

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

C A T I E

PROGRAMA DE ENSEÑANZA

AREA DE POSGRADO

APLICACION Y EVALUACION DE EFICIENCIA INICIAL Y LOS COSTOS DE  
DOS HERBICIDAS EN UN TRATAMIENTO SILVICULTURAL DE  
LIBERACION POST-APROVECHAMIENTO DE UN BOSQUE MUY HUMEDO  
TROPICAL PANTANOSO EN LIMON, COSTA RICA.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado y capacitación del Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro agronómico Tropical de Investigación y enseñanza, para optar al grado de

*Magister Scientiae*

Por

Jorge Obispo Vásquez Mejía.

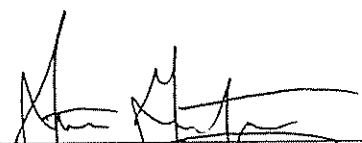
Turrialba, Costa Rica.


1996

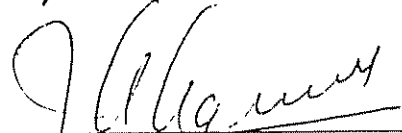
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

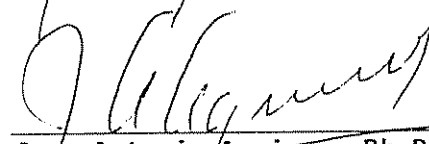
*MAGISTER SCIENTIAE*

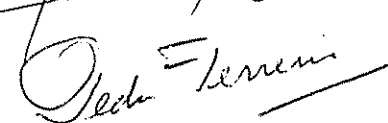
FIRMANTES:

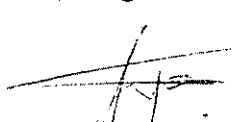
  
\_\_\_\_\_  
**Steve Gretzinger, M.Sc.**  
Profesor Consejero

  
\_\_\_\_\_  
**José Joaquín Campos, Ph.D.**  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
**Juan Antonio Aguirre, Ph.D.**  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
**Juan Antonio Aguirre, Ph.D.**  
Jefe Area de Postgrado

  
\_\_\_\_\_  
**Pedro Ferreira, Ph.D.**  
Director, Programa de Enseñanza

  
\_\_\_\_\_  
**Jorge Obispo Vázquez Mejía**  
Candidato

## DEDICATORIA

A Dios por su enseñanza plasmada en la biblia y que es digno modelo de vida.

A mis padres: Fidelina Mejía Vda. de Vásquez y Secundino Vásquez Mejía (descanse en paz), por haberme dado la oportunidad de experimentar la vida.

A mis hermanos: Martín, Ramón, Alejandra, Lorenza, Juan y Julio, por encontrar en ellos una solidaridad sincera en el devenir de la vida.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco al señor Ms. Sc. Steve Gretzinger (Profesor consejero) por su asesoría acertada en la dirección del desarrollo de la presente investigación.

Al señor Ph.D. Juan Antonio Aguirre (miembro del comité asesor) por su esfuerzo dedicado en la revisión de ésta tesis y por su orientación y comprensión demostrada como jefe de la escuela de Post-grado.

Al señor Ph.D. José Joaquín Campos (miembro del comité asesor) por su desempeño en la corrección de ésta tesis y motivación optimista.

Al servicio alemán de intercambio académico (DAAD) por su valiosa colaboración al desarrollo de mi país tercer-mundista al financiar mis estudios de maestría.

A PORTICO S.A. por la oportunidad brindada para desarrollar ésta tesis en bosques de su propiedad, literatura proporcionada y apoyo logístico.

A la Empresa Privada MONSANTO por el valioso aporte del herbicida Roundup y literatura brindada al igual que la Empresa TRISAN.

A Rodolfo Peralta por sus valiosas observaciones aportadas en el desarrollo de ésta tesis.

A David Quirós por su apoyo incondicional e importantes aportes brindados en el desarrollo de la metodología de campo.

Agradezco a Johnny Pérez su colaboración en el análisis estadístico de datos.

Al señor Hugo Brenes por su empeño en el procesamiento electrónico de datos de campo.

Al señor M. Sc. Alex Tineo Bermúdez por su valioso apoyo en el período académico de mi carrera.

Al estudiante Mario Padilla por su compañerismo y motivación brindada en el desarrollo de la presente tesis.

A los señores: Víctor Mora, Benigno Mora y otras personas, que con sus múltiples esfuerzos fue posible realizar la fase de campo.

A toda la comunidad del CATIE que con su actividad conjunta es posible lograr entre otras: metas individuales.

## BIOGRAFIA

El autor de ésta tesis nació en el Municipio de San Carlos Sija, Quetzaltenango, Guatemala. Hijo de Secundino Vásquez Mejía (descanse en paz) y de Fidelina Mejía Vda. de Vásquez.

Su formación de nivel primario se llevó a cabo en el Colegio "Joselita Allen", San Carlos Sija; el nivel básico se realizó en el Instituto Básico del mismo municipio y estudios de Magisterio se realizaron en el Instituto Normal para Varones de Occidente (INVO), Quetzaltenango.

Estudios de nivel medio universitario se realizaron en la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), Honduras, obteniendo el Título de Dasónomo en el año de 1986.

Estudios universitarios fueron recibidos en el Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA), La Ceiba, Honduras, obteniendo el Título de Ingeniero Forestal en el año de 1990.

En los años de 1987 y 1991 laboró con el sector forestal de Guatemala y a partir de Enero de 1992 presta sus servicios docentes en el Centro Universitario del Nor-Occidente (CUNOROC) en la Carrera de Ingeniería Forestal, Huehuetenango, Guatemala.

En enero de 1994 ingresó al Programa de Post-grado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en el área de Manejo y Silvicultura de Bosques Tropicales, obteniendo el grado de Magister Scientiae en el mismo ramo en 1996.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xii
LISTA DE CUADROS.....	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
ANEXOS.....	xix
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. General.....	3
1.1.2. Específicos.....	3
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Manejo forestal.....	4
2.2. Organización de los bosques húmedos tropicales.....	4
2.2.1. Estructura.....	4
2.2.2. Gremios de especies forestales.....	5
2.3. Dinámica de bosques húmedos tropicales.....	6
2.4. Información general sobre formaciones boscosas muy húmedas tropicales en Costa Rica.....	7
2.4.1. Generalidades.....	7
2.4.2. Información sobre los bosques primarios propiedad de PORTICO S.A....	8
2.5. Silvicultura.....	9
2.6. Clasificación de sistemas silvícolas.....	9
2.6.1. Sistemas orientados a bosques coetáneos.....	10
2.6.2. Sistemas silvícolas orientados a bosques disetáneos.....	10
2.6.3. Tratamientos silviculturales.....	11
2.6.4. Descripción de tratamientos silviculturales comunes en bosques húmedos tropicales.....	12
2.6.4.1. Mejora.....	12
2.6.4.2. Liberación.....	13
2.6.4.3. Refinamiento.....	14
2.6.4.4. Eliminación de lianas.....	14
2.6.5. Area basal como parámetro para definir el tratamiento silvicultural.....	15
2.7. Diseño de un sistema silvicultural.....	16

2.8.	Muestreos para evaluar el estado silvicultural post-aprovechamiento en bosques húmedos tropicales.....	18
2.8.1.	Muestreo Diagnóstico (MD).....	18
2.8.2.	Muestreo de remanencia (MR).....	18
2.8.3.	Muestreo silvicultural (MS).....	19
2.9.	Métodos de eliminación de árboles no comerciales en tratamientos silviculturales..	19
2.10.	Generalidades sobre herbicidas.....	22
2.10.1.	Descripción del herbicida Garlón 4 (Triclopyr).....	23
2.10.2.	Descripción del herbicida Roundup (Glyfosato).....	24
<b>III.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
3.1.	Descripción del área.....	25
3.1.1.	Régimen de propiedad y localización..	25
3.1.2.	Uso actual de los suelos.....	38
3.1.3.	Suelos.....	30
3.1.4.	Topografía.....	30
3.1.5.	Hidrología y caminos internos.....	30
3.1.6.	Clima.....	32
3.1.7.	Zona de vida.....	33
3.2.	Control de la estructura de la masa boscosa basado en mediciones realizados por personal de PORTICO S.A.....	33
3.3.	Muestreos post-aprovechamiento realizados por personal de PORTICO S.A.....	33
3.4.	Tratamiento silvicultural prescrito.....	34
3.4.1.	Corta de Mejora dirigida.....	34
3.4.2.	Corta de liberación dirigida por competencia de luz.....	34
3.4.3.	Corta de lianas y palmas.....	35
3.4.4.	Tratamiento aplicado.....	35
3.4.5.	Prueba de la aplicabilidad del tratamiento elegido.....	36
3.5.	Metodología de establecimiento de PPM y de operaciones que forman parte del tratamiento silvicultural aplicado.....	36
3.5.1.	Diseño experimental.....	36
3.5.2.	Ubicación de parcelas permanentes de muestreo (PPM).....	37
3.5.3.	Diseño de PPM.....	38
3.5.4.	Marqueo de árboles.....	41
3.5.5.	Envenenamiento de árboles.....	41
3.5.6.	Monitoreo de árboles envenenados.....	41
3.6.	Variables medidas.....	41
3.6.1.	Variables medidas en PPM.....	42
3.6.2.	Marqueo de árboles.....	42
3.6.3.	Envenenado de árboles.....	43

3.6.4. Monitoreo de árboles envenenados.....	43
3.7. Procesamiento y análisis de información.....	44
3.7.1. Análisis general de la vegetación....	44
3.7.2. Análisis estadístico.....	45
3.7.3. Análisis de costos.....	45
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>46</b>
4.1. Resultados de mediciones y muestreos realizados por personal de PORTICO S.A. (1992).....	46
4.1.1. Descripción del bosque primario no intervenido.....	46
4.1.1.1. Composición florística.....	46
4.1.1.2. Estructura.....	46
4.1.2. Estado silvicultural del bosque intervenido según muestreos post- aprovechamiento levantados por personal de PORTICO S.A. (1994).....	49
4.1.2.1. Muestreo diagnóstico (MD)....	49
4.1.2.2. Muestreo de remanencia (MR)..	51
4.1.2.3. Muestreo silvicultural (MS)..	52
4.1.2.4. Número de árboles y área basal afectada por aprovecha- miento forestal y daños.....	53
4.2. Resultados de mediciones y muestreos realizados en PPM post-aprovechamiento.....	54
4.2.1. Descripción del bosque primario intervenido.....	54
4.2.1.1. Composición florística.....	54
4.2.1.2. Vegetación del estrato sotobosque.....	58
4.2.1.3. Estructura.....	58
4.2.2. Estado silvicultural del bosque según muestreo en PPM post-aprovechamiento..	61
4.2.2.1. Datos de árboles por grupo comercial.....	61
4.2.2.2. Condiciones de iluminación de árboles comerciales.....	63
4.2.2.3. Grado de presencia de lianas en los árboles.....	64
4.2.2.4. Clase de identidad de fuste de árboles comerciales.....	65
4.2.2.5. Forma de copa de los árboles comerciales.....	66
4.2.2.6. Número de árboles y área basal afectada por aprovechamiento forestal y daños.....	67
4.2.3. Resultados del tratamiento silvicultural aplicado y estado del bosque post-tratamiento.....	68



4.2.3.1.	Número de árboles y área basal envenenada.....	68
4.2.3.2.	Número de árboles y área basal del bosque post-tratamiento..	70
4.2.4.	Comparación de tratamientos con herbicidas mediante análisis estadístico.....	76
4.2.4.1.	Pruebas de normalidad.....	76
4.2.4.2.	Resultados estadísticos basados en cinco meses de observaciones realizados sobre árboles envenenados....	76
4.2.4.3.	Pruebas de modelos.....	78
4.2.5.	Costos de tratamientos de mejora y liberación dirigidos.....	82
4.2.5.1.	Generalidades.....	82
4.2.5.2.	Descripción por tratamiento..	83
4.2.5.3.	Modelación de costos.....	87
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
5.1.	Conclusiones.....	93
5.2.	Recomendaciones.....	96
<b>VI.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>99</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>104</b>

VASQUEZ MEJIA, J.O. 1995. Aplicación y evaluación de eficiencia inicial y los costos de dos herbicidas en un tratamiento silvicultural de liberación post-aprovechamiento de un bosque muy húmedo tropical pantanoso en Limón, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 119 p.

**Palabras claves:** Tratamientos silviculturales, arboricidas, eficiencia y costos, muestreo diagnóstico, composición florística, estructura, bosque intervenido, *Pentaclethra macroloba*, Costa Rica.

## RESUMEN

En un bosque intervenido muy húmedo tropical pantanoso propiedad de PORTICO S.A., localizado en Colorado, Pococí, Costa Rica, se establecieron 18 parcelas permanentes de muestreo (PPM) de una hectárea cada una, donde se aplicaron los tratamientos silviculturales de mejora y liberación dirigidos.

El propósito general del estudio fue evaluar la eficiencia inicial y costos de los herbicidas Garlón 4 y Roundup, aplicados en tres dosis cada uno mediante el método de inyección para envenenar árboles no comerciales en bosque intervenido. Para el efecto se estableció un diseño jerárquico o anidado en dos etapas, con dos factores: herbicida (con dos niveles) y dosis (con tres niveles por cada nivel del factor herbicida).

En unidades de muestreo de 50 x 50 m se registraron datos dasométricos y características silviculturales sobre árboles y palmas a partir de 10 cm de DAP. En bosque intervenido existen 351 árboles (76%) con área basal de 19,8 m<sup>2</sup>/ha (63%) y se dedujo que se afectaron 108 árboles (24%) con área basal de 11,9 m<sup>2</sup>/ha (38%) por aprovechamiento y daños.

La riqueza florística del bosque intervenido es de 173 especies en 18 ha y de 166/ha. El 50% del valor total del IVI lo ocupan 11 especies y un grupo de desconocidos. Del 50%, cinco especies son comerciales con IVI de 32,7%, siendo *Pentaclethra macroloba* el de mayor abundancia y dominancia, seguida por *Carapa guianensis*, éstas especies más *Virola koschnyi* son esciófitas parciales y dos son de gremio desconocido. En bosque primario no intervenido existe mayor abundancia y dominancia de *C. guianensis*, pero en bosque intervenido pasa a segundo plano, debido al aprovechamiento ejecutado en 1994. Cuatro especies no comerciales suman 8,8% de IVI, una especie es heliófita durable, otra es heliófita efímera y dos de gremio desconocido. Dos especies de palma suman 6,1% de IVI y el grupo de desconocidos 3,3%.

La estructura horizontal en ambos tipos de bosque es la de una "J" invertida. En bosque intervenido existen 121 árboles comerciales con área basal de 11,3 m<sup>2</sup>/ha y 194 árboles no comerciales con área basal de 8,0 m<sup>2</sup>/ha. La relación de abundancia y dominancia entre árboles comerciales y no comerciales es inversa, concluyendo que los comerciales

tienen distribución más regular por clase diamétrica, y una gran cantidad de no comerciales son de diamétricas menores. Lo anterior puede deberse a la presencia de muchas especies esciófitas totales.

El muestreo diagnóstico post-cosecha, reveló que existen 36,5% unidades con árboles deseables sobresalientes (DS) y 63,5% unidades vacías por ha a partir de 10 cm de DAP. De los DS, 19,5% se encontraban en condiciones de luz regular y deficiente, concluyendo que buena parte del bosque estaba bien iluminado. Pero en el campo se observó que los claros son aislados, existiendo muchos manchones densos con vegetación comercial que requieren iluminación.

El tratamiento silvicultural aplicado se orientó a liberar árboles comerciales en condiciones de luz 3, 4 y 5 debido a dominancia y traslape de copas de árboles no deseables. En promedio se envenenaron 20 árboles (4,4%) con área basal de 3,7 m<sup>2</sup>/ha (11,7%). Se envenenaron de 2-3 árboles por corta de mejora y de 17-18 árboles por liberación por hectárea. El bosque remanente post-tratamiento quedó con 331 árboles (72,1%) y un área basal de 16,2 m<sup>2</sup>/ha (50,9%), conservando su estructura horizontal de "J" invertida.

Basado en observaciones del quinto mes, estadísticamente se determinó que existen diferencias en eficiencia entre los herbicidas Garlón 4 y Roundup, siendo mejor el Roundup para eliminar árboles. Sin embargo, entre las dosis de cada herbicida no se encontró diferencias en eficiencia.

En términos de rentabilidad, de eficiencia y de menor toxicidad al ambiente en general, se concluyó que es mejor el tratamiento cuatro (15% de Roundup en solución acuosa), ya que su eficiencia es similar a las otros tratamientos con Roundup y es superior a los de Garlón 4. Además su costos por árbol envenenado y dañado son los más bajos comparado con los cinco tratamientos restantes. Aplicando dicho tratamiento para un promedio de 20 árboles con área basal de 3,7 m<sup>2</sup>/ha el costo sería de 6,800 colones (US\$ 38,0).

Es necesario equilibrar la abundancia, dominancia y riqueza florística entre especies comerciales y no comerciales en el bosque intervenido, principalmente en las clases diamétricas menores, por lo que un refinamiento parcial combinado con tratamientos de mejora y liberación dirigidos pueden ser alternativas para mejorar dicha relación.

VASQUEZ MEJIA, J.O. 1995. The application and evaluation of the initial effectiveness and costs of two herbicides applied in a post-logging liberation silvicultural treatment on a wet tropical forest in Limon, Costa Rica. Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 119 p.

**Key words:** Silvicultural treatments, arboricide, efficiency and costs, diagnostic sampling, floristic composition, structure, harvested forest, *Pentaclethra macroloba*, Costa Rica.

### SUMMARY

Eighteen permanent sample plots (PPM) of one hectare each, subject to improvement and direct Liberation Thinning treatments, were established in a previously logged wet tropical forest owned by PORTICO S.A., located in Colorado, Pococi, Costa Rica.

The main objective of the study was to evaluate the initial costs and efficiency of two herbicides: Garlon 4 and Roundup, applied by injection in three doses to non commercial trees in the previously logged forest. A hierarchical design in two phases with two factors: herbicide (two levels) and doses (three levels by each level of the factor herbicide) was used.

Dasometric data and silvicultural characteristics of trees and palms over 10 cm dbh were registered in sampling units of 50 x 50 m. The PPM measurement in the intervened forest reported 351 trees (76%) with basal area of 19,8 m<sup>2</sup>/ha (63%). A comparison with primary forest data, indicated that 108 trees (24%) with a basal area of 11,9 m<sup>2</sup>/ha (38%) were affected by harvest and damages.

The botanical richness (trees with dbh  $\geq$  10 cm) of the intervened forest is 173 species in 18 hectares, and 166 species per hectare. Eleven species and an unknown species occupy 50% of the ecological value based on the importance value index (IVI). Out of the 50%, five species are currently commercial with a combined IVI of 32.7%, being *Pentaclethra macroloba* the most abundant and dominant, followed by *Carapa guianensis*. The aforementioned species are partial esciophytas, while the remaining two species are of unknown behavior. In the primary forest, *C. guianensis* is the most abundant and dominant species, while in the intervened forest it occupies second place, due to the 1994 harvest. Four non commercial species account for 8,8% of IVI; one species is classified as durable heliophyta, another one is ephemeral heliophyta and two are of an unknown ecological guild class. Two palm species account for 6,1% of IVI and the unknown group accounts for 3,3%.

The horizontal structure in both types of forest is the inverted "J". In the intervened forest, there are 121 commercial trees with a basal area of 11,3 m<sup>2</sup>/ha and 194 non-commercial trees with a basal area of 8,0 m<sup>2</sup>/ha. The relation of abundance and dominance

between commercial and non commercial trees is inverse, thus the commercial trees have a more regular distribution per diametric class, and larger amount of non commercial trees belong to the smaller diameter classes, due to the presence of many total esciophyta species.

Before the treatment, the intervened forest was evaluated via a diagnostic sampling, which revealed that 36,5% of the parcels had Leading Desirables (LD) and 63,5% where vacant ( $LD \geq 10$  cm dbh). From the LD present, 19,5% were in regular and deficient light conditions. Based on this finding, it was concluded that most of the forest was adequately illuminated; however, in the field it was possible to see that gaps were patchy and isolated. Thus, there existed many dense plots with commercial vegetation that required more light to facilitate tree growth.

The silvicultural treatment was oriented to release commercial trees with light conditions of 3 (regular), 4 (deficient) and 5 (none) because of the dominance and overlap of non desirable competing trees. An average of 20 trees, (4,4%) with a basal area of 3,7 m<sup>2</sup>/ha (11,7%) where eliminated by injection. In each hectare, from 2 to 3 trees were poisoned via the improvement Thinning and 17 to 18 trees by Liberation Thinning. The remaining forest had 331 trees (72,1%) and a basal area of 16,2 m<sup>2</sup>/ha (50,9%), maintaining inverted "J" horizontal structure.

Based on the observations up to the fifth month after treatment, it was possible to determine statistical differences in efficiency between Garlon 4 and Roundup. With Roundup clearly more efficient to eliminate trees under study conditions. However, there were no differences among the doses.

In terms of profitability, efficiency and environmental toxicity, the recommended treatment is the lower doses (15% in water solution) of Roundup, since its efficiency is similar to the other ones and higher than any Garlon 4 doses, and its costs per poisoned and damaged tree is lower than the five other treatments. Using Roundup 15% in water solution the cost of treating an average of 20 trees with a basal area of 3,7 m<sup>2</sup>/ha is 6.800 colones (US\$ 38,0). The abundance, dominance and botanical richness in the intervened forest reveal that it is necessary to find a balance between commercial and non commercial species, mainly in the lower diametric classes. A partial refinement combined with improvement and Liberation Thinning may be a good approach to achieve such a relationship.

