero	0,2296	0,1068	0,0235	0,0043	0,0006	0	0
	Subtotal	1,3870	0,8389	0,3500	0,0963	0,0241	0,0068	0,0019
Grupo B	Alatrique	0,0043	0,0006	0	0	0	0	0
	Bocsuo	0,0093	0,0043	0,0012	0,0006	0	0	0
	Capa de Tabaco	0,0179	0,0179	0,0093	0,0031	0,0006	0	0
	Caramacate	0,0019	0	0	0	0	0	0
	Caraño	0,0525	0,0358	0,0056	0,0025	0	0	0
	Cedro Dulce	0,0031	0,0031	0,0019	0	0	0	0
	Ceiba	0,0222	0,0222	0,0222	0,0160	0,0086	0,0037	0,0025
	Charo	0,2037	0,1889	0,1006	0,0309	0,0043	0,0006	0
	Congrio	0,0012	0,0012	0,0006	0,0006	0	0	0
	Dividive	0,0037	0,0037	0,0019	0	0	0	0
	Guarapo	0,0056	0,0037	0,0012	0,0006	0	0	0
	Hielillo	0,0889	0,0500	0,0123	0,0006	0	0	0
	Jobo	0,0765	0,0765	0,0759	0,0265	0,0056	0,0019	0
	Josefino	0,0080	0,0043	0,0019	0,0006	0	0	0
	Kerosene	0,0228	0,0167	0,0062	0,0006	0	0	0
	Laurel	0,0006	0,0006	0	0	0	0	0
	Mahoma	0,0154	0,0105	0,0031	0	0	0	0
	Páramo	0,0025	0,0025	0,0006	0	0	0	0
	Maro	0,0272	0,0241	0,0167	0,0123	0,0062	0,0006	0
Pata de Danto	0,0204	0,0123	0,0031	0,0006	0,0006	0	0	
Pata de Zamuro	0,0951	0,0623	0,0142	0,0025	0	0	0	
Pilón	0,1179	0,0617	0,0148	0,0012	0,0012	0	0	
Purgüillo	0,0043	0,0043	0,0006	0	0	0	0	
Roble	0,0049	0,0019	0,0012	0,0006	0	0	0	
Yigüire	0,0142	0,0093	0,0037	0	0	0	0	
Subtotal	0,8241	0,6185	0,2988	0,1000	0,0272	0,0068	0,0025	
Total General	2,2111	1,4574	0,6488	0,1963	0,0512	0,0136	0,0043	

Fuente: Lenarduzzi y Rojas (2006)

En la categoría mayor o igual que 40 cm y menor que 50 cm, se concentra el mayor número de árboles para todas las especies, con un promedio de 0,75 árb ha<sup>-1</sup> (34% del total). En este sentido, cabe señalar que la decisión de mantener un diámetro mínimo de cortabilidad igual a 40 cm debe ser revisada considerando los resultados del muestreo silvicultural realizado antes de la explotación.

El volumen total a partir de 40 cm dap a ser aprovechado según el sistema de explotación utilizado actualmente, es de 8.272,667 m<sup>3</sup>, con un promedio por hectárea de 5,106 m<sup>3</sup>. Estos valores están

dentro del rango de aquellos obtenidos tanto en el inventario de rutina como en los censos realizados en otras áreas de la Guayana (OMB 2002), y se presentan en el Cuadro 3.

Para introducir elementos de impacto reducido se debería analizar otros escenarios. Por ejemplo, si se aumenta el diámetro mínimo de cortabilidad a 50 cm dap, el volumen aprovechable disminuye en casi un 34%. Esta reducción se traduce en cerca de 0,7 arb ha<sup>-1</sup>, que estarían formando parte en su mayoría de los árboles a ser aprovechados en un siguiente ciclo de corta. Asimismo, unas 13 especies están re-

**Cuadro 3.** Volumen total y por hectárea para las especies comerciales censadas en un área del compartimiento 5 del Lote Boscoso “El Dorado - Tumeremo”, estado Bolívar, Venezuela.