## LISTA DE CUADROS

Número	Página
1. Número de árboles y área basal que se afectaría por clase diamétrica, de acuerdo al tratamiento silvicultural prescrito inicialmente.....	35
2. Distribución del número de árboles por grupo comercial y por clase diamétrica por hectárea en bosque primario no intervenido.....	48
3. Distribución del área basal por grupo comercial y por clase diamétrica por hectárea en bosque primario no intervenido.....	48
4. Resultados de muestreo diagnóstico, iluminación de copas de árboles deseables sobresalientes por clase diamétrica y por hectárea.....	49
5. Resultados de muestreo diagnóstico, distribución de árboles deseables sobresalientes por clase diamétrica y por hectárea.....	50
6. Resultados de muestreo diagnóstico, Presencia de lianas en árboles comerciales por hectárea.....	50
7. Resultados de muestreo de remanencia, distribución del número de árboles remanentes por clase diamétrica y por hectárea.....	51
8. Resultados de muestreo de remanencia, distribución de especies por tipo de remanencia y por hectárea (DAP $\geq$ 70 cm).....	52
9. Resultados de muestreo silvicultural, distribución del número y área basal totales de árboles comerciales y no comerciales por clase diamétrica y por hectárea.....	53
10. Resultados de muestreo silvicultural, distribución del número de árboles y área basal por clase diamétrica y por hectárea antes y después del aprovechamiento.....	53
11. Especies de mayor índice de valor de importancia con DAP $\geq$ 10 cm en la composición florística de bosque primario intervenido (datos de 18 ha).....	57

12. Distribución del número total de árboles por grupo comercial y clase diamétrica por hectárea en bosque primario intervenido.....	59
13. Distribución del área basal total por grupo comercial y clase diamétrica por hectárea en bosque primario intervenido.....	60
14. Distribución del número de árboles y área basal por parcela de una hectárea por grupo comercial en bosque intervenido.....	62
15. Resultados en PPM post-aprovechamiento, clasificación lumínica de especies comerciales por clase diamétrica y por hectárea.....	64
16. Resultados en PPM post-aprovechamiento, presencia de lianas en los árboles comerciales por clase diamétrica y por hectárea.....	65
17. Resultados en PPM post-aprovechamiento, clase de identidad de fuste de árboles comerciales por clase diamétrica y por hectárea.....	66
18. Resultados en PPM post-aprovechamiento, forma de copa de los árboles comerciales por clase diamétrica y por hectárea.....	67
19. Resultados en PPM post-aprovechamiento, número de árboles y área basal por hectárea antes y después del aprovechamiento (DAP $\geq$ 10 cm).....	67
20. Distribución del número de árboles envenenados por clase diamétrica y por grupo comercial por hectárea.	69
21. Distribución del área basal de árboles envenenados por clase diamétrica y por grupo comercial por hectárea.....	69
22. Distribución por parcela de una hectárea de árboles envenenados y remanentes post-tratamiento silvicultural.....	71
23. Distribución del número de árboles remanentes post-tratamiento por clase diamétrica y por grupo comercial por hectárea.....	73
24. Distribución del área basal de árboles remanentes post-tratamiento por clase diamétrica y por grupo comercial por hectárea.....	73

25. Resumen general de cantidades absolutas y relativas de los árboles y su área basal en bosque primario no intervenido, intervenido y tratado silviculturalmente.....	74
26. Tabla de análisis de varianza, comparación de eficiencias de herbicidas y de sus respectivas dosis mediante parcelas divididas en el tiempo.....	77
27. Comparación de cinco mediciones mensuales mediante prueba múltiple LS means.....	78
28. Índices ponderados de observaciones mensuales por parcela agrupados por tratamiento.....	79
29. Distribución del número de árboles envenenados y sus condiciones a través del tiempo y por tratamiento.....	81
30. Resumen de variables y sus costos en colones agrupadas por tratamiento.....	85
31. Resumen de variables y sus costos en colones por parcela de una hectárea y agrupadas por tratamiento.....	86
32. Costo en colones por árbol envenenado y por árbol dañado al quinto mes de observación.....	90



## LISTA DE FIGURAS

Número	Página
1. Ubicación geográfica del área de estudio. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	26
2. Ubicación política y accesibilidad del área de estudio. Finca "Guido madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	27
3. Uso actual de la Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	29
4. Hidrología y caminos internos de la Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	31
5. Distribución mensual de la precipitación y temperatura en la Estación Meteorológica "Los Diamantes", Guápiles, Limón, Costa Rica. Años: 1991-1994.....	32
6. Ubicación de parcelas permanentes de muestreo. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	39
7. Diseño de una parcela permanente de muestreo. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	40
8. Gráfico de curvas de especies por área en bosque primario y aprovechado. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	55
9. Distribución por clase diamétrica del número de árboles más palmas en bosque primario, aprovechado y tratado silviculturalmente. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	75
10. Distribución por clase diamétrica del área basal de árboles más palmas en bosque primario, aprovechado y tratado silviculturalmente. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	75
11. Distribución porcentual de los costos del tratamiento silvicultural por hectárea con herbicida Garlón 4. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	91

12. Distribución porcentual de los costos del tratamiento silvicultural por hectárea con herbicida Roundup. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	91
13. Distribución porcentual de los costos del tratamiento silvicultural por hectárea con herbicida Roundup al 15% en solución acuosa. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	91

## ANEXOS

Número	Página
1. Formulario 1. Muestreo diagnóstico en bosque muy húmedo tropical pantanoso, PORTICO S.A., Pococí, Limón, Costa Rica.....	105
2. Formulario 2. Establecimiento y descripción de PPM en bosque muy húmedo tropical pantanoso, PORTICO S.A., Pococí, Limón, Costa Rica.....	106
3. Formulario 3. Medición de árboles de DAP $\geq$ 10 cm, unidad de muestreo de 50 m x 50 m.....	108
4. Formulario 4. Marqueo de árboles a ser envenenados con DAP $\geq$ 10 cm, unidad de registro de 50 m x 50 m.....	109
5. Formulario 5. Costos de establecimiento de parcelas permanentes y de aplicación de tratamiento silvicultural, unidad de registro de 50 m x 50 m...	110
6. Formulario 6. Especies tratadas con DAP $\geq$ 10 cm, unidad de registro de 50 m x 50 m.....	111
7. Formulario 7. Costos de tratamiento silvicultural por hectárea en bosque muy húmedo tropical pantanoso. Finca "Guido Madrigal", PORTICO S.A.....	112
8. Clase de identidad de fustes, forma e iluminación de copa, grado de presencia de lianas en árboles deseables sobresalientes y clasificación de árboles remanentes.....	113
9. Número de especies acumuladas por área muestreada y por clase diamétrica en bosque primario intervenido. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	115
10. Composición florística del bosque intervenido. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.....	116

## I. INTRODUCCION

El manejo de los bosques húmedos tropicales ha sido desde años remotos un tema de múltiples consideraciones, dado que cada comunidad vegetal tiene características propias, que es necesario estudiarlas para el desarrollo de un sistema apropiado. Lo anterior debe además tomar como punto de partida los conocimientos silviculturales existentes (Dawkins, 1961; Hutchinson, 1993).

Comúnmente en el sistema policíclico, después de las operaciones planificadas de pre-aprovechamiento y de aprovechamiento, se aplican tratamientos al bosque intervenido, para asegurar una cosecha futura y mejorar la calidad del bosque productor. Uno de los problemas a enfrentar en ésta etapa es la disminución de la competencia entre árboles comerciales y no comerciales. Como alternativa a la práctica tradicional de dejar el bosque remanente sin tratamiento silvicultural, se recomienda favorecer la vegetación comercial remanente, ya sea talando, anillando y/o envenenando los árboles no comerciales que compiten (Dawkins, 1961; Lamprecht, 1990, Hutchinson, 1993).

Más allá de la aplicación de los tratamientos silviculturales, se ha visto la necesidad de incrementar la efectividad de los tratamientos silviculturales y a la vez reducir sus costos de aplicación. Muchas empresas forestales en las regiones tropicales han recurrido a herbicidas para eliminar árboles no comerciales, predominando el criterio de utilizar el producto que más mata árboles y en segundo plano se relegan los efectos hacia el medio ambiente.

PORTICO S.A. es una empresa forestal costarricense que hace uso de herbicidas para el tratamiento silvicultural de sus bosques y con el fin de practicar métodos y tecnologías acordes al manejo sostenido, facilitó la ejecución de tratamientos silviculturales de corta de mejora y liberación dirigidos en una de las fincas de su propiedad, envenenando los árboles no comerciales con los herbicidas Garlón 4 y Roundup, inyectados en tres dosis cada uno (0,5%, 1,5%, 2,5 y 15%, 20%, 25% respectivamente).

Los objetivos fundamentales de éste estudio fueron generar información como alternativa a los tratamientos post-cosecha que la empresa aplica actualmente (refinamiento en combinación con liberación selectiva) y recomendar un herbicida alternativo a los herbicidas usados por la misma (2,4-D y Garlón 4) de tal forma que el método de aplicación y la dosis sean rentables y letalmente aceptables para árboles, pero menos tóxico al ser humano, vida silvestre y ambiente en general.

El tratamiento de mejora es primordial para bosques no manejados y mejora la calidad de la vegetación para alcanzar eventualmente un rendimiento sostenido (Dawkins, 1961; Wadsworth, 1987, citado por Hutchinson, 1993, Matthews, 1989).

El tratamiento de liberación dirigida en bosques húmedos naturales ayuda a incrementar significativamente el diámetro de los árboles comerciales. En árboles tratados bajo control se han detectado incrementos mínimos del doble (Bianchi et al., 1993; Hutchinson, 1994; Stanley, 1995), ecológicamente se ajusta a la organización y es conservador al garantizar volúmenes aprovechables en el próximo turno (Delgado, 1991).

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. General

Evaluar los costos y eficiencia iniciales del tratamiento silvicultural de liberación dirigida en un bosque muy húmedo tropical pantanoso usando los herbicidas Garlón 4 y Roundup a diferentes concentraciones para envenenar árboles no comerciales.

### 1.1.2. Específicos

1. Describir la estructura del bosque primario e intervenido de la finca en estudio propiedad de PORTICO S.A.
2. Evaluar el estado silvicultural de la masa forestal comercial post-aprovechamiento.
3. Diseñar un tratamiento silvicultural practicando una intensidad de apertura del dosel, basado en muestreos post-aprovechamiento.
4. Establecer algunos puntos de partida que orienten el desarrollo de la silvicultura en el bosque en estudio.
5. Comparar la eficiencia y los costos de dos herbicidas y de tres dosis para cada herbicida, aplicados mediante inyectores, para envenenar árboles que limitan el desarrollo de individuos comerciales.
6. Determinar el tratamiento más económico, mediante comparación de las eficiencias y costos de aplicación de las diferentes dosis de los dos herbicidas.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Manejo forestal

Manejo forestal es el proceso de manejar tierras boscosas permanentes para los objetivos de ordenación, produciendo un flujo continuo de productos y servicios deseados, conservando sus valores inherentes y su productividad futura (ITTO, 1992). La ordenación es la planificación de la producción forestal a través del tiempo y espacio que básicamente se basa en el principio del rendimiento sostenido (Sabogal, et al., 1993).

Un bosque primario, bosque aprovechado o secundario puede ser sometido al manejo forestal sostenido. Un bosque primario no intervenido es el que se encuentra en estado natural climático, esencialmente no influenciado por la actividad humana (Soc. Americana de Silvicultores, 1958; Freezailah, 1993); mientras que el intervenido muestra efectos de explotación de productos maderables y/o no maderables, (Freezailah, 1993; Manta, 1988).

### 2.2. Organización de los bosques húmedos tropicales

Los bosques tropicales densos pueden estudiarse desde el punto de vista de su organización: arquitectura y estructura. La arquitectura y estructura son la geometría de las poblaciones y las leyes que rigen el conjunto de los árboles y las especies en particular (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980).

#### 2.2.1. Estructura

La estructura se emplea para describir agregados de árboles o especies, comúnmente se habla de estructura de diámetros, de riqueza y diversidad florística, de asociaciones, de alturas, de copas, de la cubierta arbórea, de estructuras espaciales de una o varias especies, etc (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980).

En bosques húmedos naturales tropicales (BHT), normalmente la estructura se describe clasificando los árboles por su tamaño de DAP al no poder determinar la edad de los mismos (Finegan, 1994). El gremio de las esciófitas en BHT a partir de 10 cm de DAP se caracteriza por una "J" invertida y aproximadamente una recta es la tendencia del gremio de las heliófitas (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980). En un mismo bosque primario maduro, pareciera que hay muchos árboles esciófitas en las clases diamétricas menores con alta mortalidad y disminuyendo en cantidad al aumentar el diámetro, en cambio el número de árboles heliófitas se mantiene más o menos constante al aumentar el diámetro, indicando que la mortalidad arriba de 10 cm de DAP es baja (Finegan, 1994).

### 2.2.2. Gremios de especies forestales

Finegan (1994) citando a varios autores recomienda agrupar las especies de BHT según los factores biológicos y ecológicos que determinan su comportamiento y cita a la luz como factor principal que determina el comportamiento de las especies.

El gremio de las **heliófitas efímeras (HE)** crecen en claros grandes, son de vida corta (10-15 años) y crecimiento rápido y su madera es suave, entre éstos tenemos: *Cecropia*, *Heliocarpus*, *Ochroma* y *Trema*. Las **heliófitas durables (HD)** son especies de vida más larga, se establecen en sitios abiertos y llegan después de las HE, su crecimiento es rápido y su madera es moderadamente liviana o moderadamente pesada. Entre las HD se encuentran: *Cedrela odorata*, *Swietenia spp*, *Ceiba pentandra*, *Apeiba membranaceae*, *Goethalsia meiantha*, géneros *Qualea* y *Vochysia*, etc.

Otro grupo de árboles se clasifican como **Esciófitas** que a su vez se subdividen en **Esciófitas parciales (EP)**, comprendiendo especies que toleran sombra en las primeras etapas de desarrollo, pero requieren una elevada iluminación en las etapas intermedias hasta la madurez (Hartshorn, 1980; Whitmore, 1984; citados por Finegan, 1994). Las EP aumentan su crecimiento en respuesta a mayor cantidad de luz, son de crecimiento lento y



madera moderadamente pesada a muy pesada. Entre las especies ejemplares tenemos: *Carapa guianensis*, *Pentaclethra macroloba* y *Virola sebifera*. La otra subdivisión corresponde a las Esciófitas totales (ET), se desarrollan bajo sombra y su incremento no es significativo si se abre el dosel, son ET las especies de *Minquartia guianensis* y *Pouteria spp* (Finegan, 1994).

La regeneración de especies esciófitas es continua en cualquiera de las fases del ciclo de regeneración, dando el carácter disetáneo al bosque y con dominancia en bosques húmedos tropicales maduros (Finegan, 1994).

### 2.3. Dinámica de bosques húmedos tropicales

Los bosques están en cambio continuo y el conocimiento de su dinámica interna ayuda a manejarlos. El conocimiento de la dinámica en bosques explotados permite determinar la duración de turnos, estimar las producciones futuras de madera comercial o evaluar los efectos de tratamientos silviculturales (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980; Finegan, 1994; Gómez-Pompa et al., 1991).

Los procesos dinámicos pueden ser de largo, mediano y corto plazo, como consecuencia de factores ambientales, históricos, climáticos o geomorfológicos; derivándose entonces los diferentes tipos de asociaciones florísticas en bosques húmedos tropicales (Whitmore, 1984; citado por Finegan, 1994). Lieberman y Lieberman (1987) citado por Manta (1988), concluye que ocurren cambios dinámicos rápidos a pequeña escala y a gran escala la composición y estructura de los bosques se mantienen relativamente estables.

Whitmore (1984) citado por Finegan (1984) y Gómez-Pompa et al. (1991) dicen que el estado de regeneración de un bosque en equilibrio pasa por tres fases: claro, construcción y madura, las mismas coexisten en un mismo bosque y por las que pasan continuamente todas las plantas que alcanzan la madurez. En la fase de claro se origina el ciclo de regeneración con vegetación en etapa de brinzales, latizales y árboles jóvenes

(UNESCO/PNUMA/FAO, 1980). En la fase de construcción predominan árboles jóvenes con crecimiento rápido cuya relación de incremento entre diámetro y altura es lineal, mientras que en la fase madura se encuentran árboles de dimensiones grandes con tasas no significativas de incremento.

El tamaño del claro (pocos metros cuadrados o varias hectáreas) determina la composición florística del bosque por un período dado (Gómez-Pompa et al., 1991). Whitmore (1982) citado por Manta (1988) concluye que las heliófitas efímeras se establecen en claros de área mínima de 400 m<sup>2</sup> y si el claro es mayor a 1.000 m<sup>2</sup> su establecimiento es abundante. Chávez (1992) observó en un bosque húmedo tropical en Costa Rica, que las especies de *Virola koschnyi*, *Laetia prosera* y *Vochysia ferruginea*, se establecieron después de una apertura fuerte en el dosel, debido a que son heliófitas totales. Rollet (1983) citado por FAO (1985) observó en la selva amazónica de Brasil que no existen grandes diferencias entre la composición florística de claros mayores a 100 m<sup>2</sup> y del sotobosque circundante, pero en los claros encontró mayor cantidad de plantas comerciales que requieren más luz.

## **2.4. Información general sobre formaciones boscosas muy húmedas tropicales en Costa Rica**

### **2.4.1. Generalidades**

En la zona de vida bosque muy húmedo tropical (Holdridge, 1969) la vegetación arbórea es perennifolia, alta, de muchos estratos, con algunas especies brevemente caducifolias. Los árboles del dosel son de 45-55 m de altura, con DAP hasta de 100-200 cm y las gambas son altas. Los árboles del subdosel tienen de 30-40 m de altura, con troncos delgados y generalmente sin gambas. Los árboles del sotobosque son de 10-25 m de altura, troncos delgados y torcidos o retorcidos. Las palmeras son abundantes. El estrato de arbustos es de 1,5-2,5 m de alto con gran abundancia de palmeras enanas y arbustos poco ramificados y hierbas gigantes latifoliadas (Janzen, 1991).

#### 2.4.2. Información sobre los bosques primarios propiedad de PORTICO S.A.

Los bosques son dominados por dos especies comerciales: *C. guianensis* y *P. macroloba*, con un 30-62% del área basal del rodal y el 80% de la biomasa vegetal. En promedio existen 60 especies arbóreas/ha con DAP  $\geq$  10 cm. La densidad es de 300-400 árboles/ha sin incluir palmas (Bianchi, Valerio y Simula, 1993); al incluir palmas se cuentan 459/ha con área basal de 31,7 m<sup>2</sup>/ha, la altura de los árboles dominantes oscila entre 35-50 m (PORTICO S.A, 1992, inédito).

Entre otras especies comerciales se encuentran: *Hyeronima oblonga*, *Tabebuia rosea*, *Terminalia bucidoides* y *T. oblonga*, *Calophyllum brasiliense*, *Otoba novogranatensis*, *Virola koschnyi*, *Sacoglottis trichogyne*, etc y como especies protegidas están: *Lecythis ampla*, *Dipteryx panamensis* y *Sacoglottis trichogyne* (Bianchi et al., 1993).

Al igual que la estructura horizontal total del bosque, las especies de *C. guianensis* y *P. macroloba* presentan una estructura diametral de "J" invertida. El número de *C. guianensis* con DAP entre 30-60 cm oscila entre 30-100/ha y de 10-20/ha con DAP entre 30-70 cm, los que producen el 55% de semillas en bosque natural maduro y el 78% en bosques aprovechados (árboles con DAP  $\geq$  35 cm son capaces de producir semillas reproductivas (Bianchi et al., 1993).

Dada la dominancia de dos especies y una relativa cantidad baja de especies, las condiciones se prestan a la conversión del bosque a una masa productiva en menos tiempo que otros rodales más complejos en composición florística (Bianchi et al., 1993).

## 2.5. Silvicultura

Silvicultura es la ciencia que practica el cultivo de bosques, aplicando principios de ecología forestal, de establecimiento y renovación mediante una intervención racional, para acondicionar la estructura, la composición de especies, etc. de las poblaciones forestales (Bernetti et al., 1980)

Castro (1994) dice que la silvicultura es la base en la que se apoya el plan de ordenación de un bosque sometido a manejo. La aplicación de la misma debe estar precedida por estudios ecológicos detallados y cuidadosamente planificados.

La silvicultura se divide en sistemas silviculturales que a su vez comprenden una cadena de tratamientos, cada uno según la etapa de vida del bosque (Castro, 1994). En bosques naturales los tratamientos están destinados a asegurar la existencia y desarrollo de la regeneración natural de especies valiosas y prometedoras hasta la madurez (Baur, 1964; Hutchinson, 1994).

Mediante la silvicultura se influyen fundamentalmente las siguientes variables del bosque: Composición florística, densidad arbórea, Plagas y enfermedades, duración del turno, regeneración natural y comportamiento fisiológico de los árboles (Castro, 1994).

## 2.6. Clasificación de sistemas silvícolas

Hutchinson (1994) basado en Baur (1964) agrupa los sistemas silviculturales tropicales según se orienten a establecer regeneración natural coetánea (vegetación con árboles de la misma edad) o disetánea (vegetación con árboles de diferentes edades).

### **2.6.1. Sistemas orientados a bosques coetáneos**

Los sistemas coetáneos se utilizan para bosques donde no existe un gran volumen de especies no comerciales, la regeneración natural es aceptable y los costos de manejo son bajos (Hutchinson, 1994). La aplicación de sistemas que favorecen el establecimiento de bosques coetáneos, conlleva la extracción de la mayoría de volumen aprovechable cada vez, lo que casi corresponde a un sistema monocíclico.

Los sistemas monocíclicos permiten el aprovechamiento de la totalidad de las existencias comerciales en una sola intervención y el bosque será regenerado en ciclos de duración predeterminedada. El Sistema Uniforme Malayo, el Tropical Shelterwood System y el Sistema de Dosel protector de Trinidad se clasifican como monocíclicos (Lamprecht, 1990; Finegan, 1992)

El sistema monocíclico es adecuado para aprovechar volúmenes elevados de especies heliófitas, favorecer la producción de maderas comerciales relativamente livianas y útil para manejo de bosques secundarios neotropicales más o menos coetáneos cuyas especies principales son heliófitas (Dawkins, 1961; Baur, 1964; Finegan, 1992).

### **2.6.2. Sistemas silvícolas orientados a bosques disetáneos**

Los sistemas para establecer regeneración natural disetánea o sistemas policíclicos tienen como objetivo mantener el bosque con árboles de diferentes edades a través de aprovechamientos periódicos y parciales. Estos sistemas son apropiados para favorecer árboles jóvenes e intermedios deseables, para contrarrestar la proliferación de lianas y árboles heliófitos, crear resistencia de la vegetación a huracanes y a fuertes vientos (Hutchinson, 1994). La tala se limita a una parte de los árboles comerciales, para formar un bosque entresacado compuesto por especies valiosas. Las entresacas se realizan en ciclos de corta (Lamprecht, 1990).

Dawkins (1958, 1961) asocia los sistemas policíclicos con el manejo de especies valiosas esciófitas, con estructura horizontal de "J" invertida, pero es necesaria la existencia de especies que crecen bien en el estrato medio y otros que requieren ser dominantes con copas generalmente pequeñas y/o lento crecimiento y largo período de rotación. A la vez, es preferible que los bosques estén cerca del mercado, los costos de apeo, extracción y transporte deben ser bajos, para asegurar el éxito del sistema. Como sistemas policíclicos se clasifican el Sistema Filipino e Indonés de Madereo Selectivo (Dawkins, 1958; citado por Lamprecht, 1990) y el sistema CELOS en Surinam (De Graaf, 1986).

El Sistema CELOS fue aplicado en Surinam, con el objetivo de formar rodales naturales disetáneos asegurando una reserva de árboles de buena forma para ser cosechados cada 20 años. Este sistema utiliza como tratamiento básico el refinamiento (explicación en el acápite 2.6.4.3.), justificando para el caso de Surinam la falta de mercado para muchas especies y que solo tres especies constituían el 80% de la explotación (Vincent, 1970; citado por Quevedo, 1990). El área basal original del bosque es de 31 m<sup>2</sup>/ha y 16 años después era de 18 m<sup>2</sup>/ha, como resultado del aprovechamiento y la aplicación de tres refinamientos. El primer refinamiento post-cosecha dirigido a árboles con DAP  $\geq$  30 cm reduce el área basal de 28 m<sup>2</sup> a 16 ó 12 m<sup>2</sup>/ha (De Graaf, 1986).

En bosques de PORTICO S.A. fue aplicado en forma particular el Sistema Silvicultural CELOS, en la actualidad se ésta experimentando ejecutarlo en forma mixta con liberación dirigida. El objetivo es orientar el manejo del bosque bajo el sistema silvicultural policíclico, con un ciclo de corta tentativo de 15 años (Bianchi et al., 1993; Peralta, 1994, Com. Pers.).

### **2.6.3. Tratamientos silviculturales**

Un tratamiento silvicultural es una serie de operaciones individuales para manipular la dinámica del bosque aumentando su productividad (Hutchinson, 1993, 1994), cuyos objetivos específicos son (Quirós y Finegan (1994):

- favorecer el desarrollo de árboles de futura cosecha, para lograr aumentar su crecimiento, sobrevivencia y producción de frutos y
- promover indirectamente la regeneración de especies deseables.

Algunos tratamientos y operaciones comúnmente aplicados en los bosques húmedos tropicales son: apertura del dosel (corta de lianas y aprovechamiento), mejora (eliminación de árboles no deseables del dosel superior), liberación (entresaque de individuos indeseables que compiten con árboles individuales inmaduros deseables) (Baur, 1964; Hutchinson, 1993, 1994). Baur (1964) remarca la importancia de la apertura del dosel en bosques higrofiticos cuyo manejo se basa en la regeneración natural.

#### **2.6.4. Descripción de tratamientos silviculturales comunes en bosques húmedos tropicales**

##### **2.6.4.1. Mejora**

Dawkins (1961) reporta que la aplicación de métodos de mejora tuvo inicio en el siglo pasado, principalmente en Alemania y en los trópicos, eliminando sistemáticamente individuos no comerciales. El mejoramiento es útil en el manejo de un bosque degradado para que eventualmente alcance un rendimiento sostenido, pero deben haber suficientes árboles de diferentes tamaños en el bosque y un mínimo de 100 unidades de especies comerciales (latizales) regularmente distribuidos por hectárea (Matthews, 1989; Lamprecht, 1990).

En los últimos años el mejoramiento es dirigido a favorecer la iluminación y espacio físico de especies deseables al eliminar en el dosel superior **fustes sobremaduros** defectuosos sin valor comercial. Previo a aplicar un sistema silvícola, el tratamiento de mejora es el primer paso en bosques naturales tropicales no manejados para mejorar la calidad y productividad del recurso. Se puede aplicar antes, durante o después del

aprovechamiento (Wadsworth, 1987; citado por Hutchinson, 1993; Hutchinson, 1994). Tratamientos de mejora se han hecho en el Congo, Costa de Marfil y Costa Rica, donde se practicaron cortas dirigidas a árboles indeseables y de lianas (Hutchinson, 1994).

Los costos y posibilidades de fracasar de un tratamiento de mejora son menores a comparación con un tratamiento sistemático, principalmente cuando se aplica en período post-aprovechamiento no permitiendo la ocupación del bosque por agricultores y cambio de uso de la tierra (Hutchinson, 1993, 1994).

#### 2.6.4.2. Liberación

Manta (1988) denomina ésta fase como tratamientos intermedios y Dawkins (1958) recomienda como tratamientos más importantes el refinamiento y los raleos de liberación dirigidos a árboles no deseables.

La liberación favorece árboles individuales inmaduros deseables con DAP  $\geq 10$  cm hasta el diámetro mínimo de corta. Cuando la competencia es entre varios árboles deseables, se elimina el fuste más pobre en calidad. La competencia puede ser por roce o contacto directo con el árbol seleccionado y además se cortan lianas en los fustes (Hutchinson, 1993, 1994).

Como resultado de la aplicación de liberación dirigida en bosques húmedos de Pilar de Cajón, Costa Rica, se concluye que el ciclo de corta está reduciéndose y en el futuro será mayor la existencia de árboles comerciales (Hutchinson, 1993, 1994). En bosques muy húmedos tropicales propiedad de PORTICO S.A., Costa Rica, el tratamiento de liberación dirigido provocó incrementos promedios anuales (cinco años de medición) en *Carapa guianensis* de 300% a 215% en las categorías de 10-20 cm y de 20-30 cm de DAP respectivamente. La empresa en mención, mediante liberación dirigida o selectiva, favorece árboles deseables con DAP  $\geq 20$  cm y los árboles que se anillan y envenenan tienen DAP  $\geq 10$  cm. Las especies que se desvitalizan son principalmente: *Apeiba membranaceae*,



*Luehea seemannii*, *Pterocarpus officinalis*, *Hernandia didymantha* y *Pentaclethra maculosa* (Bianchi et al., 1993; Peralta, 1995, Com. Pers.)

#### 2.6.4.3. Refinamiento

El refinamiento pretende eliminar del bosque todas las especies no deseables, aunque en el futuro el mercado podría aceptarlas. No toma en cuenta las interacciones ecológicas y dinámica general del bosque (Hutchinson, 1993). Dicho tratamiento fue desarrollado como medida temporal para maximizar la productividad de cierta vegetación irregular en América Latina y el Caribe. Sin embargo en la actualidad aún se aplica pero en forma parcial o dirigido en puntos donde existen árboles comerciales (Wadsworth, 1987).

Refinamientos parciales fueron aplicados en bosques húmedos y muy húmedos en Costa Rica, eliminándose árboles con DAP entre 10-30 cm en el primer caso (Quirós y Méndez, 1995, inédito) y  $DAP \geq 40$  cm en el segundo caso (Quirós y Finegan, 1994). En Malasia se refinaba mediante anillamiento en zonas de baja demanda de productos maderables y donde la demanda era alta se aplicaba corta de aclareo (Dawkins, 1961). En Bosques de PORTICO S.A. se refinan árboles con  $DAP \geq 40$  cm y a partir de 20 cm cuando la distancia entre árboles es menor a 10 m. Es de hacer notar que actualmente el refinamiento es combinado con tratamientos de liberación dirigido (Peralta, 1995, Com. Pers.).

#### 2.6.4.4. Eliminación de lianas

Durante el proceso de eliminación de lianas se cortan las trepadoras leñosas y de ser posible otras especies que afectan los árboles comerciales de futura cosecha (Hutchinson, 1993). Rollet (1984; citado por Lamprecht, 1990) recomienda cortar las lianas antes de la explotación, cada liana es cortada en dos puntos: directamente a nivel del suelo y lo más alto posible para evitar que las raíces post-emergentes alcancen el suelo.

En la Finca "Guido Madrigal" propiedad de PORTICO S.A., se realizó en 1994, corte de lianas pre-aprovechamiento alrededor de árboles comerciales, aplicándose la metodología citada anteriormente (Peralta, 1995, Com. Pers.).

Hutchinson (1993) clasifica las lianas como heliófitas y recomienda regular la luz que ingresa en los estratos inferiores para evitar su proliferación. En Malasia se experimentó que una apertura intensa del dosel favorece el desarrollo de lianas al inicio, pero a los seis años o más eran reemplazadas por árboles y arbustos (Dawkins, 1961).

Se tienen reportes de la aplicación integrada de los tratamientos descritos en bosques húmedos tropicales de Costa Rica (Quirós y Méndez, 1995, inédito), predominando el criterio de mejorar las condiciones de árboles deseables afectados por competencia de luz y espacio físico.

#### **2.6.5. Área basal como parámetro para definir el tratamiento silvicultural**

Dawkins (1958) indica que la regeneración natural se desarrolla adecuadamente cuando el área basal se mantiene entre 40-60% con respecto al bosque original. En términos muy generales, si se deja un área basal más o menos que dicho rango se subutiliza el área o se reduce la productividad debido a competencia. Pareciera que este criterio toma en cuenta más que todo el índice de sitio basado en área basal, y no tanto la composición florística y grado de cobertura que posee una determinada área al momento de su intervención, puesto que existen casos que se ajustan y otros que no a los rangos de área basal citados. Sánchez (1991) dice que el área basal es un reflejo del grado de ocupación del sitio alcanzado por la masa forestal y su recuperación después de una intervención.

Sánchez definió los tratamientos silviculturales para un manejo policíclico de un bosque natural remanente de la Reserva Forestal Imataca, Venezuela, tomando como variables principales el área basal y número de árboles. El estudio se realizó en un bosque con área basal original de 20 m<sup>2</sup>/ha, aprovechándose en promedio 12 árboles/ha con

diámetro mínimo de corta de 40 cm y área basal de 4,6 m<sup>2</sup>/ha; esto implica la extracción de 23% del área basal quedando un remanente de 77%. Después del tratamiento silvicultural de mejora, el porcentaje de área basal pudo haber alcanzado los límites indicados por Dawkins (1958), pero no se citan datos al respecto.

Referente al manejo de un bosque natural primario muy húmedo en Costa Rica, Quirós y Finegan (1994), reportan que del 100% de área basal original (25 m<sup>2</sup>/ha), 6,5% fue aprovechado, 4,8% dañado y 31,2% eliminado mediante tratamientos de refinamiento parcial y liberación dirigido; esto implica que quedó un 57,5% de área basal en el sitio.

Quirós y Méndez (1995, inédito) aplicaron tratamientos silviculturales en seis sitios de bosque húmedo tropical en Costa Rica, utilizando el área basal y número de árboles como variables de evaluación. En cinco sitios, las áreas basales originales oscilan entre 22-30 m<sup>2</sup>/ha, aprovechándose entre 9-27%. Entre 20-37% fue eliminada por tratamientos silviculturales, dejándose entre 53-68% como área basal remanente por hectárea. En bosques de PORTICO S.A. se extrae por aprovechamiento 9 m<sup>2</sup>/ha (28,4%) y 6 m<sup>2</sup>/ha (18,9%) por tratamientos silviculturales, quedando una remanencia de 16,7 m<sup>2</sup>/ha (52,7%) (Bianchi et al., 1993; Peralta, 1995, Com. Pers.).

## 2.7. Diseño de un sistema silvicultural

Lamprecht (1990) concluye que la mayoría de los bosques húmedos tropicales carecen parcial o totalmente de las condiciones necesarias para su integración directa en un sistema de manejo forestal sostenido en términos ecológicos y económicos. Por lo tanto, es necesario evaluar la organización de los mismos y determinar si es o no satisfactorio su utilidad, si la respuesta es satisfactoria se debe determinar la medida silvicultural para su manejo sostenido, y si es lo contrario se recurre al manejo inicial, que puede ser mediante conversión del bosque (simplificación de su organización). Por consiguiente, Dawkins (1958) también indica que es necesario conocer las condiciones originales de la masa, para introducir ya sea el sistema monocíclico o policíclico.

Hutchinson (1993, 1994) recomienda no aplicar como receta los conocimientos generados en otras localidades geográficas ya que cada comunidad vegetal tiene características particulares. Aunque sí es útil tomarlos como antecedentes y como puntos de partida que unidos a investigaciones locales sobre operaciones individuales y tratamientos silviculturales sencillos, pueden constituir en el futuro un sistema silvicultural tentativo sujeto a prueba. También indica que se debe tomar en cuenta el contexto social, mercado y comercialización, ecología de las especies y sus propiedades físico-mecánicas, fenología, organización y posibles respuestas a efectos micro-climáticos. Para muestrear la vegetación el inventario y muestreo diagnóstico son básicos.

Dawkins (1961) dice que es útil el muestreo diagnóstico para determinar el estado silvicultural de un bosque, pero a la vez debe ser complementado con muestreos dinámicos en parcelas permanentes de muestreo (PPM) que brindan información sobre dinámica y permiten descubrir en el tiempo si es o no apropiado un tratamiento silvicultural. Synnott (1979) recomienda establecer una PPM de una ha por cada 150-200 ha de bosque (0,5-0,7%). En bosque mixto anegado de Sarawak por ejemplo, se estableció una parcela por 250-400 ha (0,2-0,4%) y en la finca Guido Madrigal, propiedad de PORTICO S.A., existen cuatro PPM de una ha cada una, constituyendo el 2,3% del área boscosa (Peralta, 1995, Com. Pers.).

Con el propósito de escoger los mejores tratamientos silviculturales en bosque intervenido, Delgado (1991) aplicó diferentes tratamientos en la Reserva Forestal Imataca, Venezuela, descubriendo que el tratamiento de mejora ofrece posibilidad de éxito, ya que ecológicamente se ajusta a la organización de ese bosque.

## **2.8. Muestreos para evaluar el estado silvicultural post-aprovechamiento en bosques húmedos tropicales**

### **2.8.1. Muestreo Diagnóstico (MD)**

Hutchinson (1993) define el MD como una operación intencionada para estimar la productividad potencial de un rodal y fundamentar los tratamientos silviculturales a aplicar. El MD evalúa en cada cuadrado de 10 x 10 m la existencia o no del mejor individuo deseable sobresaliente (DS) (árbol, latizal o brinzal) y el grado de luz que recibe. Más información en Hutchinson (1993) y ver anexo 8.

Las ventajas del MD es que puede constituirse en una herramienta de investigación para obtener en forma práctica información rápida, eficiente y económica sobre el estado silvicultural del bosque, que sirve de base para implementar el manejo adecuado (Hutchinson, 1993). Por ejemplo, se concluyó que era necesario aplicar tratamientos de mejora y liberación en un bosque húmedo de Costa Rica después de que un MD reveló que el 32,4% (bosque secundario) y 36% (bosque primario intervenido) de los fustales DS eran dominados (Manta, 1988). Entre otros casos donde se ha utilizado el MD para evaluar el estado silvicultural de bosques se puede citar el bosque secundario no manejado en Pérez Zeledón, Costa Rica (Hutchinson , 1993), el bosque húmedo sub-tropical cálido intervenido de Petén, Guatemala (Stanley, 1994).

### **2.8.2. Muestreo de remanencia (MR)**

Consiste en levantar información sobre aquellos árboles con DAP mayor o igual al diámetro mínimo de corta definido y que por consideraciones técnicas, económicas, legales, silviculturales o biológicas no fueron extraídos en el aprovechamiento recién ocurrido. Los objetivos que se persiguen son: obtener información sobre la vegetación no aprovechada (área basal y número de árboles) que puede constituir parte del próximo turno y evaluar el grado de obstáculo que provoca por iluminación junto a árboles no comerciales a la

vegetación deseable. Dicho muestreo brinda información básica para tomar decisiones en relación al tratamiento de mejora (Hutchinson, 1993; Quirós y Méndez, 1995, inédito). En el anexo 8 se describen los tipos de remanentes.

### **2.8.3. Muestreo silvicultural (MS)**

El muestreo silvicultural también se denomina Media cadena. Se realiza para conocer la composición de la regeneración natural establecida, determinar la existencia del número de árboles y palmas por especie y su área basal por hectárea a partir de 10 cm de DAP (Quirós y Méndez, 1995, inédito). El MS es una herramienta importante cuando se considera el número de árboles y área basal como variables básicas para evaluar el estado silvicultural de un bosque post-aprovechamiento y prescribir su tratamiento silvicultural.

Quirós y Méndez (1995, inédito) aplicaron los tres muestreos descritos en bosques húmedos aprovechados en Costa Rica. Las unidades de muestreo de 100 m<sup>2</sup> fueron distribuidas en forma sistemática sobre transectos previamente trazados para levantamiento de inventario preliminar y censo comercial pre-cosecha. Un procedimiento similar fue utilizado por la empresa PORTICO S.A., con una intensidad de 2,3% para cada tipo de muestreo, pero la distribución de las unidades muestrales fue aleatoria (Picado e Hidalgo, 1993; Ortega, 1994, borrador).

## **2.9. Métodos de eliminación de árboles no comerciales en tratamientos silviculturales**

Las prácticas comunes se orientan a talar los árboles no deseables o matarlos por medio de anillamiento y/o envenenamiento con herbicida (Dawkins, 1961; Lamprecht, 1990; Hutchinson, 1994).

Experiencias en bosques húmedos tropicales (Malasia y Perú) indican que el anillado no es eficiente para matar árboles (Sanger, 1919, citado por Dawkins, 1961; Maruyama y Carrera, 1989). Schwyzer (1981, citado por Maruyama y Carrera, 1989) determinó que a

los 8 y 15 meses, solamente murieron 25% y 45% de los árboles y 50% de las especies anilladas. También indica que el tamaño del diámetro no tiene relación con el grado de mortalidad. Wadsworth (1995, Com. Pers.) indica que, en Puerto Rico el anillamiento por medio de motosierra ha sido eficiente, aunque los árboles tardan para morir; sin embargo, los diámetros tratados son significativamente menores a los que se encuentran en las selvas muy húmedas del trópico americano.

A través de los años, el anillado se fue combinando con la aplicación de herbicidas. Ya desde 1919, Sanger (citado por Dawkins, 1961) reporta del uso en Malasia del anillado y veneno arsenical. Lamprecht (1990) indica que el Arseniato de Sodio ( $\text{Na As O}_2$ ) y el aceite Diesel son venenos con cierta efectividad y baratos, pero el primero es altamente tóxico para humanos y animales y además demostró impotencia ante leguminosas y anonáceas inmunes y especies que chorrean látex en Africa. Esto dio lugar al uso de fitohormonas como: 2,4,5-T y 2,4-D en Uganda, que son altamente letales cuando son esparcidos como un éster en solución Diesel sobre la corteza (Dawkins, 1961).

Existen varios casos donde se han utilizado arboricidas hormonales en tratamientos silviculturales post-cosecha. Entre ellos se citan los siguientes: aplicación de 2,4-D al 5% en solución acuosa en bosques húmedos tropicales de Costa Rica (Quirós y Méndez, 1995, inédito); en bosques de Surinam se aplicó una mezcla de 2,4,5-T en Aceite Diesel al 5%, registrándose a los dos años de la aplicación una mortalidad del 85% de los árboles envenenados (Vega, 1987). Quirós y Finegan (1994) aplicaron Tordon (2,4-D) al 2,5% en solución Diesel sobre una porción anillada de los árboles en un bosque muy húmedo premontano transición a basal. Al tercer mes las especies blandas estaban a punto de morir y algunas ya muertas, las otras tenían el follaje y fuste afectados y otras moribundas. Al séptimo mes casi todas las especies estaban a punto de morir y otras muertas. Después de un año la decadencia fue total en todas las especies, excepto *Hirtella triandra* y *Pouteria campechana* que estaban con el fuste afectado y algunos a punto de morir. En las montañas Apalaches, U.S.A., se aplicaron dos tratamientos para liberar regeneración natural de árboles comerciales, eliminando todos los árboles con  $\text{DAP} \geq 2,5$  cm, reportando que la

efectividad del herbicida Tordón 101 fue alrededor del 100%, aunque la corta con motosierra favoreció más la regeneración deseable (Zaldivar y Thompson, 1978).

El Roundup (Glyfosato) que es un compuesto fosforado menos peligroso para humanos y animales que otros utilizados como venenos (Lamprecht, 1990, Monsanto, 1992), fue aplicado en un bosque tropical de Perú, en dosis de 33%, 22% y 17% en solución acuosa. En este caso se concluyó que no hubo diferencias entre las eficiencias de las tres dosis. A los 26 meses de su aplicación, 61% de las familias arbóreas tratadas se veían afectadas y un 80% de los árboles muertos (Maruyama y Carrera, 1989). Stanley (1994) aplicó Kuron (2,4-D, herbicida hormonal) en concentraciones de 5 y 10% y Roundup en concentraciones de 20 y 30%, ambos en solución acuosa para tratamiento silvicultural de un bosque húmedo tropical en Petén, Guatemala y al vez reporta que se gastaron 0,75 día/hombre y un litro de solución por ha.

Los herbicidas pueden aplicarse en incisiones bordeando el árbol en forma de V, en perforaciones o con aspersora sobre la corteza. Para especies muy resistentes, se recomienda hacer dos incisiones o afectar mayor área en la zona de aplicación (Lamprecht, 1990; Quirós y Finegan, 1994).

La tasa de mortalidad que provocan los fitohormonas está próxima al 80%, pero existen diferencias entre especies, algunas duran de unas semanas hasta 18-24 meses (Lamprecht, 1990; Peralta, 1995, Com. Pers.). En bosques de PORTICO S.A. alrededor de un año de la aplicación de 2,4-D al 2,5% en solución Diesel se observó un 90% de mortalidad de los árboles tratados; últimamente dicha empresa aplicó Garlón 4 (Herbicida hormonal triclorado) en soluciones acuosa y Diesel, las que fueron rociadas a la altura del DAP en una franja circular de 40 cm de ancho sobre la corteza; a los cuatro meses, el efecto del producto en agua no era significativa, pero la solución en Diesel había matado casi todos los árboles tratados y se observó que la vegetación joven alrededor de los árboles tratados moría, debido a la dispersión del producto. No se tienen datos sobre dosis aplicados (Bianchi et al., 1993, Peralta, 1995, Com. Pers.).



A pesar de la alta toxicidad de los fitohormonas, se ha observado que existen dificultades de penetración en cortezas muy gruesas y siempre existen especies fisiológicamente resistentes, por lo que podrían descubrirse fitotoxinas de mayor poder de penetración y de menor costo (Dawkins, 1957).

## 2.10. Generalidades sobre herbicidas

Un herbicida es un compuesto químico creado en los últimos años como alternativa entre varios métodos de control para malezas (Shenk, Riveros y Romero, sf). Un herbicida es **formulado** de tal forma que el ingrediente activo es combinado en concentración adecuada con el agregado de sustancias auxiliares (agentes tensoactivos, humectantes, etc.), para ser puesto a disposición comercial ya sea en forma líquida, sólida o gaseosa (Soto y Valverde, 1991).

Un herbicida es **selectivo** cuando con cierta dosis y forma de aplicación, elimina o inhibe el crecimiento de algunas especies y no daña a otras, Y **no es selectivo** cuando bajo condiciones de aplicación comunes, todas las especies que son expuestas presentan daño (Soto y Valverde, 1991). Desde que un herbicida entra en contacto con la superficie de la planta hasta que actúa se denomina **modo de acción** (transporte del herbicida). El transporte puede ser dentro de las partes vivas de la planta (**simplasto**) o bien a través de tejidos muertos y por medio del agua alrededor de los tejidos vivientes (**apoplasto**) (Doll y Shenk, sf). Se denomina **mecanismo de acción** la interferencia bioquímica o biofísica de un herbicida que conduce a un efecto letal (Moreland, 1980; citado por Valverde, sf). Este se inicia con el mecanismo primario que afecta moléculas o estructuras celulares dando como consecuencia una acción secundaria que comprende alteraciones fisiológicas y/o morfológicas que conducen la planta a la muerte (Pfister y Arntzen, 1983; citados por Valverde, sf). Un herbicida es **sistémico** cuando se mueve dentro de la planta y es de **contacto** cuando actúa sobre la zona tratada (Soto y Valverde, 1991).

En actividades silviculturales se han utilizado los herbicidas, aplicándose como veneno en tiempos muy remotos el arseniato de sodio (Sanger, 1919; citado por Dawkins, 1961). Con el tiempo se han introducido las fitohormonas sintéticas (2,4-D, Garlón 4, etc) que se consideran más efectivos y de baja toxicidad para los seres vivos (Lamprecht, 1990; Cárdenas y Doll, sf). Los herbicidas hormonales afectan los procesos fisiológicos de las plantas, al igual que las hormonas naturales, pero en sentido contrario (alteración). Para que actúen deben aplicarse dosis específicas (Cárdenas y Doll, sf). Los herbicidas hormonales interfieren con la síntesis de ácidos nucleicos, entre ellos se mencionan el triclopyr (Soto y Valverde, 1991).

### 2.10.1. Descripción del herbicida Garlón 4 (Triclopyr)

El triclopyr es un herbicida hormonal triclorado, post-emergente, sistémico (absorbido por hojas y raíces) y selectivo, de nombre comercial Garlón 4 y químicamente se conoce como Ácido 3,5,6-tricloro-2-piridinil-oxiacético (Thomson, 1993). Se formula en concentrado emulsionable (CE), con 480 g/l de ingrediente activo (Triclopyr) (Soto y Valverde, 1991).

El triclopyr podría actuar controlando la síntesis proteica en diferentes etapas, tiene mayor fitotoxicidad hacia dicotiledóneas y ciperáceas que hacia gramíneas, también es usado para control de plantas leñosas actuando como regulador del crecimiento. El transporte ocurre vía simplasto, con los asimilados, exhibiendo en general un corto efecto residual (Soto y Valverde, 1991, Thomson, 1993). Se recomienda aplicar dosis de 0.5-1 % volumen a volumen para áreas industriales y forestales disuelto en agua o Diesel (Dow/Elanco, 1993).

En el suelo presenta una vida media de 46 días. Su toxicidad oral aguda ( $LD_{50}$ ) es de 713 mg/kg, irrita los ojos y la piel. Se debe evitar su dispersión en el viento y no aplicarlo en lugares donde hay canales de riego. Es de toxicidad baja para la vida silvestre y peces (Colby, 1989; Soto y Valverde, 1991; Thomson, 1993).

### 2.10.2. Descripción del herbicida Roundup (Glyfosato)

El Roundup es un herbicida derivado de la glicina, sistémico, no selectivo, post-emergente de amplio espectro, de nombre comercial Roundup y nombre químico Sal Isopropilamina de N-(fosfometil) glicina (Colby, 1989; Thomson, 1993).

El Roundup interfiere con la síntesis de aminoácidos, al bloquear la acción de una enzima durante su biosíntesis, es absorbido a través del follaje y translocado por todas partes de la planta. Se transloca en los propágulos subterráneos de especies perennes, previniendo rebrotes en estos sitios. En especies leñosas el efecto visible puede requerir de una a dos semanas (Colby, 1989; Soto y Valverde, 1991). Se formula en solución acuosa concentrada con 480 g/l de ingrediente activo (Glyfosato) (Soto y Valverde, 1991).