Grupo	Especies	NA	Volumen (m <sup>3</sup> )		
			Árbol	Total	Hectárea
Grupo A	Algarrobo	539	3,044	1640,651	1,013
	Capure	87	2,222	193,288	0,119
	Pardillo	98	3,411	198,148	0,122
	Purguo	1059	1,887	2083,573	1,286
	Puy	93	2,416	224,710	0,139
	Zapatero	372	1,937	694,101	0,428
	Subtotal		2248	2,240	5034,471
Grupo B	Alatrique	7	1,408	9,858	0,006
	Bocsuo	15	1,73	25,956	0,016
	Capa de Tabaco	29	2,775	80,47	0,05
	Caramacate	3	1,493	4,479	0,003
	Caraño	85	1,863	158,323	0,098
	Cedro Dulce	5	2,911	14,557	0,009
	Ceiba	36	5,103	183,72	0,113
	Charo	330	2,648	873,864	0,539
	Congrio	2	2,633	5,266	0,003
	Dividive	6	2,135	12,808	0,008
	Guarapo	9	2,366	21,292	0,013
	Hielillo	144	2,076	298,892	0,185
	Jobo	124	3,174	393,632	0,243
	Josefino	13	2,048	26,624	0,016
	Kerosene	37	2,293	84,831	0,052
	Laurel	1	2,021	2,021	0,001
	Mahoma	25	1,850	46,25	0,029
	Páramo	4	2,850	11,401	0,007
	Maro	44	3,411	150,101	0,093
	Pata de Danto	33	1,907	62,922	0,039
Pata de Zamuro	154	2,178	335,44	0,207	
Pilón	191	1,887	360,382	0,222	
Purgiullo	7	1,909	13,363	0,008	
Roble	8	2,148	17,186	0,011	
Yigüire	23	1,937	44,558	0,028	
Subtotal		1335	2,426	3238,196	1,999
Total General		3583	2,308	8272,667	5,106

Fuente: Lenarduzzi y Rojas (2006)

presentadas con 15 árboles o menos, sumando un poco más de 229 m<sup>3</sup>, por lo que debe analizarse detalladamente si se aprovechan o no.

Un 44,6% de los árboles comerciales a ser aprovechados se encuentran afectados por lianas y bejucos (Cuadro 4). Esto representa un grave problema para el aprovechamiento forestal, ya que por lo general están asociados a otros individuos de mediano a gran tamaño que pueden ser arrastrados y generar daños al personal que allí labora, a los árboles comerciales, a la masa remanente y a la regeneración de las especies de alto y mediano valor comercial, lo que reduce la calidad de la madera aprovechada actualmente y para futuros aprovechamientos. Por lo tanto, parece indispensable realizar la corta de lianas y bejucos, si se quiere disminuir el daño producido (Putz, 2005, Appanah y Putz, 1985; Fox, 1968).

La explotación realizada en el Lote Boscoso El Dorado Tumeremo, dejará para un segundo ciclo una cuota de madera constituida por pocas especies comerciales, debido a que la mayoría están actualmente representadas con menos de un árbol por hectárea. Por otra parte, investigaciones realizadas en el mismo Lote Boscoso por Noguera *et al.* (2006) demuestran que con los tratamientos silviculturales aplicados no se alcanzarán las metas de producción y económicamente no son rentables; además, no se tiene previsto el corte de las lianas y bejucos con fines de disminuir el impacto de la tumba. De tal manera que para garantizar una EIR en el compartimiento 5, se debe planificar el aprovechamiento aplicando técnicas que generen un daño menor a la masa residual, como cortar las lianas y bejucos an-

tes del aprovechamiento y apear los árboles a partir de 50 cm dap; es decir, 1,46 árboles ha<sup>-1</sup>; decisión que tendría que validarse desde el punto de vista económico.