Por medio de Roundup se puede controlar la mayoría de malezas perennes y anuales en la agricultura y puede ser inyectado alrededor de la base fustal de plantas leñosas en actividades silviculturales. Puede ser usado alrededor de proyectos de agua potable y como herbicida acuático controla malezas en la superficie del agua (Thomson, 1993; Forestry Suppliers, Inc., 1994). Se recomienda aplicar un litro de producto comercial por hectárea en solución acuosa para control de malezas anuales en cultivos perennes (Thomson, 1993).

El herbicida tiene una vida promedio en el suelo de 60 días y no es persistente (Colby, 1989; Thomson, 1993). Presenta una toxicidad oral aguda ( $LD_{50}$ ) de 4.900-5.600 mg/kg y su toxicidad a la vida silvestre es considerada baja. Su contacto con los ojos y piel puede causar irritación (Soto y Valverde, 1991; Thomson, 1993). De acuerdo al grado de toxicidad del Roundup, la Agencia Norteamericana para la Protección del Medio Ambiente (EPA) la clasifica en la categoría IV (grupo de herbicidas con la menor toxicidad). Dado que no provoca carcinogénesis humana se clasifica en la categoría E (lo más favorable) y su efecto ambiental es favorable (Monsanto, 1992). Estas características son muy importantes ya que reducen el impacto al medio ambiente y al ser humano (principalmente a los trabajadores).

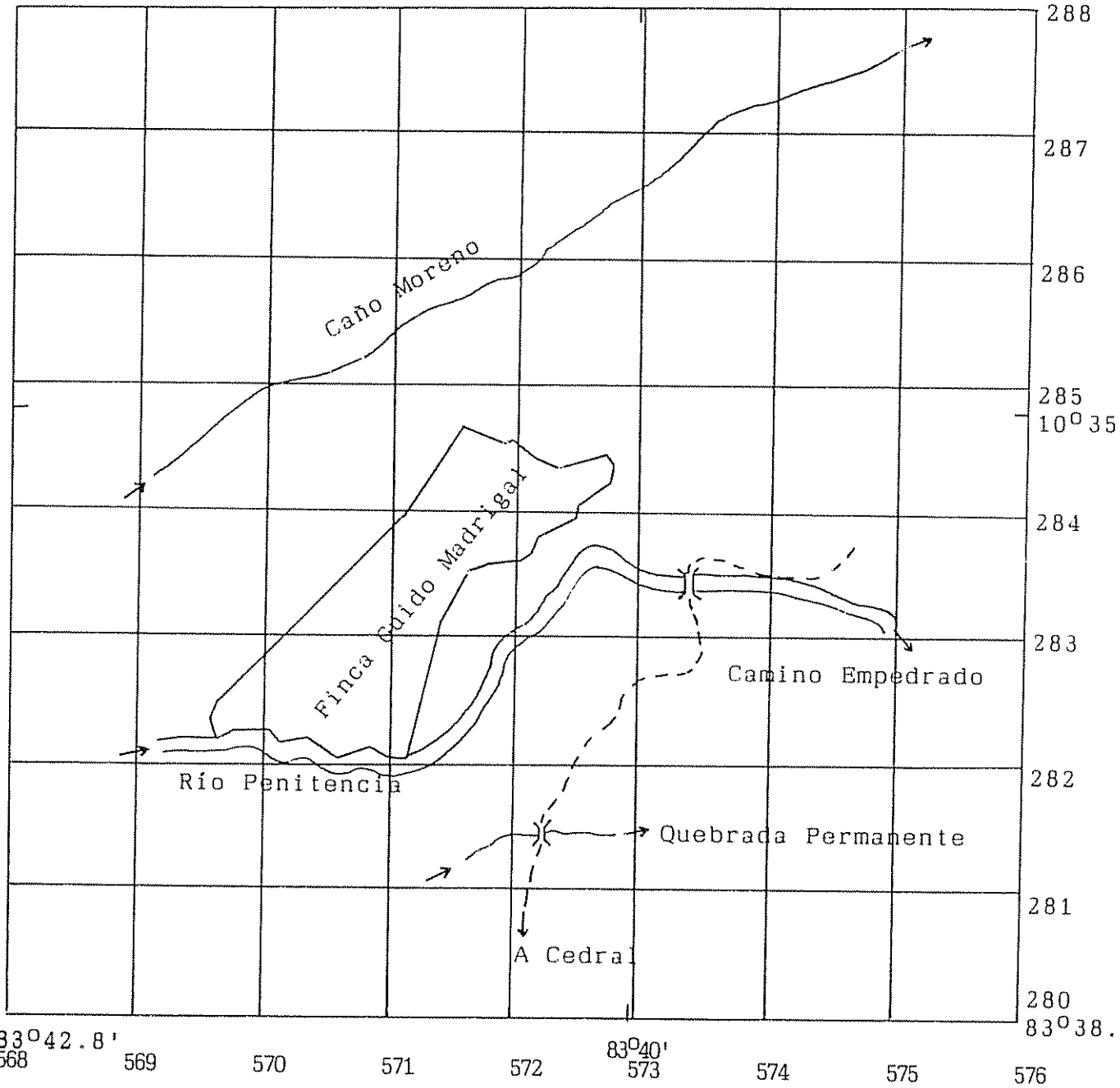
### III. METODOLOGIA

#### 3.1. Descripción del área

##### 3.1.1. Régimen de propiedad y localización

La Finca "Guido Madrigal" es propiedad privada de la empresa forestal PORTICO S.A. Se encuentra inscrita en el registro público bajo folio real N° 7023219-000 y N° 7023217-000. Se localiza en la vertiente Atlántica, aledaña al Parque Nacional Tortuguero, en el Caserío Penitencia, Distrito 06 Colorado, Cantón 02 Pococí, Provincia 07 Limón (Fig. 2). Aparece en la hoja cartográfica Tortuguero N° 3447 I, entre las coordenadas: 10° 33' 30"-10° 35' 08" latitud Norte y 83° 40' 00"-83° 42' 12" longitud Oeste (Fig. 1); a 18 km de la cabecera distrital ciudad Cariari (Picado e Hidalgo, 1993) (Fig. 1).

La Finca es accesible a través de la carretera asfaltada que conduce desde la ciudad de Guápiles hacia Cariari (21 km), de Cariari en dirección Norte se recorren cinco km asfaltados hasta El Semillero y luego se continúa por carretera de terracería balastrada a lo largo de 13 km, pasando por las comunidades de Carolina, Palmitas y Cedral (Fig. 2).

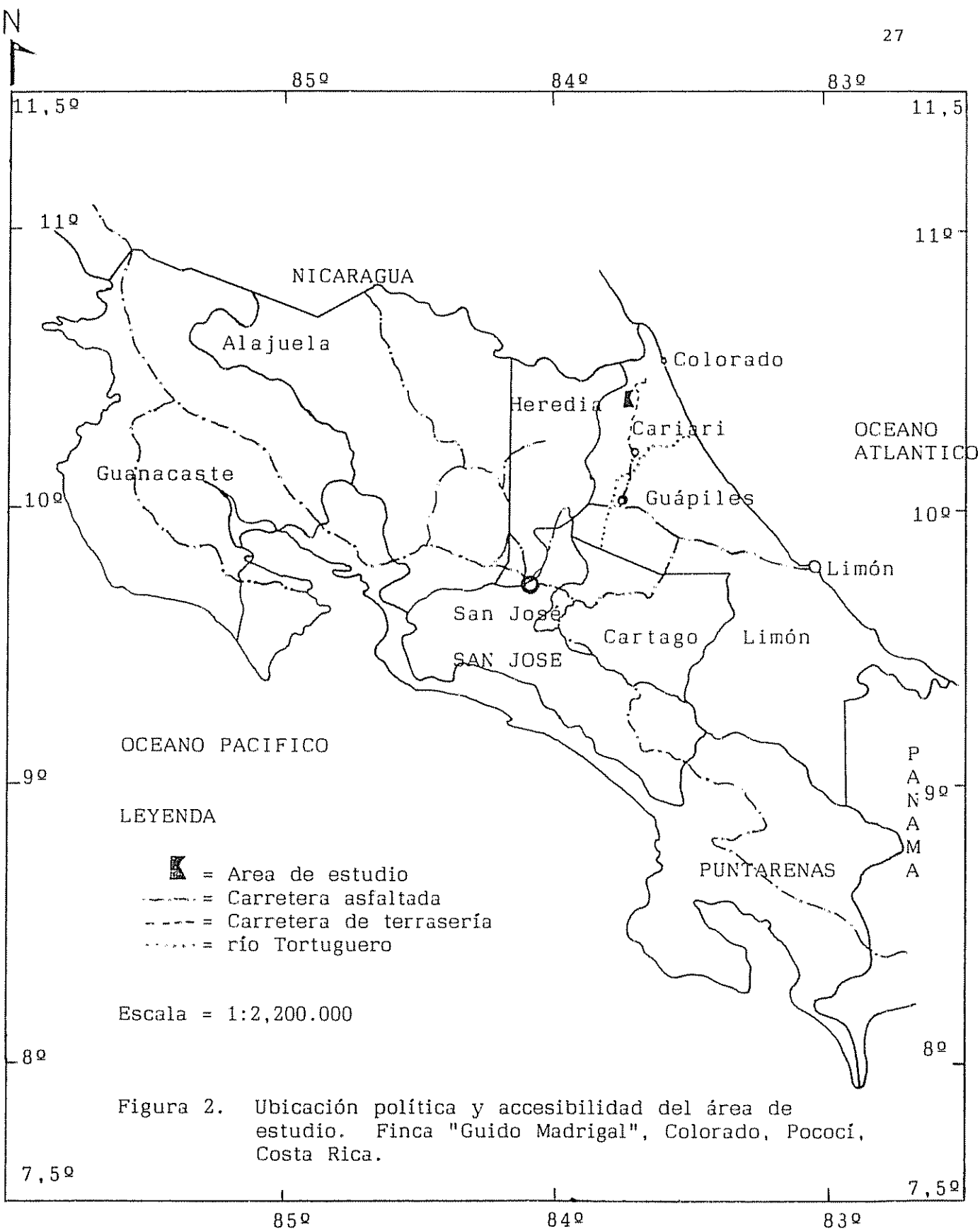


Hoja Cartográfica Tortuguero Nº 3447 I.

Escala = 1:50.000

Fuente = Arrieta (1985)

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio, finca Guido Madrigal, Colorado, Pococí, Costa Rica



### 3.1.2. Uso actual de los suelos

El uso actual de la finca se resume de la siguiente forma

(Fig. 3):

Cobertura	Area (ha)	Porcentaje
Bosque intervenido.....	172,0.....	55,5
Bosque protector.....	3,0.....	1,0
Bosque ralo.....	95,0.....	30,7
Tacotal.....	39,8.....	12,8
Total.....	309,8.....	100,0

Fuente: Picado e Hidalgo (1993).

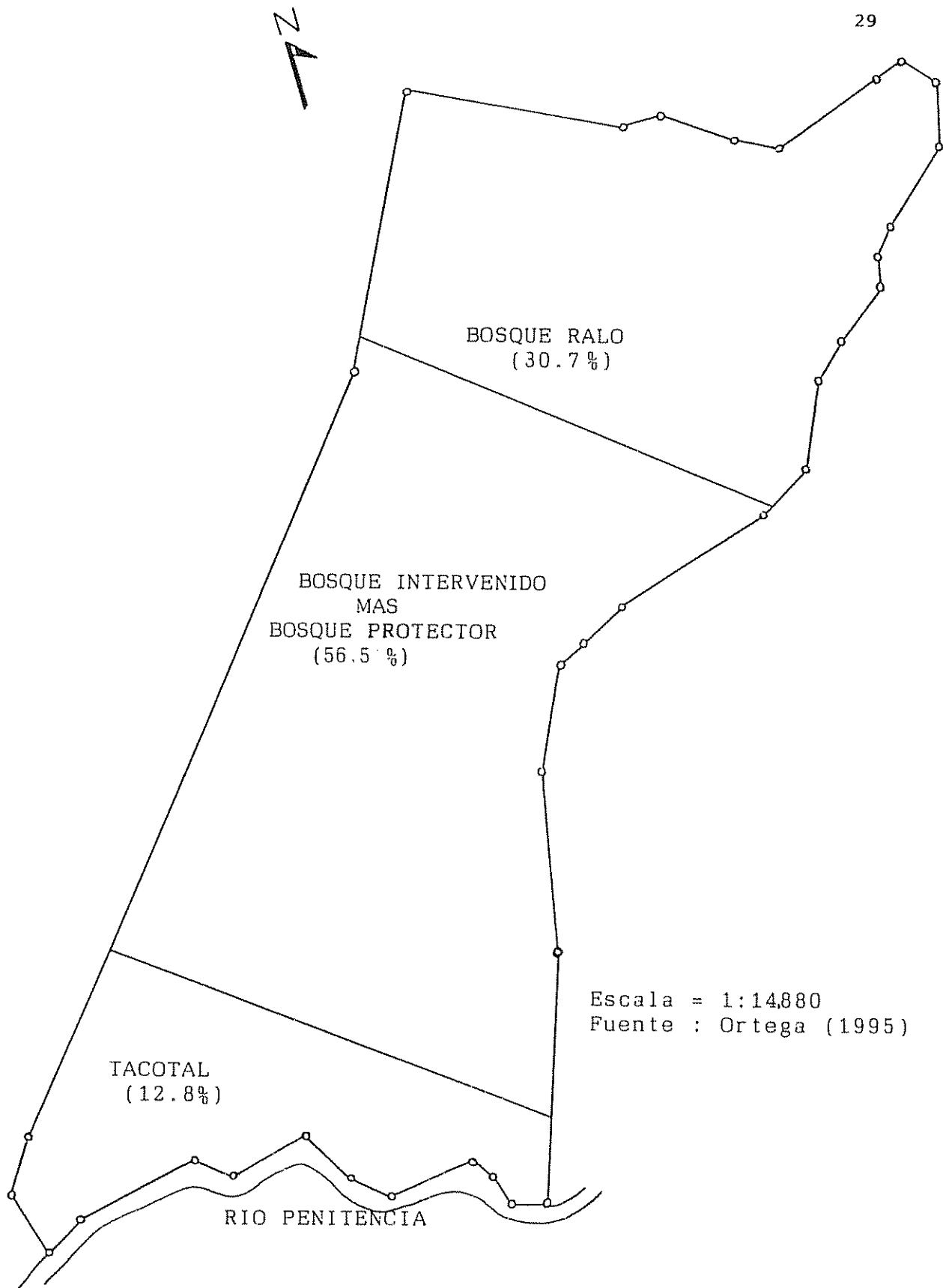


Figura 3. Uso actual de la Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.



### 3.1.3. Suelos

Dentro de la taxonomía los suelos se clasifican como Hemic tropofibríst (Orden Histosoles), caracterizados por un drenaje imperfecto. Se encuentran asociados con suelos Hemic troposapríst y Fluvaquentic troposapríst. Tienen un alto contenido orgánico, parcialmente descompuesto (fibra), son profundos, inundables la mayor parte del año. Generalmente la acidez del suelo es media (pH 5,5). El color del suelo es negruzco. La textura varía de franco arenoso a franco arcilloso-arenosos (Barrientos et al., 1986).

### 3.1.4. Topografía

En general la finca presenta un relieve plano, a excepción de algunos sitios con pendientes no mayores a 5% y un rango de altitud no mayor a los 10 msnm (Picado e Hidalgo, 1993).

### 3.1.5. Hidrología y caminos internos

El patrón de drenaje es meandrítico, recorriendo en el extremo Sur y Sur-Este de la finca el Río Penitencia, el cual recibe como afluente una quebrada permanente que recorre por el bosque intervenido. Existen algunas quebradas intermitentes que desembocan en los caños principales. Para la extracción de madera se construyó una mínima cantidad de caminos principales y secundarios, los que pueden observarse en la Fig. 4.

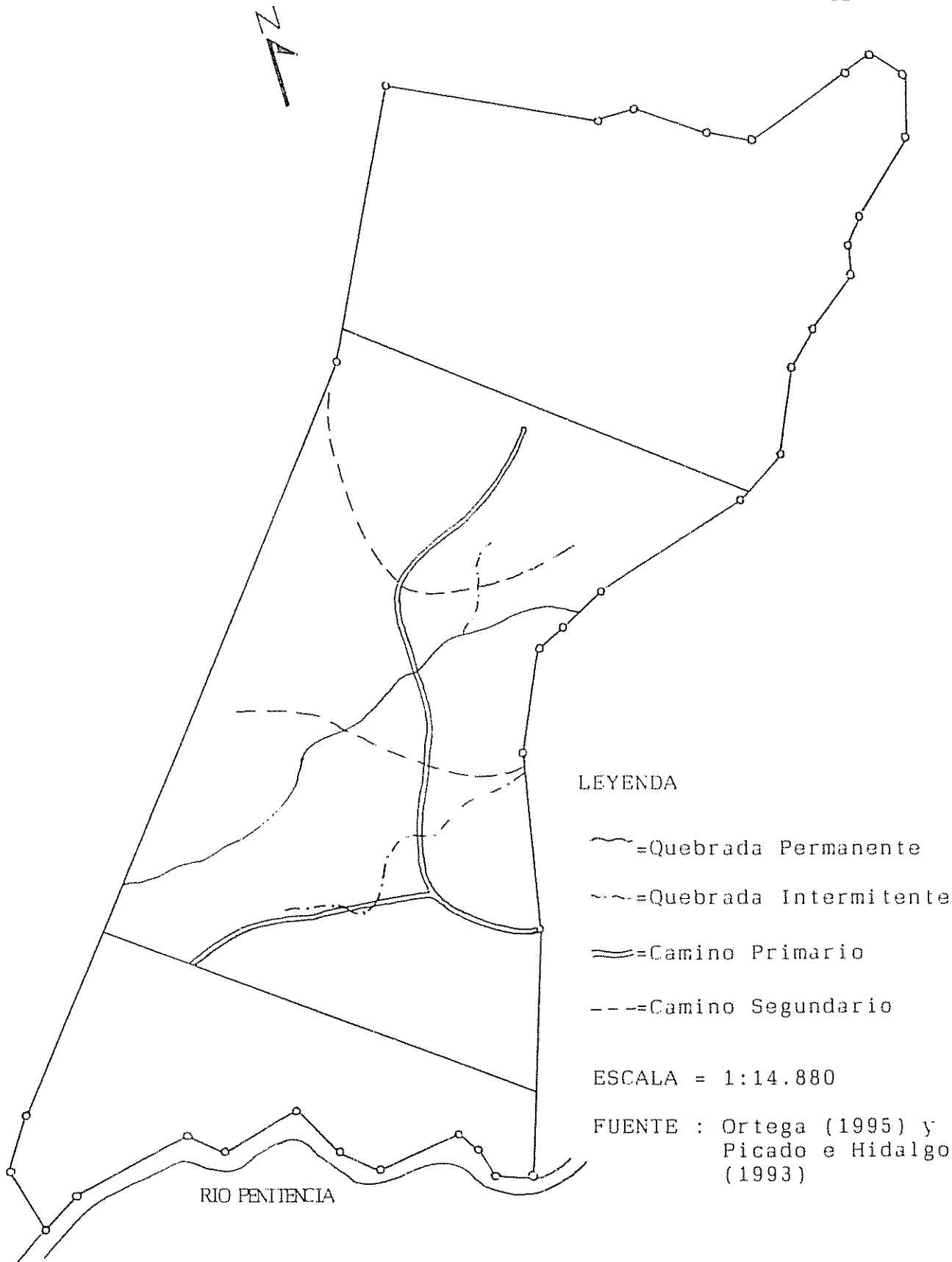


Figura 4. Hidrología y Caminos internos de la Finca "Guido Ndirigal", Colorado, Pococí, Costa Rica

### 3.1.6. Clima

La finca se localiza dentro del régimen climático de la zona tropical lluviosa (Afw") que es típico de la región Atlántica Norte, el verano no es bien definido y los suelos principales de la zona son mal drenados (Koeppen, 1948).

El clima es cálido y húmedo con temperatura media de 24,9 °C (Barrientos et al., 1986), cuyos rangos son 24-26 °C (Bianchi et al., 1993) y precipitación media anual de 4.650 mm (Barrientos et al., 1986) con rangos entre 4.000-5.300 mm, sin período seco efectivo (Bianchi et al., 1993).

La Figura 5 presenta la distribución mensual de precipitación y temperatura. Los datos utilizados provienen de la Estación Meteorológica "Los Diamantes", localizada en la periferia de la Ciudad de Guápiles sobre las coordenadas 10° 13' latitud Norte y 83° 46' longitud Oeste (Instituto Meteorológico Nacional, 1991-1994).

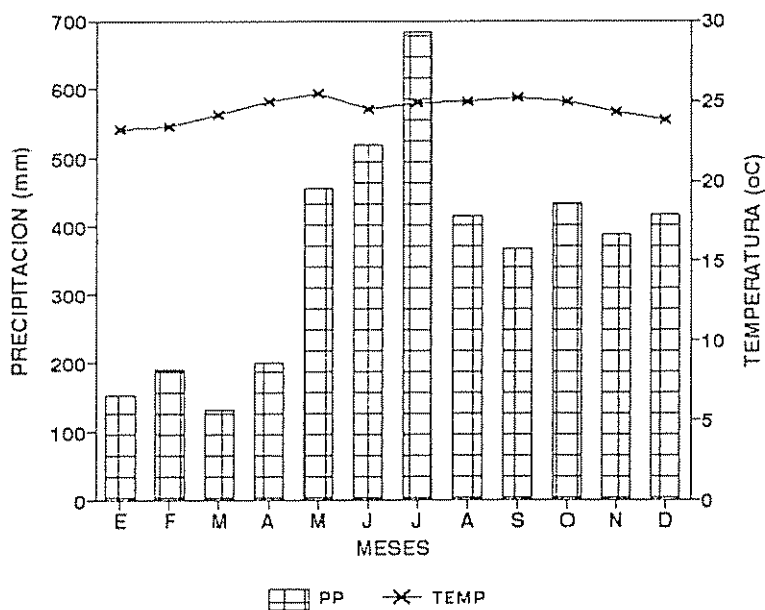


Fig 5. Distribución mensual de la precipitación y temperatura en la estación meteorológica 'Los Diamantes', Guápiles, Limón, Costa Rica Años: 1991 - 1994

### **3.1.7. Zona de vida**

De acuerdo al mapa de zonas de vida elaborado por el Centro Científico Tropical (1969) basado en el sistema de clasificación de zonas de vida propuesto por Holdridge, la zona de vida es Bosque muy Húmedo Tropical Cálido (bmh-T) (c).

### **3.2. Control de la estructura de la masa boscosa basado en mediciones realizados por personal de PORTICO S.A.**

Para realizar comparaciones de estructura y estado silvicultural del bosque primario no intervenido con el intervenido se utilizaron datos provenientes de cuatro PPM de una ha cada una, establecidas en 1992 en la Finca "Guido Madrigal", también los datos sirvieron para prescribir el tratamiento silvicultural aplicado (PORTICO S.A., 1992).

### **3.3. Muestreos post-aprovechamiento realizados por personal de PORTICO S.A.**

Los muestreos: diagnóstico (MD), de remanencia (MR) y silvicultural (MS), ejecutados por personal de PORTICO S.A. en 1994, en gran medida fueron básicos para prescribir el tratamiento silvicultural. Los mismos fueron levantados sobre transectos distribuidos al azar utilizados para inventario preliminar y comercial pre-aprovechamiento ejecutados en 1993 (Picado e Hidalgo, 1993) (Fig. 6). El MS se realizó en subparcelas (unidades de registro) de 20 x 50 m (0,1 ha), el MR estuvo implícito en el MS, separando en gabinete los árboles con  $DAP \geq 70$  cm, y el MD se ejecutó dividiendo las parcelas de 0,1 ha en unidades de 10 x 10 m (0,01 ha). La intensidad de muestreo fue de 2,3% para cada tipo de muestra, tomándose en cuenta árboles con  $DAP \geq 10$  cm y excluyendo palmas (Ortega, 1995, borrador). El autor de la tesis complementó el MD en 1995, registrando condiciones de iluminación en unidades sin DS, y debido a lo mínimo de la información complementaria se utilizó el formulario N° 1 (Anexo 1).

La toma de datos, las variables medidas y observaciones realizadas en campo y el procesamiento de los mismos, fueron basados en la metodología de la Dirección General Forestal (DGF) de Costa Rica (Ortega, 1994, borrador). Los datos utilizados para prescribir el tratamiento silvicultural fueron: Especie, frecuencia, diámetro, grado de iluminación, presencia de lianas y forma del fuste. Mayor información sobre las últimas tres variables aparece en el Anexo 8.

El procesamiento de datos se orientó a la obtención de resultados por cada variable y por especie distribuidos en clases diamétricas por hectárea (Ortega, 1994, borrador).

### **3.4. Tratamiento silvicultural prescrito**

Inicialmente se prescribió un tratamiento silvicultural basado en resultados de los muestreos diagnóstico, de remanencia y silvicultural (Ortega, 1994, borrador), el que fue aplicado parcialmente en el campo debido a otros factores que se describen en el acápite 3.4.4.

#### **3.4.1. Corta de mejora dirigida**

Este tratamiento se orientó a la consecución de dos objetivos: 1) liberar árboles comerciales afectados por competencia de luz causada por árboles remanentes y 2) mejorar la calidad del bosque, eliminando árboles remanentes no comerciales con  $DAP \geq 70$  cm.

#### **3.4.2. Corta de liberación dirigida por competencia de luz**

Se determinó la necesidad de liberar fustales y árboles jóvenes con diámetros entre 10-70 cm que reciben iluminación deficiente debido a la dominancia o traslape de copas de árboles no deseables.

Cuadro 1. Número de árboles y área basal que se afectaría por clase diamétrica, de acuerdo al tratamiento silvicultural prescrito inicialmente.

DAP (cm)	N/ha	%	AB (m <sup>2</sup> /ha)	%
≥70	2	0,4	1,02	3,2
10-20	15	3,3	0,27	0,8
20-30	10	2,2	0,48	1,5
30-40	5	1,2	0,48	1,5
<b>Totales</b>	<b>32</b>	<b>7,1</b>	<b>2,25</b>	<b>7,0</b>

### 3.4.3. Corta de lianas y palmas

Dado que un 95% de los DS por ha no tenían problemas con lianas (Ortega, 1994, borrador), se planificó no realizar corta de lianas en los árboles comerciales a ser liberados. Debido a la poca cantidad de palmas existentes por hectárea (37/ha) en el bosque intervenido y a consideraciones ambientales, no se justificó el envenenamiento de las mismas, además la mayoría (66%) se localiza en el dosel inferior con altura promedio de 2,5 m y un 34% con alturas de hasta 25 m, pero con poco follaje. Tampoco se trataron árboles protegidos como: *Dipteryx panamensis*, *Sacoglottis trichogyne*, etc.

### 3.4.4. Tratamiento aplicado

El tratamiento aplicado se basó en gran medida sobre la prescripción realizada en el acápite 4.3., aunque la eliminación sistemática de 30 árboles por ha con DAP entre 10-40 cm no se llevó a cabo debido a factores de tiempo y costos. En cambio se tomaron en cuenta los comentarios realizados por Peralta (1995, Com. Pers.), indicando que un tratamiento en éste tipo de bosque, se dirige prioritariamente a la eliminación de árboles dominantes y codominantes. En el campo se marcaron árboles no deseables con copas que eran dominantes y/o se entrelazaban con las de árboles comerciales y como consecuencia éstos

últimos recibían iluminación vertical parcial (grado 3), iluminación oblicua solamente (grado 4) o no eran iluminados (grado 5). Se tomaron en cuenta los individuos bajo grado de luz 3, pues se considera que su liberación silvicultural ayuda a mejorar su incremento, que actualmente puede ser aceptable (Hutchinson, 1993). Se envenenaron algunos árboles comerciales, principalmente *Pentaclethra macroleoba*, escogiéndose entre dos comerciales el de condiciones menos favorables.

#### **3.4.5. Prueba de la aplicabilidad del tratamiento elegido**

Previo a la aplicación del tratamiento en todas las parcelas se realizó un ensayo en la parcela cuatro para determinar si es o no apropiado, los resultados fueron satisfactorios en relación a las condiciones silviculturales de los sitios elegidos para el tratamiento experimental.

### **3.5. Metodología de establecimiento de PPM y de operaciones que forman parte del tratamiento silvicultural aplicado**

#### **3.5.1. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño jerárquico o anidado en dos etapas con dos factores. Factor Herbicida con dos niveles: Garlón 4 y Roundup, factor Dosis con tres niveles por cada nivel del factor Herbicida y con tres réplicas para cada dosis.

Las dosis son las siguientes:

Nivel uno: Garlón 4 al 0,5% en solución diesel

Nivel dos: Garlón 4 al 1,5% en solución diesel

Nivel tres: Garlón 4 al 2,5% en solución diesel

Nivel cuatro: Roundup al 15% en solución acuosa

Nivel cinco: Roundup al 20% en solución acuosa

Nivel seis: Roundup al 25% en solución acuosa

La disolución de Garlón 4 en Diesel es aceptable a comparación con Roundup, razón por la cual es que se escogieron los solventes citados, además la literatura recomienda diluir el Garlón 4 en Diesel cuando se utiliza para envenenar árboles (Colby, 1989; Thomson, 1993).

El modelo estadístico lineal para el diseño jerárquico balanceado con dos etapas es:

$$Y_{ijk} = U + T_i + B_{j(i)} + E_{(ij)k}$$

$$i = 1, \dots, a$$

$$j = 1, \dots, b$$

$$k = 1, \dots, n$$

donde:

$Y_{ijk}$  = variable aleatoria observable;

$U$  = media general;

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo herbicida;

$B_{j(i)}$  = efecto de la  $j$ -ésima dosis dentro del  $i$ -ésimo herbicida;

$E_{(ij)k}$  = término del error usual distribuidos normalmente, con promedio cero, varianza  $V^2$  y no correlacionados.

$i$  = número de niveles del herbicida;

$j$  = número de niveles de la dosis;

$k$  = número de réplicas.

### 3.5.2. Ubicación de parcelas permanentes de muestreo (PPM)

Con el propósito de aplicar en gran medida el tratamiento silvicultural prescrito, se trató de no abarcar claros dentro de las parcelas, por lo que las mismas se establecieron en sitios con vegetación arbórea densa y quedando dispersas en la parte Sur-Este del bosque intervenido de la finca "Guido Madrigal" (Fig. 6). La forma de las parcelas dos y cinco no es cuadrada debido a que hubo necesidad de reubicarlas para evitar claros grandes (Fig. 6).



Cada parcela fue señalada en campo con su respectivo número mediante una placa de aluminio prendida en el tubo PVC que se encuentra en la esquina Sur-Oeste. El número de la parcela dos quedó prendido en el cuadrante cuatro, por ser éste el que se ubicó en el extremo Sur-Oeste.

### 3.5.3. Diseño de PPM

Se establecieron un total de 18 parcelas de una hectárea cada una de forma cuadrada (100 x 100 m). Utilizando Brújula Suunto y para mayor facilidad, se trazaron los lados de cada parcela siguiendo los puntos cardinales. Se colocó un tubo PVC en cada esquina cuadrangular, uno a la mitad de cada lado y una última al centro de la parcela. Además, sobre cada lado de una parcela se colocaron a cada 20 m estacas de madera pintadas de rojo en el extremo superior, los tubos de PVC son de 0,5" x 1,5 m y pintados de rojo en el extremo superior a lo largo de unos 15 cm (Fig. 7). Para un mejor control de los individuos a ser medidos, el diseño fue de tal forma que cada parcela quedó subdividida en cuatro cuadrantes de 50 x 50 m. (Fig. 7).



Figura 6. Ubicación de parcelas permanentes de muestreo (PPM) Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.

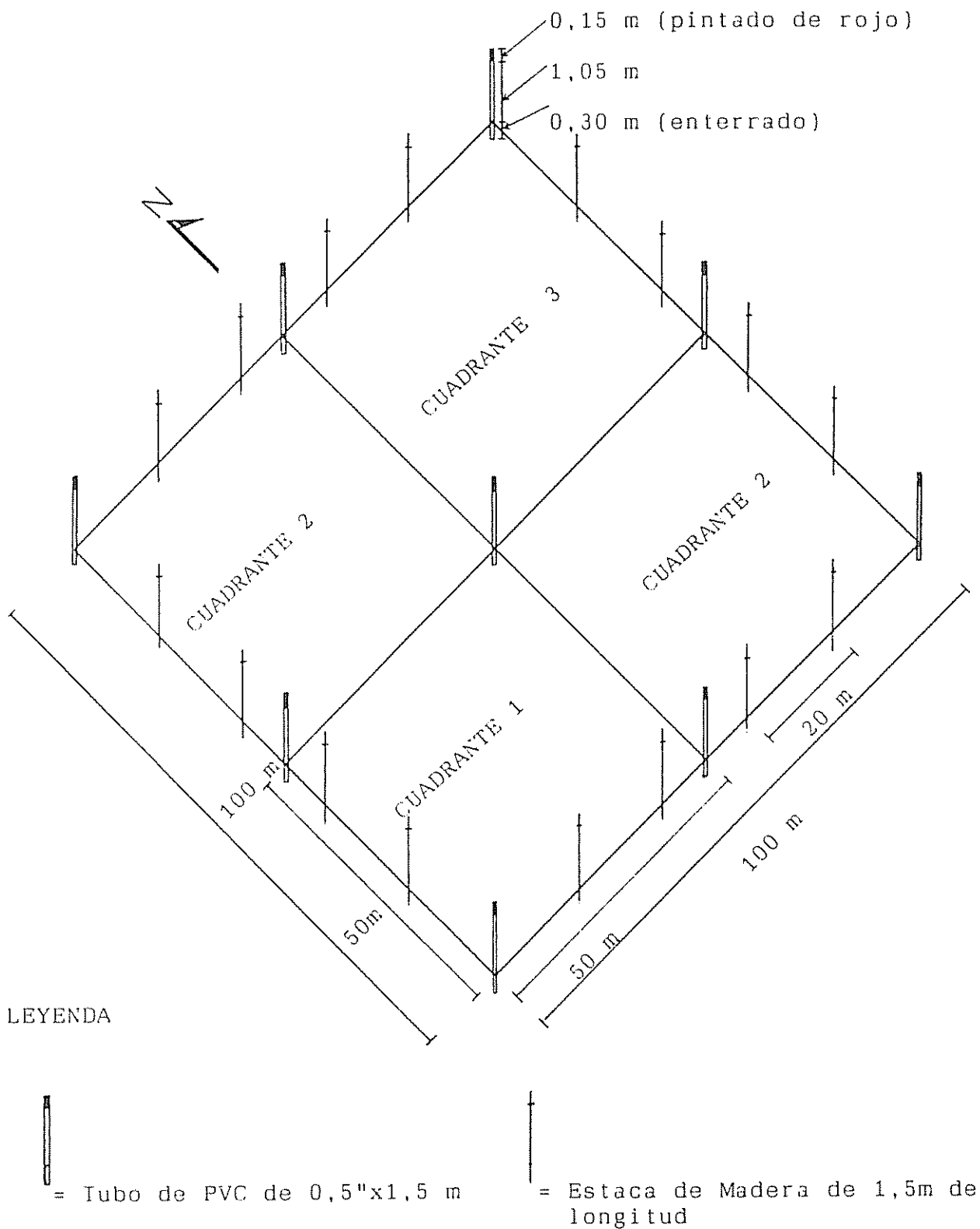


Figura 7. Diseño de una parcela permanente de muestreo, Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.

#### 3.5.4. Marqueo de árboles

Se hizo un segundo recorrido en todas las PPM para señalar los árboles (sin tomar en cuenta palmas) a ser envenenados como parte del tratamiento prescrito. Cada árbol escogido se marcó con una equis de pintura spray color rojo a la altura del DAP en la cara con dirección Sur.

#### 3.5.5. Envenenamiento de árboles

Durante un tercer recorrido (del 28/05/95-10/06/95) se procedió a envenenar los árboles marcados a través de inyector tipo "Gim Jem" (con capacidad de dos litros de solución), las soluciones se prepararon utilizando una probeta de vidrio de 1.000 cc y una jeringa de 5 cc. Cada árbol fue inyectado rodeando el perímetro basal próximo al suelo (se rodearon todas las gambas); en promedio, la cuchilla del inyector se insertó a intervalos de 1,5 pulgadas, realizando un solo bombeo por cada puntada y en cada bombeo se inyectó aproximadamente 0,5 cc de solución (prueba realizada en campo).

#### 3.5.6. Monitoreo de árboles envenenados

Para controlar la respuesta de los árboles a las diferentes dosis de los herbicidas inyectados, se propuso realizar observaciones mensuales en el primer año y trimestralmente durante el segundo año. Sin embargo, para fines de éste estudio se evaluaron resultados de los primeros cinco meses. La información recolectada se basa en índices descritos en el acápite 3.6.4.

### 3.6. Variables medidas

En todas las parcelas se midieron árboles y palmas con DAP  $\geq$  10 cm, se midió iniciando en el cuadrante uno y finalizando en el cuadrante cuatro, recorriendo una faja de 25 m x 50 m en forma de "zig zag" por cada cuadrante. En cada árbol se clavó una placa

de aluminio en la cara con dirección Sur a una altura de 30 cm sobre el suelo y cada placa lleva la siguiente información: número de parcela, número de cuadrante y número de árbol (ejemplo: P1-C1-1). El árbol número uno se localizó en el extremo Sur-Oeste del cuadrante uno y el último en el cuadrante cuatro en todas las parcelas.

### **3.6.1. Variables medidas en PPM**

- a. Diámetro;
- b. clase de identidad de fuste;
- c. nombre común o científico de cada árbol;
- d. iluminación de la copa;
- e. forma de la copa y
- f. presencia de lianas.

Para la medición de diámetros se utilizó la metodología de Synnott (1979), realizando mediciones a diferentes alturas en los fustes, desde 1,3 m hasta 4 m de altura debido a irregularidades en las partes bajas, los datos tomados a alturas superiores se realizó estimando el diámetro mediante proyección visual.

Para registro de la clase de identidad de fuste y forma de copa se utilizó la metodología de Hutchinson (1994), mientras que la iluminación de copas y presencia de lianas en árboles comerciales fueron evaluadas según la metodología de la DGF (1994) (Anexo 8). El registro de datos se realizó en el formulario N° 3 (Anexo 3).

### **3.6.2. Marqueo de árboles**

Los datos dasométricos, cantidad de insumo utilizado (pintura spray) y tiempo gastado en campo fueron registrados en el formulario N° 4 (Anexo 4), mientras que los costos diarios por mano de obra para operaciones de campo se apuntaron en el formulario N° 5 (Anexo 5).

### 3.6.3. Envenenamiento de árboles

El control de árboles envenenados y tiempo utilizado se realizó en el formulario N° 4 (Anexo 4), el registro de insumos gastados (l de solución) y los costos de mano de obra se realizó en el formulario N° 5 (Anexo 5).

### 3.6.4. Monitoreo de árboles envenenados

A intervalos mensuales se realizaron cinco observaciones sobre las condiciones de mortalidad de los árboles envenenados. Las condiciones observadas se registraron mediante índices en el formulario N° 6 (Anexo 6), conteniendo cada índice la siguiente información:

1. Arbol normal (no decaimiento): árbol sin daños por envenenamiento.
2. Arbol con daño mínimo: follaje amarillento y/o defoliándose. Daño basal más allá de la cortada provocada por la cuchilla del inyector aunque el follaje esté en buenas condiciones.
3. Arbol con daño mediano (follaje deteriorado): presencia de menos del 50% del follaje; sin daño en el fuste basal o con daño hasta la altura del DAP.
4. Arbol con daño grave (follaje y fuste deteriorado): sin hojas o pocas hojas y daño avanzado en el fuste abarcando más allá del DAP hasta una tercera parte.
5. Arbol con daño muy grave (árbol moribundo): sin hojas y más de una tercera parte del fuste leñoso deteriorado pero en parte aún vivo.
6. Arbol muerto: ausencia total de partes vivas y desintegración gradual del árbol en general (descortezamiento, desrame, despunte, etc.).

### 3.7. Procesamiento y análisis de la información

Con auxilio de computadora electrónica se analizaron datos promedios por hectárea y se elaboraron cuadros de resumen y gráficos para facilitar la comprensión y discusión de resultados.

#### 3.7.1. Análisis general de la vegetación

- a. Número y área basal de árboles totales más palmas;
- b. número y área basal de árboles envenenados;
- c. número y área basal de árboles post-tratamiento silvicultural;
- d. número y área basal de árboles comerciales y no comerciales;
- e. condiciones de iluminación de árboles comerciales;
- f. grado de presencia de lianas en árboles comerciales;
- g. clase de identidad de fuste;
- h. forma de copa de los árboles comerciales y
- i. análisis florístico (I.V.I.).

Los árboles medidos en las PPM post-aprovechamiento se clasificaron de acuerdo a su potencial comercial actual de la siguiente forma (PORTICO S.A., 1992):

Código	Especie
1.	Comercial ( <i>Carapa guianensis</i> )
2.	Comercial ( <i>Pentaclethra macroloba</i> )
3.	Varias especies comerciales
4.	Potencial comercial
5.	No comercial
6.	Palma (no comercial)

Para fines de resumen se tomaron como comerciales las especies agrupadas bajo los códigos 1, 2 y 3 y como no comerciales las agrupadas bajo los códigos 4, 5 y 6. A la especie *Pentaclethra macroloba* le correspondía el número cinco, pero aquí se le asignó el dos, por ser la segunda especie comercial más importante en la Finca.

### 3.7.2. Análisis estadístico

Se realizaron pruebas de normalidad sobre los índices ponderados por parcela de los árboles envenenados y observados en el quinto mes, sobre el número de árboles y área basal de los árboles envenenados por parcela. Se realizó análisis de varianza de parcelas divididas en el tiempo para comparar los efectos de los dos herbicidas y de las diferentes dosis dentro de las mismas, así mismo se realizaron pruebas de modelos para también determinar la tendencia del efecto de las diferentes dosis de cada herbicida sobre los árboles envenenados en el tiempo y ver la posibilidad de construir una función de costos.

### 3.7.3. Análisis de costos

Para facilitar el análisis de costos del tratamiento por parcela, todos los tiempos gastados se resumieron en jornales de ocho horas, tanto para marqueo (identificación de especies y marqueo) como para inyección de árboles envenenados. Estos a su vez se subdividieron en **Costos directos:** pagos por operaciones de campo (incluye tiempo gastado para ingerir alimentos), costos de insumos y de caminada; e **Indirectos:** (costos sociales): costos de víveres para alimentación y su cocinado.

Basado en los tiempos totales utilizados en el campo para actividades de marqueo e inyección de árboles, se asignó en forma proporcional a cada parcela los tiempos y costos correspondientes a toma de alimentos, caminada, cocinado de alimentos y costo de víveres según el costo promedio de un tiempo de comida consumido en la ejecución del experimento, se utilizó esta metodología porque hubo casos en que en un mismo día se trabajaba en dos o más parcelas y a veces en una misma parcela se gastaba más de un día.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Resultados de mediciones y muestreos realizados por personal de PORTICO S.A. (1992)

#### 4.1.1. Descripción del bosque primario no intervenido

La descripción del bosque primario no intervenido de la finca "Guido Madriral" se basó en mediciones realizadas en cuatro parcelas permanentes de muestreo (PPM) establecidas en la misma Finca, tomando en cuenta árboles con DAP  $\geq 10$  cm (PORTICO S.A., 1992).

##### 4.1.1.1. Composición florística

La riqueza florística en bosque primario no intervenido es de 91 especies arbóreas más tres especies de palmas en cuatro hectáreas y de 52 especies por ha (PORTICO S.A., 1992).

##### 4.1.1.2. Estructura

Se encontró una densidad media de 297 árboles y 162 palmas con áreas basales de 30,1 m<sup>2</sup>/ha y 1,7 m<sup>2</sup>/ha respectivamente, los que suman 459 individuos/ha con área basal de 31,7 m<sup>2</sup>/ha (Cuadro 2) (PORTICO S.A., 1992). El número de árboles y su área basal por ha son similares a los encontrados en un bosque pluvial de bajura en Mucambo, Belem, Brasil, con densidad de 594 árboles y área basal de 32,6 m<sup>2</sup>/ha (Caín et al., 1956; citado por Lamprecht, 1990).

Existe dominancia de las especies comerciales: *Carapa guianensis* (grupo comercial 1), seguido por *Pentaclethra macroloba* (grupo comercial 2). Mientras que la abundancia y dominancia de varias especies comerciales (grupo comercial 3) (*Hyeronima oblonga*,

*Tabebuia rosea*, *Terminalia bucidoides*, *Otoba novogranatensis*, *Virola koschnyi*, *Sacoglottis trichogyne*, etc.) son las más bajas. La abundancia y dominancia de especies potencialmente comerciales (grupo comercial 4), es relativamente alta (43 árboles y 5,4 m<sup>2</sup>/ha respectivamente). La abundancia de especies no comerciales (grupo comercial 5) ocupa el segundo lugar, pero su dominancia se considera baja a comparación con la dominancia de los grupos comerciales 1 y 2 (Cuadros 2 y 3) (PORTICO S.A., 1992). La dominancia de dos especies comerciales en ésta zona es una ventaja que facilita el manejo (Bianchi et al., 1993).

La abundancia de palmas (grupo comercial 6) es alta, mientras que su dominancia es baja (Cuadros 2 y 3), dado que sus diámetros miden entre 10-20 cm. Este fenómeno es reconocido por Lamprecht (1990) como algo común en los bosques siempreverdes.

El área basal por hectárea se considera alta (31,7 m<sup>2</sup>/ha) si tomamos en cuenta los rangos para estas masas boscosas en Costa Rica que oscilan entre 24-32 m<sup>2</sup>/ha (Finegan y Sabogal, 1988; Hartshorn, 1983; citados por Finegan, 1994).

Cuadro 2. Distribución del número de árboles por grupo comercial y por clase diamétrica por hectárea en bosque primario no intervenido.

G_COM	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	54,0	14,3	8,5	8,5	4,3	8,3	7,3	101,0	22,0
2	12,0	7,8	10,0	15,8	8,8	4,8	3,0	62,0	13,5
3	9,0	3,8	1,5	1,5	1,0	0,3	1,0	18,0	3,9
4	19,0	7,3	6,3	3,0	2,8	1,8	2,8	42,8	9,3
5	52,3	10,3	3,3	2,8	2,3	1,0	0,8	72,5	15,8
6	162,0	-	-	-	-	-	-	162,0	35,4
Total	308,3	43,3	29,5	29,5	19,0	14,0	14,8	458,3	
%	67,3	9,4	6,4	6,4	4,1	3,1	3,2		100,0

G\_COM = Grupo comercial, 1 = *Carapa guianensis*, 2 = *Pentaclethra macroloba*, 3 = varias especies comerciales, 4 = potencial comercial, 5 = no comercial, 6 = palmas.

Fuente: PORTICO S.A. (1992).

Cuadro 3. Distribución del área basal por grupo comercial y por clase diamétrica por hectárea en bosque primario no intervenido.

G_COM	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	0,84	0,64	0,77	1,08	0,94	2,02	4,46	10,74	33,8
2	0,22	0,37	0,95	2,45	2,06	1,53	1,51	9,07	28,6
3	0,16	0,17	0,16	0,23	0,21	0,07	0,49	1,49	4,7
4	0,33	0,38	0,60	0,46	0,64	0,57	2,42	5,40	17,0
5	0,77	0,48	0,32	0,44	0,51	0,32	0,56	3,39	10,7
6	1,66	-	-	-	-	-	-	1,66	5,2
Total	3,98	2,04	2,79	4,65	4,35	4,50	9,43	31,74	
%	12,5	6,4	8,8	14,7	13,7	14,2	29,7		100,0

G\_COM = Grupo comercial, 1 = *Carapa guianensis*, 2 = *Pentaclethra macroloba*, 3 = varias especies comerciales, 4 = potencial comercial, 5 = no comercial, 6 = palmas.