### Vías de aprovechamiento y extracción.

Las figuras 3c y 4 muestran las vías de aprovechamiento y extracción, que se encuentran sobre el mapa de pendientes, caracterizado por una serie de tonalidades que indican los grados de pendientes presentes en la zona: el color blanco pendientes entre 0 a 4%, el gris alto entre 4,01 a 7%, el color gris medio entre 7,01 a 15 y el gris bajo entre 15,01 a 25%; de igual manera se encuentra la red de drenajes y los árboles comerciales (puntos negros).

Estas capas temáticas de información permitieron diseñar la vía principal que se encuentra en la parte central del mapa en dirección este – oeste, con una forma irregular que sigue las zonas de mínima pendiente, mayor densidad de árboles comerciales y menor cantidad de ríos; esta vía atraviesa una cima (colina alta) y una ladera (colina media), con pendientes que varían entre 0 a 7%; la misma tiene 12 m de ancho, 6 patios de acopios secundarios de 50 m de lado (0,25 ha) y una longitud total de 3,04 Km.

De manera similar se diseñaron las vías secundarias y terciarias; cabe destacar que las secundarias fueron diseñadas de manera perpendicular a la principal, con 8 m de ancho, 16 patios de acopios secundarios y 12,52 Km de longitud; las terciarias paralelas a la vía principal, con 3 m de ancho, conectadas a los patios de acopio ubicados a lo largo de las

**Cuadro 4.** Frecuencia de la Presencia de Trepadoras (PT) en los árboles censados en un área del compartimiento C-5 del Lote Boscoso “El Dorado – Tumeremo”, estado Bolívar, Venezuela.

PT	Fr	%	% Acumulativo
1	1985	55,4	55,4
2	2	0,1	55,5
3	1596	44,5	100,0
Total	3583	100,0	

1.- Árbol libre de liana; 2.- Árbol con liana en el fuste; 3.- Árbol con liana en la copa. Fuente: Lenarduzzi y Rojas (2006)

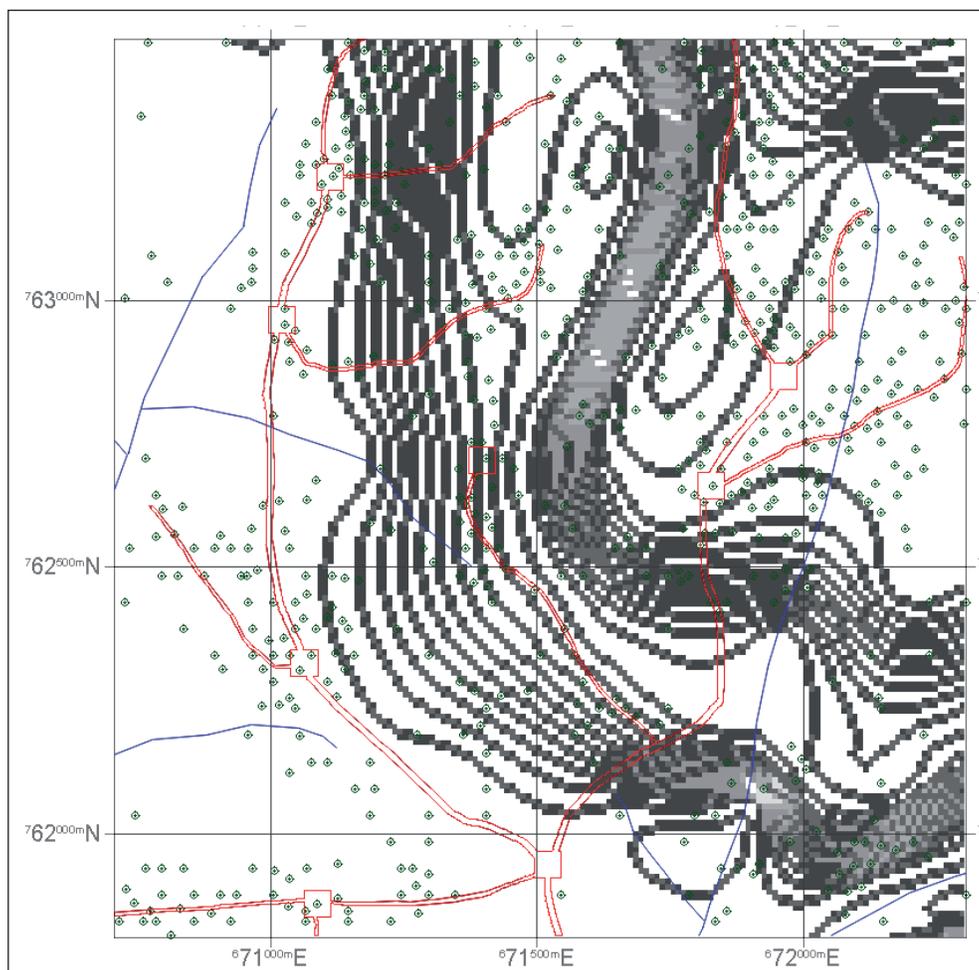


Figura 4. Detalles de las vías de aprovechamiento y extracción con los criterios asumidos.

vías secundarias, y 18,04 km de longitud, para una densidad total de 20,9 m/ha; cantidad menor a la obtenida mediante el sistema tradicional (Elaboración de Madera Bosco, 1997). De igual manera, se diseñó un patio de acopio principal situado estratégicamente sobre una cima, cercano a la vía principal y con 100 m de lado (1 ha); con la finalidad de apilar la madera rolliza obtenida y protegerla de lluvias que podrían inundar el área.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La planificación de la explotación considerando: los SIG como soporte para la preparación de una base cartográfica digital; el muestreo silvicultural antes de la explotación forestal; el censo sobre las características de la masa comercial y su ubicación geoespacial en dicha base; permite decidir qué árboles de-

ben ser aprovechados y planificar un sistema vial de extracción y transporte acorde con la concentración arbórea, topografía del terreno y red de drenajes, con la finalidad de establecer rutas menos impactantes, lo que contribuirá a disminuir los daños que se ocasionan durante la explotación.

La corta de lianas y bejucos con la finalidad de liberar los árboles, meses antes de la explotación, puede contribuir a disminuir los daños a la masa remanente hasta en un 50%.

Se estima conveniente incluir, de manera experimental, en la planificación y ejecución del aprovechamiento forestal que realiza Elaboración de Madera Bosco, C.A., las siguientes pautas: 1) preparar una base cartográfica digital; 2) utilizar la base cartográfica digital para ubicar árboles padres, los árboles que serán tumbados, cursos de agua e información sobre relieve; 3) diseñar y construir las carreteras en función de las pendientes, cursos de