Fuente: PORTICO S.A. (1992).

#### 4.1.2. Estado silvicultural del bosque intervenido según muestreos post- aprovechamiento levantados por personal de PORTICO S.A. (1994).

##### 4.1.2.1. Muestreo diagnóstico (MD)

El MD se levantó en 400 unidades de muestreo de 10 x 10 m, cuya intensidad fue 2,3%. Existen 37 fustales deseables sobresalientes (DS) y 63 unidades vacías/ha. Se encontraron 17 DS (46%) con iluminación adecuada (grados de luz 1 y 2), mientras que 11 DS (30%) se encontraban en condiciones de luz 3 (luz regular) y 9 DS (24%) bajo condiciones de luz 4 y 5 (luz deficiente) (Ortega, 1994, borrador). Del total de unidades vacías (63,5) 7,8% se encontraban con luz regular y 24,8% con luz deficiente. En general solo existen 9 individuos bajo malas condiciones de luz, que suman 20 con los de grado luz 3 (luz regular) (Cuadro 4). El Anexo 8 contiene la descripción de cada código de iluminación de copa.

Cuadro 4. Resultados de muestreo diagnóstico, iluminación de copas de árboles deseables sobresalientes por clase diamétrica y por hectárea.

I_COPA	Clase diamétrica						Total DS	%	Unidad vacía	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70				
1	2,0	2,0	2,0	8,0	2,0	5,0	21,0	5,3	97,0	24,3
2	1,0	4,0	12,0	13,0	11,0	6,0	47,0	11,8	27,0	6,6
3	13,0	10,0	7,0	10,0	4,0	1,0	45,0	11,3	31,0	7,8
4	15,0	7,0	3,0	1,0	-	-	26,0	6,5	94,0	23,5
5	6,0	1,0	-	-	-	-	7,0	1,6	5,0	1,3
<b>Total</b>	<b>37,0</b>	<b>24,0</b>	<b>24,0</b>	<b>32,0</b>	<b>17,0</b>	<b>12,0</b>	<b>146,0</b>	<b>36,5</b>	<b>254,0</b>	<b>63,5</b>
<b>%</b>	<b>25,3</b>	<b>16,4</b>	<b>16,4</b>	<b>21,9</b>	<b>11,6</b>	<b>8,2</b>				<b>100,0</b>

Fuente: Ortega (1994, borrador).

I\_COPA = Iluminación de copa

También se pudo detectar que un 80% de los 37 DS por ha, lo conforman las especies *Carapa guianensis* (16 fustales) y *Pentaclethra macroleoba* (13,2 fustales). El resto lo conforman otras siete especies comerciales, una potencial comercial y una protegida (Ortega, 1994, borrador) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de muestreo diagnóstico, distribución de árboles deseables sobresalientes por clase diamétrica y por hectárea.

Especie	Clase diamétrica						Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70		
<i>Carapa guianensis</i>	6,75	2,25	2,75	1,75	1,50	1,00	16,00	43,8
<i>Pentaclethra maculosa</i>	1,25	1,50	1,75	5,00	2,50	1,25	13,25	36,3
<i>Virola koschnyi</i>	0,50	1,25	0,25	0,50	0,25	-	2,75	7,5
<i>Otoba novogranatensis</i>	0,25	-	-	0,50	-	0,50	1,25	3,4
<i>Hieronyma oblonga</i>	0,25	0,25	0,50	0,25	-	-	1,25	3,4
<i>Tabebuia rosea</i>	-	0,25	-	-	-	-	0,25	0,7
<i>Minquartia guianensis</i>	-	-	0,25	-	-	-	0,25	0,7
<i>Terminalia bucidoides</i>	0,25	0,25	-	-	-	-	0,50	1,4
<i>Sacoglottis trichogyne</i>	-	-	0,25	-	-	0,25	0,50	1,4
<i>Chimarrhis parviflora</i>	0,25	-	-	-	-	-	0,25	0,7
<i>Lecythis ampla</i>	-	-	-	0,25	-	-	0,25	0,7
<b>Total</b>	<b>9,50</b>	<b>5,75</b>	<b>5,75</b>	<b>8,25</b>	<b>4,25</b>	<b>3,00</b>	<b>36,50</b>	
<b>%</b>	<b>26,0</b>	<b>15,8</b>	<b>15,8</b>	<b>22,6</b>	<b>11,6</b>	<b>8,2</b>		<b>100,0</b>

Fuente: Ortega (1994, borrador).

Las dos especies comerciales más importantes y más abundantes (*C. guianensis* y *P. maculosa*) son esciófitas parciales al igual que *Virola koschnyi* y *Terminalia bucidoides*, las que incrementan significativamente si son liberadas (Hartshorn, 1980 y Whitmore, 1984; citados por Finegan, 1994).

La presencia de lianas en los árboles no es problemática, ya que el 95% de los DS no tenían lianas (Cuadro 6). Más información sobre los grados de presencia de lianas se encuentra en el anexo 8.

Cuadro 6. Resultados de muestreo diagnóstico, presencia de lianas en árboles comerciales por hectárea.

Lianas	1	2	3	4	Total
Total	139,0	5,0	2,0	0,0	146,0
%	95,2	3,4	1,4	0,0	100,0

Fuente: Ortega (1994, borrador).

#### 4.1.2.2. Muestreo de remanencia (MR)

El MR demostró que existen siete árboles remanentes por ha con DAP  $\geq 70$  cm (Cuadro 7). De éstos puede encontrarse un árbol en pie (17%) dejado por mala forma, problemas fitosanitarios, por ser árbol padre o por ser un potencial comercial en el futuro. Mientras que seis árboles (83,1%) con área basal de 2,8 m<sup>2</sup>/ha fueron dejados por ser de especies indeseables; estos son principalmente: *Apeiba membranaceae*, *Luehea seemannii* y *Pterocarpus officinalis* y otras (Ortega, 1994, borrador) (Cuadros 7, 8 y 9). Dada la mayor dominancia de remanentes no comerciales, de los mismos se envenenaron en promedio 2,5 árboles con área basal de 1,5 m<sup>2</sup>/ha (Cuadro 20) coincidiendo con la prescripción silvicultural realizada. La descripción de cada tipo de remanencia se encuentra en el Anexo 8.

Cuadro 7. Resultados de muestreo de remanencia, distribución del número de árboles remanentes por clase diamétrica y por hectárea.

Tipo de remanencia	Clase diamétrica				Total	%
	70-80	80-90	90-100	100-110		
Forma	-	-	-	-	-	-
Fitosanitario	-	-	0,2	-	0,2	3,1
Reserva	0,5	0,2	-	-	0,7	10,8
Potencial	-	0,2	-	-	0,2	3,1
Indeseable	1,8	3,2	0,2	0,2	5,4	83,1
<b>Total</b>	<b>2,3</b>	<b>3,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>6,5</b>	
<b>%</b>	<b>35,4</b>	<b>55,4</b>	<b>6,2</b>	<b>3,1</b>		<b>100,0</b>

Fuente: Ortega (1994, borrador).

Cuadro 8. Resultados de muestreo de remanencia, distribución de especies por tipo de remanencia y por hectárea (DAP  $\geq$  70 cm).

Especie	Causa					Total	%
	Forma	Fitosa-	Reserva	Potencial	Inde-		
	nitario				seable		
<i>Carapa guianensis</i>	-	0,2	0,2	-	-	0,4	6,2
<i>Pentaclethra macroloba</i>	-	-	0,5	-	-	0,5	7,7
<i>Goethalsia meiantha</i>	-	-	-	0,2	-	0,2	3,1
<i>Dussia macroprophyllata</i>	-	-	-	-	0,2	0,2	3,1
<i>Pterocarpus officinalis</i>	-	-	-	-	1,8	1,8	27,7
<i>Pterocarpus sp</i>	-	-	-	-	0,2	0,2	3,1
<i>Sapium oligoneurum</i>	-	-	-	-	0,2	0,2	3,1
<i>Apeiba membranaceae</i>	-	-	-	-	2,0	2,0	30,8
<i>Luehea seemannii</i>	-	-	-	-	1,0	1,0	15,4
<b>Total</b>	-	0,2	0,7	0,2	5,4	6,5	
<b>%</b>	-	3,1	10,8	3,1	83,1		100,0

Fuente: Ortega (1994).

#### 4.1.2.3. Muestreo silvicultural (MS)

Se observó que entre las clases diamétricas de 10-40 cm se concentra el 61% (34 árboles) de fustales comerciales y 84% (116 árboles) de fustales no comerciales por ha, evidenciando una mayor competencia en este estrato. En ésta clase diamétrica existe una relación de 1:3,4, mientras que a partir de un DAP de 40 cm la relación es de 1:1 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Resultados de muestreo silvicultural, distribución del número y área basal totales de árboles comerciales y no comerciales por clase diamétrica y por hectárea.

COM	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
N/ha	17,0	9,5	7,5	10,3	5,8	4,5	1,3	55,8	28,8
%	30,5	17,0	13,5	18,4	10,3	8,1	2,2	100,0	
AB/ha	0,4	0,5	0,7	1,6	1,4	1,4	0,7	6,5	39,6
%	5,4	7,3	10,4	24,7	20,9	21,3	10,0	100,0	
NO COM									
N/ha	78,5	29,3	8,3	8,5	5,0	3,0	5,5	138,0	71,2
%	56,9	21,2	6,0	6,2	3,6	2,2	4,0	100,0	
AB/ha	1,4	1,4	0,8	1,3	1,2	1,0	2,8	9,9	60,4
%	13,9	13,7	8,1	13,4	12,1	10,2	28,7	100,0	

Fuente: Ortega (1994, borrador).

COM = Comercial

N/ha = N° de árboles por hectárea

NO COM = No comercial

AB/ha = Área basal por hectárea (m<sup>2</sup>).

#### 4.1.2.4. Número de árboles y área basal afectada por aprovechamiento forestal y daños

El MS tomando en cuenta árboles con DAP  $\geq 10$  cm, indica que fueron extraídos 103 (35%) árboles con área basal de 13,7 m<sup>2</sup>/ha (45,4%) por aprovechamiento forestal y daños, sin tomar en cuenta palmas (Cuadro 10) (Ortega, 1994, borrador).

Cuadro 10. Resultados de muestreo silvicultural, distribución del número de árboles y área basal por clase diamétrica y por hectárea antes y después del aprovechamiento.

Clase diamétrica	Árboles por hectárea					Área basal/ha (m <sup>2</sup> )				
	Antes	Después	%	Difer.	%	Antes	Después	%	Difer.	%
10-20	146,3	95,5	65,3	50,8	34,7	2,32	1,73	74,4	0,59	25,6
20-30	43,3	38,8	89,6	4,5	10,4	2,04	1,83	89,7	0,21	10,3
30-40	29,5	15,8	53,4	13,8	46,6	2,79	1,48	53,0	1,31	47,0
40-50	29,5	18,8	63,6	10,8	36,4	4,65	2,94	63,2	1,71	36,8
50-60	19,0	10,8	56,6	8,3	43,4	4,35	2,56	58,8	1,79	41,2
60-70	14,0	7,5	53,6	6,5	46,4	4,50	2,40	53,3	2,10	46,7
>70	14,8	6,8	45,6	8,1	54,4	9,43	3,50	37,1	5,93	62,9
Total	296,3	193,8	65,4	102,6	34,6	30,09	16,43	54,6	13,66	45,4

Fuente: Ortega (1994).



## **4.2. Resultados de mediciones y muestreos realizados en PPM post-aprovechamiento**

### **4.2.1. Descripción del bosque primario intervenido**

#### **4.2.1.1. Composición florística**

En 18 ha del bosque intervenido se encontraron 173 especies de árboles y palmas en pie. Además, se encontraron 27 especies de árboles caídos y quebrados cerca del tocón pero aún vivos que no se tomaron en cuenta para el análisis estructural y composición florística. Con base en lo anterior, se determinó que existen aproximadamente 166 especies por ha.

Existe un menor número de especies en cuatro ha (94 especies de árboles y palmas) de bosque primario no intervenido (PORTICO S.A., 1992) a comparación con 193 especies por cuatro ha en bosque intervenido, la gran diferencia puede deberse a la localización más concentrada de las PPM en bosque sin intervenir, mientras que las PPM en bosque intervenido se distribuyen a lo largo de una mayor gradiente horizontal. Esto evidencia la influencia de la distribución de las parcelas y el tamaño del área muestreada sobre la cantidad de especies existentes. Es de hacer notar que la tendencia de la curva que representa la relación: especies por área en bosque no intervenido, es lineal, con pendiente creciente, mientras que la de bosque intervenido inicialmente sigue la misma tendencia, dejando de ser lineal al acercarse la pendiente a cero alrededor de cuatro ha de muestreo en adelante (Fig. 8).

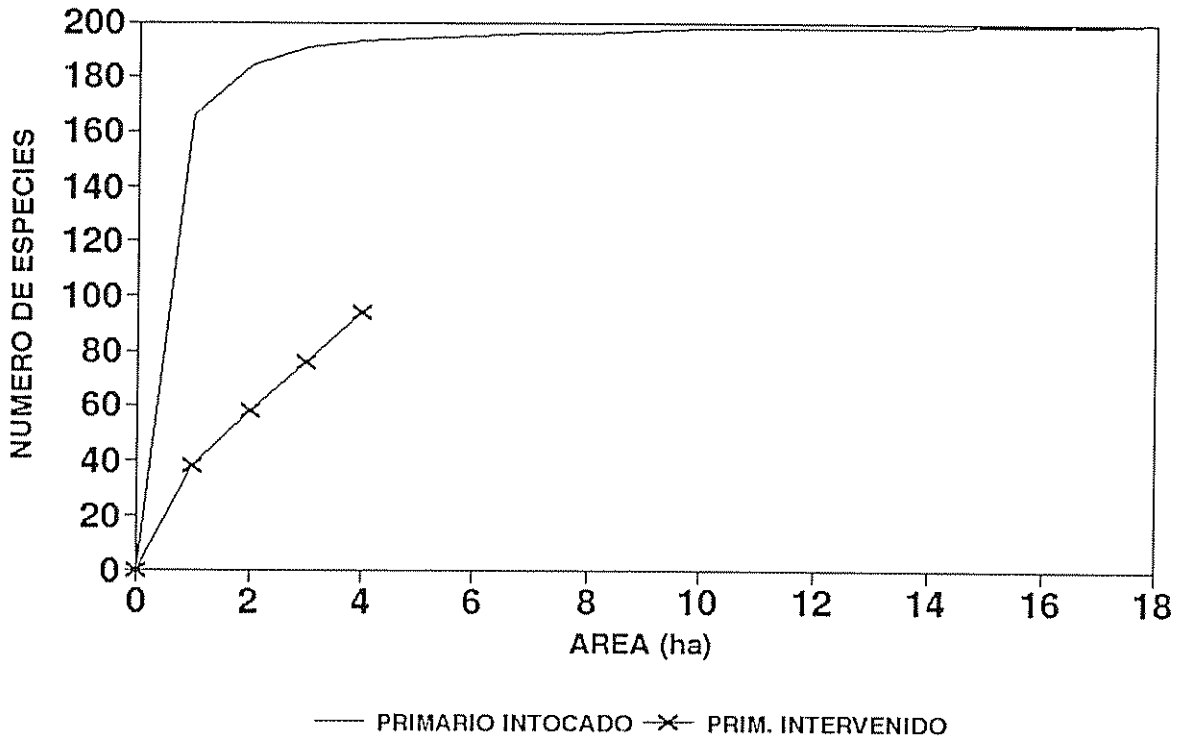


Fig. 8. Gráfico de curvas de especies por área en bosque primario y aprovechado. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica.

Las especies comerciales: *Pentaclethra maculosa* (IVI=19,6%) y *Carapa guianensis* (IVI=7,2%) constituyen el 26,8% del índice de valor de importancia (IVI) en general en bosque primario intervenido. *P. maculosa* es la especie con mayor abundancia (17,9%), dominancia (37,9%) y frecuencia (3,08%), seguida por la especie *C. guianensis*. Se observa una gran diferencia entre la abundancia y dominancia de las dos especies, pero sus valores de frecuencia son similares. Concluyendo que una buena cantidad de árboles de *C. guianensis* por ha (36,4 árboles) son pequeños, porque la mayoría de árboles grandes fue extraída mediante aprovechamiento (Cuadro 11).

En la actualidad son 11 especies y un grupo de desconocidos las que comparten un 50% de la estructura florística de la comunidad. De estas se encuentran especies comerciales como: *P. maculosa*, *C. guianensis*, *Virola koschnyi*, *Simira maxonii* y *Chimarrhis parviflora*; especies no comerciales: *Apeiba membranacea*, *Colubrina spinosa*, *Cecropia spp*, *Ardisia afinidad palmarum* y desconocidos; palmas: *Astrocaryum alatum* e *Iriarteia gigantea*. El IVI de las palmas está afectado principalmente por abundancia y frecuencia. Si se toman en cuenta las 15 especies con mayor valor de importancia, se observa que la ocupación del área incrementa apenas un 6%, llegando la sumatoria a 55,8%, agregándose una especie comercial y dos no comerciales. Si se toman en cuenta 23 especies la sumatoria se eleva a 65,1%, agregándose cuatro especies comerciales y siete especies no comerciales (Cuadro 11). En este sentido, el porcentaje restante (34,9%) lo conforman 150 especies, no comerciales principalmente.

Es de hacer notar que el bosque intervenido de PORTICO S.A. es relativamente rico en especies, si se compara con los rangos indicados por Lamprecht (1990) que va de 60-100 ó más especies por ha; sin embargo, la diversidad de la mayoría de las especies es baja debido a la dominancia de dos especies (*C. guianensis* y *P. maculosa*). Un bosque con mayor riqueza es el de La Selva, Costa Rica, con 241 especies en 12,4 ha (Peralta et al., 1987) a comparación con 198 especies en 12,5 ha del bosque intervenido; pero la riqueza de 184 especies en dos ha en el bosque intervenido es mayor que 173 especies en dos ha de un bosque en Mucambo, Belem, Brasil (Caín et al., 1956, citado por Lamprecht, 1990).

Estas comparaciones solo toman en cuenta árboles con DAP  $\geq$  10 cm.

El Anexo 9 presenta en detalle la cantidad de especies nuevas que se sumaban al incrementar constantemente el área de muestreo en 0,25 ha, así mismo se observa la distribución del número de especies por clase diamétrica, concentrándose una mayor cantidad en las clases menores. El Anexo 10 presenta información sobre el IVI de todas las especies en pie encontradas en el bosque, su nombre científico, familia botánica, gremio (grupo ecológico) y grupo comercial.

Cuadro 11. Especies con mayor índice de valor de importancia con DAP  $\geq$  10 cm en la composición florística de bosque primario intervenido (datos de 18 ha).

Especie	IVI	Abundancia		Dominancia		Frecuencia	
		N/ha	%	m <sup>2</sup> /ha	%	Nº Subp.	%
<i>Pentaclethra macroloba</i>	19,6	62,8	17,9	7,5	37,9	72	3,1
<i>Carapa guianensis</i>	7,2	36,4	10,4	1,6	8,0	71	3,0
<i>Astrocaryum alatum</i> (palma)	3,8	23,5	6,7	0,3	1,6	68	2,9
<i>Apeiba membranaceae</i>	3,3	7,1	2,0	1,0	5,1	62	2,7
Desconocido	3,3	16,7	5,3	0,4	1,9	60	2,6
<i>Iriartea gigantea</i> (palma)	2,3	11,1	3,2	0,3	1,4	54	2,3
<i>Virola koschnyi</i>	2,2	7,3	2,1	0,4	2,1	58	2,5
<i>Colubrina spinosa</i>	2,1	11,9	3,4	0,1	0,7	50	2,1
<i>Cecropia</i> spp	1,7	9,5	2,7	0,2	0,7	52	2,2
<i>Simira maxonii</i>	1,9	8,9	2,5	0,3	1,4	39	1,7
<i>Ardisia aff palmarum</i>	1,8	9,2	2,6	0,2	0,6	49	2,1
<i>Chimarrhis parviflora</i>	1,8	7,1	2,0	0,2	0,8	58	2,5
<i>Luehea seemannii</i>	1,6	1,5	0,4	0,7	3,4	24	1,0
<i>Pterocarpus officinalis</i>	1,6	3,9	1,1	0,6	2,8	19	0,8
<i>Hernandia didymantha</i>	1,6	4,4	1,3	0,2	1,2	51	2,2
<i>Otoba novogranatensis</i>	1,3	3,6	1,0	0,2	1,1	41	1,8
<i>Protium</i> sp	1,3	4,9	1,4	0,1	0,5	44	1,9
<i>Inga</i> sp	1,2	4,2	1,2	0,2	0,7	42	1,8
<i>Crataeva tapia</i>	1,2	3,9	1,1	0,1	0,7	42	1,8
<i>Quararibea cordata</i>	1,1	3,4	1,0	0,2	1,2	26	1,1
<i>Sacoglottis trichogyne</i>	1,1	2,3	0,7	0,3	1,4	29	1,2
<i>Quararibea oblicuifolia</i>	1,1	4,0	1,1	0,1	0,3	41	1,8
<i>Terminalia bucidoides</i>	1,0	2,1	0,6	0,3	1,4	26	1,1
Sub-total	65,1	249,7	71,7	15,4	76,9	1,1	46,2
Otras especies	34,9	100,6	28,3	4,5	23,1	1,3	53,8
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>350,3</b>	<b>100,0</b>	<b>19,9</b>	<b>100,0</b>	<b>2,4</b>	<b>100,0</b>

#### 4.2.1.2. Vegetación del estrato sotobosque

La vegetación del sotobosque en el área muestreada no es muy abundante debido a la sombra de árboles. Sin embargo, en claros dejados por árboles caídos o por el aprovechamiento, la riqueza y diversidad de especies es más abundante. Entre las especies más abundantes se encuentran: Palma suitea (*Asterogyne martiana*) familia Palmae, palma coquito (*Astrocaryum alatum*) familia Palmae, en forma escasa *Zamia skinneri* familia Cycadaceae, ciplina familia Palmae, guágara (*Cryosophila guágara*) familia Palmae, Platanillo (*Heliconia spp*) familia Musaceae o Heliconiaceae, sajinillo (en zonas pantanosas) familia Musaceae; también se encuentra regeneración natural de especies arbóreas y de lianas. Los datos fueron recolectados en el formulario N° 2 (Anexo 2).

#### 4.2.1.3. Estructura

En bosque intervenido existen en promedio 314 árboles y 37 palmas a partir de 10 cm de DAP, con áreas basales de 19,2 m<sup>2</sup> y 0,6 m<sup>2</sup> por ha, sumando un total de 351 (76%) individuos con 19,9 m<sup>2</sup>/ha (63%) (Cuadros 12 y 13).

La distribución de los árboles por clase diamétrica en bosque no intervenido es la de una "J" invertida, que es característica de bosques primarios de zonas húmedas (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980) donde abundan las esciófitas. El mismo patrón mantiene la estructura horizontal del bosque intervenido ("J" invertida) (Cuadro 12 y Fig. 9), en este sentido se deduce que las especies comerciales no tienen problemas de regeneración natural.

En los Cuadros 12 y 13 se observa que existe mayor abundancia de *P. macroloba* al igual que su dominancia (7,5 m<sup>2</sup>/ha), debido a una abundancia más regular de dicha especie en todas las clases diamétricas; sin embargo la abundancia de ésta especie es contrarrestada por tratamientos silviculturales debido a la mala forma del fuste (Peralta, 1995, Com. Pers.). La mayor abundancia de *C. guianensis* se encuentra en las clases diamétricas menores al igual que las especies no comerciales.

El Cuadro 13 revela que un 56,6% del área basal total lo conforman especies comerciales, 40,2% corresponde a especies no comerciales y 3,2% es de palmas. En el bosque intervenido las dos principales especies comerciales invierten su abundancia y dominancia con respecto a bosque primario no intervenido. Un 51% del área basal se concentra en árboles jóvenes con DAP entre 10-50 cm, éste patrón es similar al encontrado en bosque no intervenido, pero al comparar ambas masas con DAP  $\geq$  70 cm se determinó una reducción de 13,5% en área basal por ha debido a aprovechamiento y daños (Fig. 10).