agua y densidad arbórea representada en base cartográfica; 4) realizar un muestreo silvicultural antes del aprovechamiento; 5) cortar las lianas antes del aprovechamiento; 6) apelar los árboles tratando de ocasionar el menor daño posible; y, 7) realizar un muestreo después de la explotación para determinar el efecto causado y poder planificar medidas mitigantes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes (Proyecto FO - 597 - 05 - 01 - C) y a la Empresa Elaboración de Madera Bosco, C.A. por el apoyo económico brindado para el desarrollo de la presente investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL P., A. VERISSIMO, P. BARRETO y E. VIDAL (1998). *Bosque para siempre, manual para la producción de madera en Amazonía*. Santiago de Cali, Colombia. 162pp.
- APPANAH, S. y F. PUTZ. 1985. Climber abundance in virgin dipterocarp forest and the effect of pre-felling climber cutting on logging damage. *Malaysian Forester* 47 (4): 335-347.
- ARMSTRONG, S. y C. J. INGLIS, 2000. RIL for real: Introducing reduced impact logging. Techniques into a commercial forestry operation, in: *Guyana. International Forestry Review* 2(1): 17-23
- BENÍTEZ, M. 1999. *Estudio comparativo de dos métodos de explotación forestal en La Estación Experimental de la Reserva Forestal de Caparo*. Trabajo de grado, Magister Scientiae. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 108p.
- CATERPILLAR. 2002. *Manejo forestal sostenible y explotación de impacto reducido en la amazonía brasileña*. 19 p.
- DYKSTRA D. 2001. OIMT. Ideas antiguas y nuevas sobre la extracción de impacto reducido. Actualidad Forestal Tropical. *Boletín de la OIMT*. 9(2):3-4
- DYKSTRA, D. y R. HEINRICH. 1992. Sostenimiento de los bosques tropicales mediante sistemas de explotación ecológicamente adecuados. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales Unasylva* (43)2: 9-15
- DYKSTRA, D y R. HEINRICH. 1996. *Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO*. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia 85 p
- ELABORACIÓN DE MADERAS BOSCO, C.A. 1995. *Plan de ordenación y manejo forestal*. Lote Boscoso El Dorado Tumeremo. Estado Bolívar. 543 p.
- ELABORACIÓN DE MADERAS BOSCO, C.A. 1997. *Plan de ordenación y manejo forestal. Segundo plan anual*. Compartimiento N° 2. Lote Boscoso El Dorado Tumeremo. Estado Bolívar. 85 p.
- ELIAS, I. R. 1999. Introducing a manual on reduced timber harvesting in the Indonesian selective cutting and planting system. *IITTO Tropical Forestry Update* 9(3): 26-30
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2004. *Reduced impact logging in tropical forests*. Literature Synthesis, analysis and prototype statistical framework. Roma. Italia. 287p.
- FOX, J. 1968. Logging damage and the influence of climber cutting prior to logging in the lowland dipterocarp forest of Sabah. *Malaysian Forester* 31: 326-347.
- GULLISON, R. y J. HARDNER. 1993, The effects of road desing and harvest intensity on forest damage caused by selective logging: Empirical results and simulation model from the Bosque Chimanes, Bolivia. *Forest Ecology and Management* 59: 1-14.
- HOLMES, T., F. CUBBAGE, y R. SILLS. 2003. *Aprovechamiento forestal de mínimo impacto, manejo forestal sustentable y certificación forestal*. Seminario sobre Manejo Forestal de Selvas Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales. Misiones, Argentina. S/p.
- KAMMESHEIDT, L., A. TORRES, W. FRANCO y M. PLONCZAK. 2003. Historia del aprovechamiento forestal y los tratamientos silviculturales en los bosques de los Llanos Occidentales de Venezuela y perspectivas de manejo forestal sostenible. Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. 47(1):87-110
- LENARDUZZI, E. y J. ROJAS. 2006. *Planificación de la explotación en un área del compartimiento 5 del Lote Boscoso El Dorado Tumeremo, utilizando algunas técnicas de explotación de impacto reducido*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 60p
- LOZADA, J. y E. ARENDS. 2000. Impactos de diferentes intensidades de aprovechamiento forestal sobre la masa remanente, en la estación Experimental Caparo. *Revista Forestal Venezolana*. 44 (1): 73-80