Se encontraron tres especies de palmas con DAP entre 10-30 cm (Cuadro 12), éstos resultados coinciden con los de bosque primario no intervenido con la diferencia de que el muestreo en bosque intervenido reporta palmas con mayores diámetros debido a una mayor área muestreada. Las especies son: *Astrocaryum alatum*, *Iriartea gigantea* y *Socratea durissima*.

Cuadro 12. Distribución del número total de árboles por grupo comercial y clase diamétrica por hectárea en bosque primario intervenido.

G_COM	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	26,4	3,3	2,3	1,9	1,2	1,2	0,1	36,4	10,4
2	17,0	9,9	10,5	10,8	7,8	5,0	1,9	62,9	17,9
3	12,4	1,7	1,5	1,8	1,8	1,8	0,6	21,6	6,2
4	21,9	5,5	3,4	1,9	0,9	0,7	0,5	34,7	9,9
5	125,8	15,1	6,8	3,8	2,7	2,1	2,7	159,0	45,3
6	32,9	3,3	-	-	-	-	-	36,2	10,3
Total	236,4	38,8	24,5	20,2	14,3	10,8	5,8	350,8	
%	67,4	11,1	7,0	5,8	4,1	3,1	1,7		100,0

G\_COM = Grupo comercial, 1 = *Carapa guianensis*, 2 = *Pentaclethra macroloba*, 3 = varias especies comerciales, 4 = potencial comercial, 5 = no comercial, 6 = palmas.

Cuadro 13. Distribución del área basal total por grupo comercial y clase diamétrica por hectárea en bosque primario intervenido.

G_COM	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	0,30	0,15	0,21	0,31	0,26	0,35	0,02	1,60	8,0
2	0,25	0,48	1,01	1,66	1,71	1,59	0,83	7,53	37,9
3	0,16	0,08	0,14	0,27	0,41	0,58	0,49	2,13	10,7
4	0,28	0,25	0,31	0,27	0,18	0,20	0,30	1,80	9,1
5	1,48	0,69	0,62	0,57	0,60	0,65	1,57	6,17	31,1
6	0,51	0,12	-	-	-	-	-	0,63	3,2
Total	2,98	1,78	2,28	3,07	3,17	3,37	3,22	19,86	
%	15,0	9,0	11,5	15,5	16,0	17,0	16,2		100,0

G\_COM = Grupo comercial, 1 = *Carapa guianensis*, 2 = *Pentaclethra macroloba*, 3 = varias especies comerciales, 4 = potencial comercial, 5 = no comercial, 6 = palmas.

El área basal encontrada en el bosque intervenido propiedad de PORTICO S.A. (19,9 m<sup>2</sup>/ha) es menor que el área basal encontrado por Manta (1988) en un bosque muy húmedo intervenido (Costa Rica) que es de 23,5 m<sup>2</sup>/ha. Este último refleja un aprovechamiento moderado, además el bosque tiene de 3-25 años de estarse recuperando. El número de árboles y área basal por ha encontrados en PPM post-aprovechamiento son mayores a los reportados por el MS realizado en la misma finca (Ortega, 1994, borrador). En gran medida las diferencias se deben a que el MS fue realizado en forma aleatoria en toda la finca y sin tomar en cuenta palmas, mientras que el muestreo en PPM se ejecutó en masas boscosas más densas (incluyendo palmas) con el objetivo de aplicar con mayor énfasis el tratamiento prescrito. Los resultados de las dos muestras indican que el bosque post-aprovechamiento quedó con un 65%-76% de los árboles/ha y de 55%-63% del área basal/ha.

Como resultado de los diferentes grados de aprovechamiento en el bosque, en la parcela uno se encontró una mayor cantidad de árboles y área basal por ha (intervención leve) mientras que la parcela 17 presenta la menor cantidad de árboles y área basal por ha (intervención fuerte) (Cuadro 14).

## 4.2.2. Estado silvicultural del bosque según muestreo en PPM post-aprovechamiento

### 4.2.2.1. Datos de árboles por grupo comercial

Existen 120,6 árboles comerciales con 11,3 m<sup>2</sup>/ha y 193,6 árboles no comerciales con área basal de 8,0 m<sup>2</sup>/ha con DAP  $\geq$  10 cm (Cuadro 14). Con base a resultados de PPM post-aprovechamiento y MS (Ortega, 1994, borrador) se determinó que existen en promedio 89 árboles comerciales por ha, que es muy bajo a comparación con 181 árboles/ha en bosque primario no intervenido (PORTICO S.A., 1992); ésta diferencia se debe al efecto del aprovechamiento y daños. El valor del promedio citado está cerca del supuesto de Dawkins (1961) quien indica que 100 árboles comerciales jóvenes por hectárea son deseables.

La relación de abundancia entre especies comerciales y no comerciales en todas las parcelas es inversa con respecto a la relación de dominancia, a excepción de las parcelas tres y cuatro. En general la abundancia de comerciales es menor que la de no comerciales (121/ha y 194/ha respectivamente); mientras que la dominancia de especies comerciales (11,3 m<sup>2</sup>/ha) es mayor que la de especies no comerciales (8,0 m<sup>2</sup>/ha) (Cuadro 14). Esto significa que en el bosque existen árboles comerciales con diámetros más grandes que los no comerciales.

Para árboles con DAP  $\geq$  10 cm la relación entre comerciales y no comerciales sin incluir palmas es de 1:1,6 y tomando en cuenta palmas es de 1:1,9. La relación en la clase de DAP entre 10-20 cm es de 1:3 mientras que en las clases superiores la relación se equilibra y en algunos casos se invierte. Estos resultados al igual que los obtenidos mediante MS (Ortega, 1994, borrador) justifican un refinamiento parcial en los estratos bajos y tratamientos de mejora y liberación en los estratos superiores. El refinamiento parcial no se aplicó en el experimento realizado por razones de tiempo y costos.



Cuadro 14. Distribución del número de árboles y área basal por parcela de una ha por grupo comercial en bosque intervenido.

N_Par	Comerciales			No comerciales			Palmas en pie			Total*	
	N/ha	%	AB/ha	N/ha	%	AB/ha	N/ha	%	AB/ha	N/ha	AB/ha
1	204	43,6	14,35	218	46,6	8,59	46	9,8	0,69	468	23,62
2	111	27,8	9,80	264	66,0	7,45	25	6,3	0,35	400	17,61
3	72	18,6	7,26	297	76,5	11,29	19	4,9	0,41	388	18,95
4	90	26,3	8,26	238	69,6	10,98	14	4,1	0,24	342	19,48
5	164	36,7	12,47	178	39,8	7,40	105	23,5	1,44	447	21,31
6	97	35,0	11,26	163	58,8	7,13	17	6,1	0,31	277	18,70
7	115	30,4	11,69	209	55,3	8,65	54	14,3	1,07	378	21,41
8	106	34,3	11,86	171	55,3	9,90	32	10,4	0,58	309	22,34
9	140	38,6	11,54	161	44,4	7,33	62	17,1	1,04	363	19,91
10	118	35,9	10,97	165	50,2	6,41	46	14,0	0,84	329	18,22
11	96	31,0	10,33	181	58,4	7,80	33	10,6	0,60	310	18,73
12	108	32,0	12,67	190	56,2	6,52	40	11,8	0,75	338	19,95
13	136	42,9	11,14	158	49,8	7,49	23	7,3	0,42	317	19,05
14	137	41,1	12,38	171	51,4	7,48	25	7,5	0,50	333	20,36
15	147	39,1	13,35	178	47,3	6,62	51	13,6	0,99	376	20,96
16	94	29,9	10,19	210	66,9	8,90	10	3,2	0,19	314	19,28
17	101	41,9	12,04	119	49,4	5,08	21	8,7	0,34	241	17,46
18	134	35,7	11,05	213	56,8	8,41	28	7,5	0,56	375	20,01
Total	2170	620,7	202,61	3484	998,7	143,44	651	180,6	11,30	6305	357,35
Media	120,6	34,4	11,26	193,6	55,3	7,97	36,2	10,3	0,63	350,3	19,85

N\_Par = Número de parcela

N/ha = Número de árboles por hectárea con DAP  $\geq$  10 cm (medidos en PPM, 1995)

AB/ha = Área basal por hectárea en metros cuadrados

% = Porcentaje con respecto a número de árboles y área basal totales\* por hectárea

#### 4.2.2.2. Condiciones de iluminación de árboles comerciales

Un 38,3% (13,4% + 24,9%) de árboles comerciales por ha reciben luz adecuada, un 37,5% reciben luz regular (grado 3) y un 24,3% (22,5% + 1,8%) reciben luz deficiente (grados 4 y 5). El porcentaje de árboles comerciales que necesariamente requieren liberación es relativamente alto (24,3%). Estos datos sumados a los afectados por grado de luz 3 dan un porcentaje mucho mayor (61,8%) (Cuadro 15).

Los resultados obtenidos por Ortega (1994, borrador) sobre iluminación de árboles comerciales suponen que el bosque no requiere de más iluminación. Sin embargo, en el campo se observó que las buenas condiciones de luz se dan en claros aislados, existiendo sitios con vegetación densa donde la iluminación es deficiente. Después de concluir que era necesario aplicar tratamiento silvicultural, en el campo se escogieron los sitios más poblados, a excepción de las parcelas dos y 17 que se ubicaron en sitios más claros. Basado en lo anterior se justificaría la aplicación de un tratamiento silvicultural en toda la finca, además el área basal de no comerciales es alto superado únicamente por *Pentaclethra maculosa*, que en gran medida forma parte de los árboles a ser eliminados debido a su mala forma. La clasificación de los grados de iluminación se encuentran en el Anexo 8.

Cuadro 15. Resultados en PPM post-aprovechamiento, clasificación lumínica de especies comerciales por clase diamétrica y por hectárea.

I_COPA	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	1,6	0,6	2,1	4,1	3,6	2,8	1,1	15,8	13,3
2	3,0	3,7	4,9	6,8	5,4	4,4	1,3	29,5	24,9
3	24,6	7,8	6,6	3,2	1,6	0,6	0,1	44,5	37,6
4	24,0	2,3	0,3	0,1	-	-	-	26,6	22,5
5	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>55,2</b>	<b>14,4</b>	<b>13,8</b>	<b>14,2</b>	<b>10,6</b>	<b>7,8</b>	<b>2,4</b>	<b>118,4</b>	
<b>%</b>	<b>46,6</b>	<b>12,2</b>	<b>11,6</b>	<b>12,0</b>	<b>8,9</b>	<b>6,6</b>	<b>2,1</b>		<b>100,0</b>

I\_COPA = Iluminación de copa

#### 4.2.2.3. Grado de presencia de lianas en los árboles

En la actualidad la presencia de lianas en los árboles comerciales no es crítica y no se justifica su tratamiento, ya que en 1994 se cortaron bejucos antes del aprovechamiento. Solo 4,7% de árboles/ha tiene lianas en el fuste y copa sin limitar su crecimiento y un 1,8% presentan lianas que limitan el crecimiento (Cuadro 16). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ortega (1994, borrador) indicando que el 95% de los DS no tenían lianas. En el Anexo 8 se detallan los grados de presencia de lianas.

Cuadro 16. Resultados en PPM post-aprovechamiento, presencia de lianas en los árboles comerciales por clase diamétrica y por hectárea.

Lianas	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	10,1	1,8	1,2	1,4	1,3	1,1	0,1	17,1	14,4
2	41,4	11,9	11,7	11,8	8,6	6,2	2,1	93,6	79,0
3	2,2	0,5	0,8	0,6	0,6	0,6	0,3	5,6	4,7
4	1,5	0,2	0,1	0,3	0,1	-	-	2,2	1,8
Total	55,2	14,4	13,8	14,2	10,6	7,8	2,4	118,4	
%	46,6	12,2	11,6	12,0	8,9	6,6	2,1		100,0

#### 4.2.2.4. Clase de identidad de fuste de árboles comerciales

Un 65,8% de fustes por ha son verticales, un 26,1% se encuentra con inclinación menor a 30° y un porcentaje bajo (4,9%) se encuentra creciendo con grado de inclinación mayor a 30°. Un fuste inclinado no siempre implica curvatura y su potencial futuro para ser madereado es similar al de un fuste vertical, cuya desventaja pueden ser defectos de tensión y mayor probabilidad de ser derribado naturalmente. Los fustes verticales quebrados, vivos inclinados y quebrados, curvados y rebrotes suman 6,2%, esto es mínimo y es inherente a la dinámica natural del bosque (Cuadro 17). El Anexo 8 contiene la descripción de las diferentes clases de identidad de fuste.

Cuadro 17. Resultados en PPM post-aprovechamiento, clase de identidad de fuste de árboles comerciales por clase diamétrica y por hectárea.

C_IDE	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
111	34,2	10,1	9,6	9,7	7,7	5,2	1,5	78,0	65,7
112	1,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	2,4	2,0
121	15,7	3,5	3,1	3,5	2,3	2,1	0,8	31,0	26,1
122	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	-	-	0,9	0,8
131	3,2	0,5	0,8	0,4	0,3	0,5	-	5,7	4,8
132	0,3	-	-	-	-	-	-	0,3	0,3
142	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
211	0,1	0,1	-	-	-	-	-	0,2	0,2
212	0,1	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1
221	0,1	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1
<b>Total</b>	<b>55,3</b>	<b>14,6</b>	<b>13,8</b>	<b>14,1</b>	<b>10,6</b>	<b>7,9</b>	<b>2,5</b>	<b>118,8</b>	
<b>%</b>	<b>46,5</b>	<b>12,3</b>	<b>11,6</b>	<b>11,9</b>	<b>8,9</b>	<b>6,6</b>	<b>2,1</b>		<b>100,0</b>

C\_IDE = Clase de identidad

#### 4.2.2.5. Forma de copa de los árboles comerciales

Un 48,4% (2,0% + 46,4%) de árboles comerciales por ha tiene copa en forma de círculo, mientras que un 35,2% posee copa en forma de medio círculo. Estos últimos se ubican en estratos bajos recibiendo menor cantidad de luz y un 67% de los mismos poseen DAP entre 10-20 cm. Podría esperarse un mejoramiento de éste tipo de copa al aplicar liberación. Los árboles con copas de menos de medio círculo, pocas ramas e inicio de rebrotes, suman 16,1% y un 76% de éstos árboles tienen diámetros entre 10-20 cm. Un porcentaje muy bajo (0,2%) de árboles vivos no tienen copa (Cuadro 18). El significado de los códigos de forma de la copa se describe en el Anexo 8.

Cuadro 18. Resultados en PPM post-aprovechamiento, forma de copa de los árboles comerciales por clase diamétrica y por hectárea.

Forma	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	0,5	0,3	0,2	0,2	0,6	0,3	0,2	2,4	2,0
2	17,6	6,7	7,5	9,1	6,7	5,6	1,8	55,0	46,4
3	22,4	5,6	5,0	4,1	2,9	1,4	0,3	41,7	35,2
4	6,2	0,8	0,6	0,3	0,2	0,1	-	8,1	6,8
5	7,2	0,7	0,3	0,2	0,2	0,3	-	8,9	7,6
6	1,2	0,3	0,1	0,3	-	0,1	0,1	2,1	1,7
7	0,1	-	0,1	-	-	0,1	0,1	0,2	0,2
Total	55,2	14,4	13,8	14,2	10,6	7,8	2,4	118,4	
%	46,6	12,2	11,6	12,0	8,9	6,6	2,1		100,0

#### 4.2.2.6. Número de árboles y área basal afectada por aprovechamiento forestal y daños

Las mediciones en PPM post-aprovechamiento reportan que se afectaron por aprovechamiento y daños (incluyendo palmas) 108 árboles (24%) y 11,9 m<sup>2</sup> (38%) (Cuadros 19 y 25). Los datos obtenidos mediante éste muestreo son relativamente diferentes a los obtenidos con el MS (Ortega, 1994) debido a que el MS fue levantado en forma aleatoria en toda la Finca, mientras que la muestra en PPM fue realizada en sitios donde existía mayor cobertura vegetal.

Cuadro 19. Resultados en PPM post-aprovechamiento, número de árboles y área basal por hectárea antes y después del aprovechamiento (DAP  $\geq$  10 cm).

Arboles por hectárea					Área basal/ha (m <sup>2</sup> )				
Antes	Después	%	Dif.	%	Antes	Después	%	Dif.	%
458,3	350,3	76,4	108,0	23,6	31,74	19,85	62,5	11,89	37,5

### 4.2.3. Resultados del tratamiento silvicultural aplicado y estado del bosque post-tratamiento

#### 4.2.3.1. Número de árboles y área basal envenenada

En promedio se envenenaron 20 árboles (4,4%) con área basal de 3,7 m<sup>2</sup> por ha (11,7%) (Cuadros 20, 21 y 25). Debido a que se afectaron todas las clases diamétricas, el número de árboles envenenados por ha fue menor al prescrito (32 árboles con 2,2 m<sup>2</sup>/ha) pero el área basal es mayor, debido a la ejecución del tratamiento en sitios más densos y tratamiento de árboles grandes. El área basal envenenada es similar al área basal eliminada por PORTICO S.A. en bosques de su propiedad en la misma zona (Peralta, 1995, Com. Pers.).

Se envenenaron 2,5 árboles con área basal de 1,5 m<sup>2</sup>/ha con DAP  $\geq$  70 cm (Cuadros 20 y 21). Esto coincide con la prescripción silvicultural realizada inicialmente. Entre los rangos de DAP de 10-40 cm se envenenaron 10 (50% de árboles envenenados) árboles, siendo las clases diamétricas de 20-30 cm y de 30-40 cm las más afectadas, 3,5 (18%) y 3,6 (18%) árboles envenenados respectivamente (Cuadro 20). A partir de 40 cm de DAP se envenenaron aproximadamente 2,6 árboles por cada clase diamétrica. La tendencia gráfica del área basal envenenada es de una "J", concluyendo que se redujo mayor área basal en los diámetros mayores (Cuadro 21 y Fig. 10).

Cuadro 20. Distribución del número de árboles envenenados por clase diamétrica y por grupo comercial por hectárea.

G_COM	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	0,1	-	-	-	-	-	-	0,1	0,5
2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	1,7	8,6
3	0,2	0,1	0,1	-	0,1	-	-	0,5	2,5
4	0,4	0,9	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4	4,7	23,7
5	1,5	2,2	2,1	1,7	1,6	1,7	2,0	12,8	64,6
Total	2,5	3,5	3,6	2,9	2,5	2,3	2,5	19,8	
%	12,6	17,7	18,2	14,6	12,6	11,6	12,6		100,0

G\_COM = Grupo comercial, 1 = *Carapa guianensis*, 2 = *Pentaclethra macroloba*, 3 = varias especies comerciales, 4 = potencial comercial, 5 = no comercial.

Cuadro 21. Distribución del área basal de árboles envenenados por clase diamétrica y por grupo comercial por hectárea.

G_COM	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	0,001	-	-	-	-	-	-	0,001	0,0
2	0,005	0,011	0,045	0,058	0,013	0,037	0,043	0,212	5,7
3	0,004	0,002	0,006	-	0,022	-	-	0,034	0,9
4	0,008	0,040	0,091	0,124	0,156	0,156	0,275	0,850	23,0
5	0,032	0,106	0,196	0,254	0,346	0,532	1,140	2,606	70,4
Total	0,05	0,16	0,34	0,44	0,54	0,72	1,46	3,70	
%	1,4	4,3	9,1	11,8	14,5	19,6	39,4		100,0

G\_COM = Grupo comercial, 1 = *Carapa guianensis*, 2 = *Pentaclethra macroloba*, 3 = varias especies comerciales, 4 = potencial comercial, 5 = no comercial.



En la parcela 1 se envenenó el área basal más alta (6,2 m<sup>2</sup>/ha) por ser una de las parcelas más pobladas. En la parcela dos se envenenaron 15 árboles (3,3%) con área basal de 1,8 m<sup>2</sup>/ha (5,6%), éste es el área basal más baja envenenada por parcela coincidiendo con el área basal total baja en la misma. Se envenenaron 11 árboles con diámetros menores a 50 cm y cuatro con diámetros entre 50-60 cm. Después de la parcela dos, la parcela 17 ocupa el segundo lugar en área basal menor envenenada (2,0 m<sup>2</sup>/ha) pero el número de árboles envenenados es el más bajo (9/ha) (Cuadro 22).

#### 4.2.3.2. Número de árboles y área basal del bosque post-tratamiento

Quedaron en pie 331 árboles y palmas (72,1%) con área basal de 16,2 m<sup>2</sup>/ha (50,9%) (Cuadros 22 y 25). La estructura horizontal con respecto a diámetros siempre es la de una "J" invertida (Fig. 9).

Cuadro 22. Distribución por parcela de una ha de árboles envenenados y remanentes post-tratamiento silvicultural.

N_Par	Árboles envenenados			Árboles remanentes			Árboles remanentes más palmas			
	N/ha	%	AB/ha	N/ha	%	AB/ha	N/ha	%	AB/ha	%
1	29	6,3	6,22	393	85,6	16,70	439	95,6	17,39	54,8
2	15	3,3	1,79	360	78,4	15,47	385	83,9	15,82	49,8
3	17	3,7	3,56	352	76,7	14,99	371	80,8	15,39	48,5
4	16	3,5	3,60	312	68,0	15,64	326	71,0	15,88	50,0
5	34	7,4	4,81	308	67,1	15,06	413	90,0	16,50	52,0
6	30	6,5	3,91	230	50,1	14,48	247	53,8	14,79	46,6
7	28	6,1	4,87	296	64,5	15,47	350	76,3	16,54	52,1
8	22	4,8	5,62	255	55,6	16,14	287	62,5	16,72	52,7
9	21	4,6	3,66	280	61,0	15,21	342	74,5	16,25	51,2
10	20	4,4	3,08	263	57,3	14,30	309	67,3	15,13	47,7
11	13	2,8	2,85	264	57,5	15,29	297	64,7	15,88	50,0
12	17	3,7	3,37	281	61,2	15,83	321	69,9	16,58	52,2
13	18	3,9	3,42	276	60,1	15,22	299	65,1	15,64	49,3
14	15	3,3	3,47	293	63,8	16,40	318	69,3	16,89	53,2
15	18	3,9	3,48	307	66,9	16,49	358	78,0	17,48	55,1
16	11	2,4	2,81	293	63,8	16,28	303	66,0	16,47	51,9
17	9	2,0	2,00	211	46,0	15,13	232	50,5	15,47	48,7
18	20	4,4	4,14	327	71,2	15,32	355	77,3	15,88	50,0
Total	353	76,9	66,64	5301	1154,9	279,40	5952	1296,7	290,70	915,8
Media	19,6	4,3	3,70	294,5	64,2	15,52	330,7	72,0	16,15	50,9

N\_Par = Número de parcela

N/ha = Número de árboles por hectárea con DAP  $\geq$  10 cm

AB/ha = Área basal por hectárea en metros cuadrados

% = Porcentaje con respecto a árboles más palmas en bosque primario no intervenido

Datos de bosque primario no intervenido = 459 árboles y 31,74 m<sup>2</sup> por ha

La mayor cantidad de árboles por ha que quedan en el bosque tratado no son comerciales (146,2/ha), seguidas por *P. macroloba* y luego por *C. guianensis*. En general, los árboles comerciales representan el 36% del total por ha (Cuadro 23).

En cuanto a área basal se observa que un 68,2% de área basal por ha corresponde a especies comerciales, encontrándose con mayor dominancia *P. macroloba* (7,3 m<sup>2</sup>/ha), seguida por las especies potencialmente comerciales y por último se encuentra *C. guianensis*. Entre todas las clases comerciales *P. macroloba* posee mayor área basal seguida por no comerciales (3,6 m<sup>2</sup>/ha) (Cuadro 24 y Fig. 10).