- MAC DONAGH, P., y L. RIVERO. 2006. ¿Es posible el uso sustentable de bosques subtropicales de la selva Misionera, Argentina? En Brown A, Martínez U, Acerbi M, Corchera J. Ed. 2006. *La situación Ambiental Argentina 2005*. Capítulo 8. 196-225 pp.
- NOGUERA, O., V. ANDRADE y O. CARRERO G. 2004. Evaluación Financiera del primero y segundo ciclo de corta en el compartimiento 1 del Lote Boscoso El Dorado Tumeremo. Estado Bolívar, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. 48(2): 23-32
- NOGUERA O., O. CARRERO G., M. PLONCZAK, M. JEREZ M y G. KOOL. 2006. Evaluación técnica y financiera de la silvicultura desarrollada en un bosque natural de la Guayana Venezolana. *Bois et forêts des tropiques*. 290 (4): 81-91
- OCHOA, J. 1998. Análisis preliminar de los efectos del aprovechamiento de maderas sobre la composición y estructura de bosques en la Guayana Venezolana. *Interciencia* 23:197-207.
- OBSERVATORIO MUNDIAL DE BOSQUES. 2002. *Situación de los bosques en Venezuela. La región Guayana como caso de estudio*. 132 p.
- PACHECO, C. y A. BARRIOS. 2004. Evaluación de métodos de interpolación en la construcción de un modelo digital de elevaciones con fines hidrológicos: aplicación en una cuenca andina de montaña. *Revista Forestal Venezolana*. 48(2): 118-126.
- PACHECO, C., A. BARRIOS y J. LÓPEZ. 2007. Comparación de métodos de digitalización para el ingreso de información espacial a los sistemas de información geográfica. *Revista Forestal Latinoamericana*. 41: 57 – 74.
- PERNÍA, E. 1989. *Guía practica de fotointerpretación*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida Venezuela .193 p.
- PLONCZAK, M. 1993. *Estructura y Dinámica de desarrollo de bosques naturales manejados bajo la modalidad de concesiones en los Llanos Occidentales de Venezuela*. Instituto Forestal Latinoamericano. Mérida Venezuela. 139 p.
- PUTZ, F. 2005. Ecología de las Trepadoras. [en línea] 2005. Dirección URL: <http://www.ecologia.info/trepadoras.htm> [Consulta: 20 Abr. 2007].
- REID, J. W., y R. E. RICE. 1997. Assessing natural forest management as a tool for tropical forest conservation. *Ambio* 26(6): 382-386
- RODRÍGUEZ, L. 2006. *Muestreo pre-aprovechamiento de un área del compartimiento C-5 del Lote Boscoso El Dorado Tumeremo, Estado Bolívar, Venezuela*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 59 p
- RUSLIM, Y., A. HINRICH, B. SULISTIOADI y G. P. T. LIMBANG. 2000. *Study on implementation of reduced impact logging*. Document No. 01<sup>a</sup>. Ministry of forestry and Estate Cropss in cooperation with Deutsche Gesellschaft fur technische Zusammenarbéut. Kalimantan. Indonesia.
- SANQUETTA, C. 2003. *Manejo Forestal en la Amazonía*. Seminario sobre Manejo Forestal de Selvas Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales. Misiones, Argentina. S/p.
- SARRE, A. 1995. Explotación, degradación y rehabilitación de bosques. Actualidad forestal tropical. *Boletín de la OIMT*. 3(1): 3-5
- SIST, P., N. PICARD y S. GOURLET-FLEURY. 2003a. Sustainable cutting cycle and yields in a lowland mixed dipterocarp forest of Borneo. *For. Sci.* (60): 1-12
- SIST, P., R. FIMBEL, D. SHEIL, R. NAST y M. H. CHEVALLIER. 2003b. Towards sustainable management of mixed dipterocarp forests of South-east Asia: moving beyond minimum diameter cutting limits. *Environmental Conservation* 30(4): 364-374.
- SIST P., D. SHEIL, K. KARTAWINATA y H. PRIYADI. 2003c. Reduced-impact logging in Indonesian Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. *Forest Ecology and Management* 179: 415-427.
- UHL, C., A. VERISSIMO, M. MATTOS, Z. ARANDINO y Y. GUIMARAES. 1991. Social, economic and ecological consequences of selective logging in an amazon frontier: the case of Tailandia. *Forest Ecology and management*, 46: 243-273.
- VAN DER HOUT, P. 1999. *Reduced impact logging in the tropical rain forest of Guyana*. Ph.D. Thesis University of Utrecht, Netherherlands 331p.