Después del tratamiento silvicultural, el porcentaje de árboles comerciales remanentes por ha subió levemente (1,4%), mientras que su área basal pasó de 56,6% a 68,2%.

El área basal remanente (50,9%) por ha del bosque tratado (Cuadro 25) se enmarca dentro del supuesto de Dawkins (1958), quien basa el manejo adecuado de un bosque sobre la dinámica del área basal, indicando que para una óptima productividad debe oscilar entre 40-60% con respecto al área basal del bosque primario no intervenido.

Cuadro 23. Distribución del número de árboles remanentes post-tratamiento por clase diamétrica y por grupo comercial por hectárea.

G_COM	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	26,3	3,3	2,3	1,9	1,2	1,2	0,1	36,3	11,0
2	16,7	9,6	10,1	10,4	7,7	4,9	1,8	61,2	18,5
3	12,2	1,6	1,4	1,8	1,7	1,8	0,6	21,1	6,4
4	21,5	4,6	2,4	1,1	0,1	0,2	0,1	30,0	9,1
5	124,3	12,9	4,7	2,1	1,1	0,4	0,7	146,2	44,2
6	32,9	3,3	-	-	-	-	-	36,2	10,9
Total	233,9	35,3	20,9	17,3	11,8	8,5	3,3	331,0	
%	70,7	10,7	6,3	5,2	3,6	2,6	1,0		100,0

G\_COM = Grupo comercial, 1 = *Carapa guianensis*, 2 = *Pentaclethra macroloba*, 3 = varias especies comerciales, 4 = potencial comercial, 5 = no comercial, 6 = palmas.

Cuadro 24. Distribución del área basal de árboles remanentes post-tratamiento por clase diamétrica y por grupo comercial por hectárea.

G_COM	Clase diamétrica							Total	%
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	> 70		
1	0,30	0,15	0,21	0,31	0,26	0,35	0,02	1,60	9,9
2	0,25	0,47	0,96	1,60	1,70	1,55	0,78	7,32	45,3
3	0,16	0,08	0,13	0,27	0,39	0,58	0,49	2,10	13,0
4	0,27	0,21	0,22	0,15	0,03	0,05	0,03	0,95	5,9
5	1,44	0,59	0,42	0,31	0,26	0,12	0,43	3,57	22,1
6	0,51	0,12	-	-	-	-	-	0,63	3,9
Total	2,92	1,62	1,94	2,64	2,64	2,64	1,76	16,15	
%	18,1	10,0	12,0	16,3	16,3	16,4	10,9		100,0

G\_COM = Grupo comercial, 1 = *Carapa guianensis*, 2 = *Pentaclethra macroloba*, 3 = varias especies comerciales, 4 = potencial comercial, 5 = no comercial, 6 = palmas.

Cuadro 25. Resumen general de cantidades absolutas y relativas de los árboles y su área basal en bosque primario no intervenido, intervenido y tratado silviculturalmente.

	Bosque no Interv.		Aprov. y daños		Tratam. Silv.		Bosque Remanente	
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
N/ha	458	100	108	24	20	4	331	72
AB/ha	32	100	12	38	4	12	16	51

N/ha = Número de árboles por hectárea

AB/ha = Area basal por hectárea (m<sup>2</sup>)

Cant = Cantidad

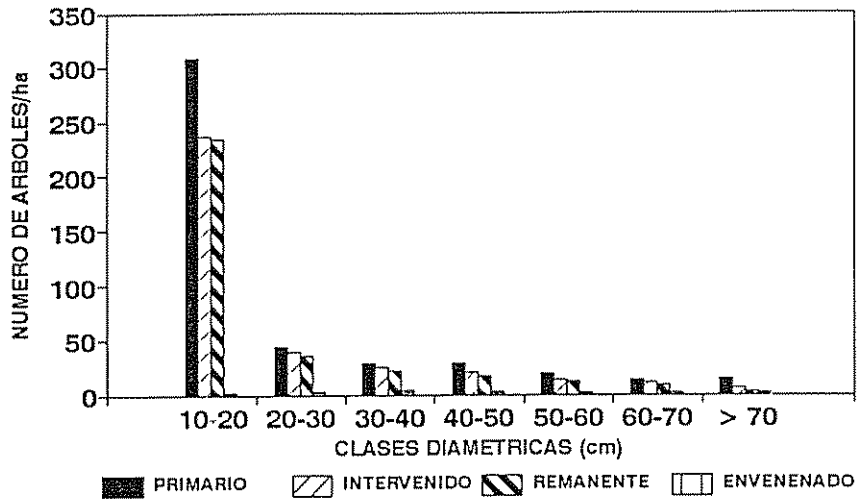


Fig. 9. Distribución por clase diamétrica del número de árboles más palmas en bosque primario, aprovechado y tratado silviculturalmente. Finca 'Guido Madrigal', Colorado, Pococí, Costa Rica.

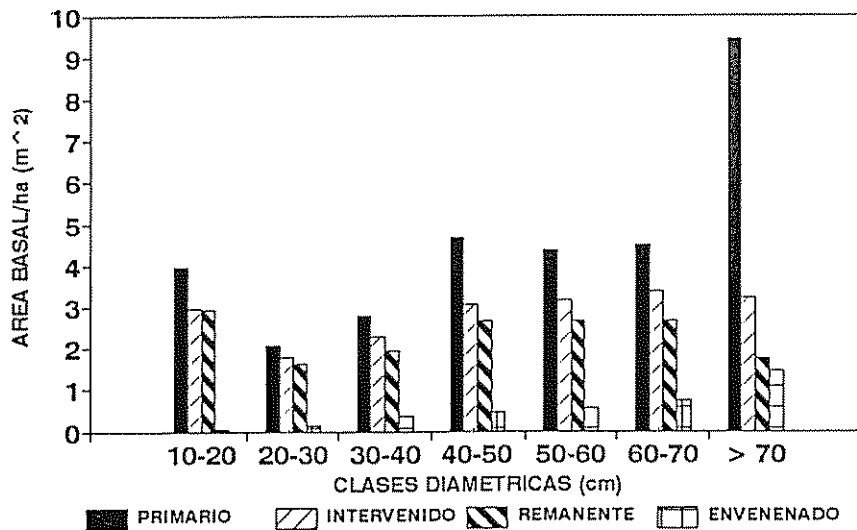


Fig. 10. Distribución por clase diamétrica del área basal de árboles más palmas en bosque primario, aprovechado y tratado silviculturalmente. Finca 'Guido Madrigal', Colorado, Pococí, Costa Rica.

#### 4.2.4. Comparación de tratamientos con herbicidas mediante análisis estadístico

##### 4.2.4.1. Pruebas de normalidad

Por medio del procedimiento Proc Univariate del programa SAS se determinó que los índices ponderados obtenidos en observaciones del quinto mes sobre condiciones de árboles envenenados siguen un patrón normal ( $\text{Prob} < W = 0,2$ ) con  $C.V = 19,1\%$ . El Cuadro 28 presenta los índices ponderados observados mensualmente en cada parcela.

Con el mismo procedimiento citado anteriormente, también se determinó que las cantidades de árboles envenenados por hectárea se ajustan a una distribución normal ( $\text{Prob} < W = 0,3$ ). También se determinó que el área basal envenenada por parcela se ajusta a una distribución normal ( $\text{Prob} < W = 0,4$ ).

Basado en las pruebas de normalidad, se utilizaron métodos de estadística paramétrica para realizar las diferentes comparaciones entre los tratamientos.

##### 4.2.4.2. Resultados estadísticos basados en cinco meses de observaciones realizadas sobre árboles envenenados (ver ANDEVA en cuadro 26)

Mediante análisis de covarianza se determinó que la covariable diámetro de árboles envenenados es altamente significativa (alta participación en la explicación de la variación total), concluyendo que el tamaño del diámetro es inversamente proporcional a la eficiencia de los herbicidas, por lo que el ajuste de los índices es satisfactorio en el sentido de obtener resultados más reales.

Se estimó que existen diferencias altamente significativas entre las eficiencias de los dos herbicidas, siendo el herbicida Roundup el más eficiente, puesto que el valor ponderado de los índices observados en árboles tratados con éste herbicida (2,6) es mayor que el de Garlón 4 (1,5).

No se encontraron diferencias significativas entre las eficiencias de las diferentes dosis dentro de cada herbicida, o sea que el grado de mortalidad que sufren los árboles es similar aplicando cualquiera de las tres dosis dentro de cada herbicida.

No se encontraron diferencias entre los efectos de cada herbicida a través del tiempo, o sea que cada uno produce efectos de mortalidad gradual según su toxicidad para matar árboles conforme pasa el tiempo; las mismas tendencias tienen las diferentes dosis dentro de cada herbicida.

Se determinó que existen diferencias altamente significativas entre las observaciones mensuales (cinco observaciones) realizadas sobre las condiciones de los árboles envenenados (condiciones medidas en términos de grado de mortalidad de los árboles tratados). Siendo las observaciones del quinto mes las que reportan mayor cantidad de árboles afectadas por los herbicidas: 67% con índices entre 2-6 y con un índice promedio de 2,4.

Al comparar en el tiempo las medias ajustadas de índices mediante análisis de LS Means, se concluye que todas las mediciones mensuales son diferentes entre sí, a excepción de las mediciones tres y cuatro a una probabilidad del 95% (Cuadro 27).

Cuadro 26. Tabla de análisis de varianza, comparación de eficiencias de herbicidas y de sus respectivas dosis mediante parcelas divididas en el tiempo.

Fuente	GL	SC	CM	F	Prob	Signif
Herbicida	1	27,03	27,03	53,83	0,0001	**
Dosis(herbicida)	4	4,33	1,08	2,15	0,1417	NS
DAP	1	0,95	0,95	29,14	0,0001	**
Error a						
Rep(herb*dosis)	11	5,52	0,50			
Medición Mensual	4	6,82	1,70	52,04	0,0001	**
Herb*Medición	4	0,23	0,06	1,72	0,1600	NS
Dosis*Med(herb)	16	0,57	0,04	1,09	0,3940	NS
Error b	48	1,57	0,03			
Total	89	47,02				



Cuadro 27. Comparación de cinco mediciones mensuales mediante prueba múltiple LS Means.

Mes	1	2	3	4
1				
2	**			
3	**	**		
4	**	**	NS	
5	**	**	**	*

\*\* altamente significativo al 99% de probabilidad

\* significativo al 95% de probabilidad

NS = no significativo

#### 4.2.4.3. Pruebas de modelos

Mediante procedimiento Proc Reg del sistema SAS, se modelaron las tres dosis (variable independiente=X) contra índices ponderados (variable dependiente=Y) de cada mes observado (cinco meses observados) para cada herbicida (Garlón 4 y Roundup), determinándose que ningún caso tiene tendencia lineal ni cuadrática. Los mismos resultados se obtuvieron al modelar las dosis de cada herbicida contra los índices ponderados de las cinco mediciones mensuales (promedio de los cinco meses). Esto se debe a que las diferencias entre las dosis aplicadas no son significativas. Dado que la eficiencia de Garlón 4 es menor que Roundup podrían utilizarse dosis más altas pero el costo se elevaría, mientras que las dosis de Roundup aplicadas se consideran adecuadas y probablemente dosis más bajas podrían ser eficientes.

Los resultados descritos anteriormente fueron corroborados mediante modelación de los cinco meses de medición (variable independiente=X) contra los índices ponderados (variable dependiente=Y) de cada tratamiento, obteniéndose los siguientes resultados:

Los tratamientos 1, 2 y 3 correspondientes a Garlón 4 presentan tendencia lineal al 95% de probabilidad.

Los tratamientos 4 y 5 correspondientes a Roundup tienen tendencia lineal al 95% de probabilidad. El tratamiento 6 de Roundup no tiene tendencia lineal ni cuadrática.

También se realizaron pruebas de modelos, con el propósito de determinar la tendencia del número de árboles (variable dependiente=Y) con índices de 4, 5 y 6 a través del tiempo (cinco meses de medición=variable independiente X), determinándose que del número de árboles tratados con Garlón 4, únicamente los de índices 4 tienen tendencia lineal al 95% de Prob; mientras que los tratados con Roundup, los de índices 4 tienen tendencia cuadrática y los de índices 6 tienen tendencia lineal, ambos al 99% de Prob. El resto no presentó tendencia lineal ni cuadrática.

Cuadro 28. Índices ponderados de observaciones mensuales por parcela agrupados por tratamiento.

N_Trat	N_Par	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	Promedio
1	8	1,1	1,2	1,4	1,3	1,4	
	9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,3	
	4	1,1	1,1	1,2	1,2	1,7	
Promedio		1,1	1,2	1,3	1,3	1,5	1,3
2	12	1,1	1,2	1,4	1,4	1,4	
	16	1,1	1,5	1,7	1,9	2,4	
	5	1,1	1,6	2,2	2,3	2,4	
Promedio		1,1	1,4	1,8	1,9	2,1	1,6
3	14	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	
	6	1,3	1,6	2,3	2,4	2,5	
	11	1,5	1,8	2,1	2,1	2,5	
Promedio		1,2	1,5	1,9	1,9	2,1	1,7
4	10	2,0	2,2	2,4	2,4	2,7	
	7	2,0	2,6	2,9	2,9	3,0	
	1	1,6	1,9	2,2	2,1	2,2	
Promedio		1,8	2,2	2,5	2,5	2,6	2,3
5	17	2,8	3,1	3,2	3,2	3,2	
	2	2,3	2,9	3,0	3,1	3,5	
	13	2,1	2,6	2,9	2,8	2,8	
Promedio		2,4	2,8	3,0	3,1	3,2	2,9
6	18	2,4	2,8	3,1	3,2	3,2	
	3	1,5	2,6	2,1	2,4	2,4	
	15	2,2	2,8	3,2	3,2	3,1	
Promedio		2,0	2,8	2,8	2,9	2,9	2,7

N\_Trat = Número de tratamiento

N\_Par = Número de parcela

Todos los tratamientos presentan tendencia cuadrática con probabilidades menores que las tendencias lineales. Esto se debe a la variación de índices que se registran sobre ciertos árboles, que inicialmente muestran amarillamiento, se defolian y en algunos casos botan totalmente las hojas, en éste estado, al árbol le corresponde un índice de dos o tres; pero después de cierto tiempo el árbol brota follaje, por lo que el mismo vuelve a su estado normal, correspondiéndole de nuevo un índice uno. Dicho fenómeno se presenta principalmente en las siguientes especies: *Pentaclethra maculosa*, *Sapium oligoneurum*, *Pterocarpus sp*, *Lonchocarpus velutinus* y *Dussia cuscatlanica*.

El Cuadro 29 presenta el efecto evolutivo a través del tiempo de cada dosis de los herbicidas sobre los árboles envenenados. El número de árboles con índice 1 decrece hacia el quinto mes de observación y lo mismo sucede hacia el tratamiento 6. El número de árboles con índice 2 aumenta hacia el quinto mes de observación y de igual forma aumenta hacia el tratamiento 6. El patrón que siguen los árboles con índices 3-6 es el mismo que siguen los árboles con índice 2, aunque se observa mucha similitud dentro de los tratamientos 5 y 6. Es de hacer notar que los tratamientos 1, 2, y 3 corresponden al herbicida Garlón 4, mientras que los restantes corresponden al Herbicida Roundup.

Cuadro 29. Distribución del número de árboles envenenados y sus condiciones a través del tiempo y por tratamiento.

Nº mes observado	T r a t a m i e n t o						Indice
	1	2	3	4	5	6	
1	18,3	20,0	15,0	12,0	4,0	5,3	1
2	17,0	13,7	12,0	8,3	3,0	4,0	1
3	15,3	10,0	9,7	5,0	2,7	2,3	1
4	15,0	8,7	9,0	6,7	2,3	2,3	1
5	13,7	7,7	6,7	6,3	1,7	2,3	1
1	1,3	0,7	4,0	7,3	4,7	7,7	2
2	2,3	5,7	5,0	8,7	4,3	7,0	2
3	3,7	6,7	5,3	10,7	4,0	6,7	2
4	3,3	7,7	5,3	9,3	4,7	6,3	2
5	5,0	8,0	7,3	9,0	4,7	6,3	2
1	-	-	0,3	5,3	3,0	4,3	3
2	0,3	0,3	1,3	4,3	1,0	3,0	3
3	0,3	1,0	1,0	4,0	0,0	3,0	3
4	0,7	1,3	1,0	3,0	0,3	2,7	3
5	0,3	1,3	1,0	2,7	1,0	3,3	3
1	-	-	-	0,7	1,7	1,0	4
2	-	0,7	1,0	3,0	4,3	3,7	4
3	0,3	2,3	2,7	4,7	5,7	5,3	4
4	0,7	2,3	3,3	4,7	5,0	5,7	4
5	-	2,7	3,7	4,7	4,7	4,7	4
1	-	-	-	0,3	0,7	-	5
2	-	0,3	-	1,3	1,0	0,3	5
3	-	0,7	0,3	0,7	1,3	0,3	5
4	-	0,7	-	1,3	0,3	0,3	5
5	0,3	0,3	-	1,7	0,7	0,3	5
1	-	-	-	-	-	-	6
2	-	-	-	-	0,3	0,3	6
3	-	-	0,3	0,7	0,3	0,7	6
4	-	-	0,3	0,7	1,3	1,0	6
5	0,3	0,7	0,7	1,3	1,3	1,3	6

Indices: 1 = árbol normal, 2 = árbol con daño mínimo, 3 = árbol con daño mediano, 4 = árbol con daño grave, 5 = árbol con daño muy grave y 6 = árbol muerto.

## 4.2.5. Costos de tratamiento de mejora y liberación dirigida

### 4.2.5.1. Generalidades

Los costos procesados son los correspondientes únicamente a la aplicación del tratamiento, cuyas actividades se dividen en dos grupos: a) Marqueo e b) Inyección de árboles. A su vez cada grupo fue subdividido en costos directos e indirectos. Durante el marqueo de árboles el mismo baquiano identificó las especies y asumió las funciones de un obrero en las 18 parcelas. Se utilizaron 6,6 jornales de ocho horas por jornal para actividades de marqueo. Mientras que para actividades de inyección y limpieza del fuste basal de árboles se necesitaron 13,6 jornales por obrero y como se ocuparon dos obreros para dichas actividades, el total de jornales asciende a 27,2. Los jornales totales comprenden el tratamiento de 18 ha de bosque, deduciendo que es necesario disponer de dos jornales para tratar una hectárea. La distribución del tiempo por día en diferentes actividades se observa en el formulario N° 7 (Anexo 7).

Un día de trabajo comprende actividades propias de campo, tiempo para ingerir alimentos y caminata (se gastaron 0,3 jornal por ida y regreso al sitio de estudio). A cada obrero se le pagó la suma de 2.000,0 colones por jornal de ocho horas de trabajo, en algunos casos se pagaron extras (doble salario) cuando se trabajó día domingo y algunas horas extras. Los cálculos de costos se basaron en 2.000,0 colones por jornal de ocho horas y 1.000,0 colones por día de trabajo para cocinado de alimentos, no se tomaron en cuenta costos extras ni tiempo perdido por lluvia. Para costos de insumos se utilizaron precios de mercado del mes de marzo de 1995 (1 l Roundup=1.547,0, 1 l Garlón 4=3.170,0, 1 l Diesel=47,3, 1 l pintura spray=634,2 todo en colones).

El número de árboles envenenados y los tamaños de sus diámetros, la presencia y tamaño de gambas, el grado de limpieza basal de los árboles y grado de accesibilidad, fueron factores relevantes que influyeron directamente en el tiempo utilizado por parcela y cantidad de solución consumida.

#### 4.2.5.2. Descripción por tratamiento

El **tratamiento uno** tiene un costo promedio de 7.083,4 colones, que se considera relativamente alto, dado que el área basal envenenada es la segunda más alta después del tratamiento 4. Comparando su costo con los tres tratamientos de Garlón 4, éste ocupa el segundo lugar después del tratamiento tres (Cuadro 30).

Para el **tratamiento dos** se gastaron en promedio 8.485,8 colones, ocupando el segundo lugar como costo más alto después del tratamiento cuatro y es el tratamiento con mayor costo entre los tratamientos de Garlón 4 (Cuadro 30). El alto costo de éste tratamiento está afectado por la parcela 5, en la cual se envenenaron 34 árboles con un área basal de 4,8 m<sup>2</sup>, utilizándose para esta actividad 3,6 jornales (incluye tiempo gastado en caminata). El costo alto tiene relación con el mayor tiempo gastado en el tratamiento de la parcela ya que la mayoría de los 34 árboles envenenados presentan gambas, mayor cantidad de lianas y además se localizada en un sitio pantanoso, siendo el acceso más difícil (Cuadro 31).

El **tratamiento tres** tiene un costo promedio de 6.581,4 colones. Comparado con los cinco tratamientos restantes, su costo es el más bajo después del tratamiento cinco y es el de menor costo entre los tratamientos de Garlón 4 (Cuadro 30).

El **tratamiento cuatro** tiene el costo promedio más alto entre todos los tratamientos y asciende a 8.766,5 colones. Esto tiene relación con el número alto de árboles y el área basal más alta envenenados por tratamiento (25,7 árboles con área basal de 4,7 m<sup>2</sup>/ha) (Cuadro 30). Por otro lado, el alto costo de éste tratamiento es influido por la parcela 7, donde se envenenaron 28 árboles con área basal de 4,9 m<sup>2</sup>/ha; inyectándose 3,9 l de solución, que es una de las cantidades más altas al igual que la aplicada en la parcela ocho. Esto se debe al envenenamiento de árboles con gambas muy grandes (dos o tres árboles con las gambas más grandes consumían hasta un litro de solución). El costo de tratamiento de ésta parcela es alto debido a un mayor tiempo consumido para inyección de árboles, ya que

la misma fue tratada tomando fracciones de tiempos de dos días diferentes (sábado y domingo). El factor tiempo que más afecta los costos, es el correspondiente al día domingo (Cuadro 31).

Al **tratamiento cinco** correspondió un costo de 6.169,8 colones por ha, siendo éste el costo más bajo registrado a comparación con los otros tratamientos y también el más bajo entre los tratamientos con Roundup. El costo bajo está relacionado con el número de árboles y área basal más bajos que se envenenaron por tratamiento (Cuadro 30). La razón por la cual se envenenaron pocos árboles y área basal por ha, es que las parcelas (2, 13 y 17) donde se aplicó dicho tratamiento tenían mayor claridad que las otras, tratándose en la parcela 17 el menor número de árboles (9 árboles con área basal de 2,0 m<sup>2</sup>/ha) (Cuadro 31).

Para el **tratamiento seis** se gastaron 6.169,8 colones, el cual ocupa una posición intermedia dentro de todos los tratamientos pero es el segundo más alto dentro de los tratamientos con Roundup (Cuadro 30). Su costo relativamente alto es afectado por la parcela tres, donde se envenenaron 17 árboles con un área basal de 3,6 m<sup>2</sup>/ha, aplicándose 1,9 l de solución en un tiempo de 1,3 jornales. El tiempo utilizado es relativamente alto porque se trataron árboles con gambas grandes y se destinó buen tiempo para limpiar la zona basal de los mismos debido a presencia de lianas y restos de ramas caídas (Cuadro 31).

Comparando los costos entre parcelas se observa que las diferencias no son muy significativas, a excepción de las parcelas tres, cinco y siete que resultaron con costos más altos (8.331,1, 15.702,9 y 11.487,3 colones respectivamente) (Cuadro 31); las razones que dieron lugar a dichos costos se explican en el acápite 4.7.2, de acuerdo al tratamiento a que pertenecen.

Los datos promedios indican que los costos de envenenar 20 árboles (C.V. =35,7%) con área basal de 3,7 m<sup>2</sup>/ha (C.V. =31,4%) ya sea aplicando Garlón 4 ó Roundup son muy similares (7.383,5 y 7.491,1 colones respectivamente). Se requieren 2,6 l de Garlón 4 más Diesel (C.V. =35,2%) y 2,4 l de solución de Roundup más agua (C.V. =33,9%), e

invirtiendo 0,4 jornales/ha (C.V.=38,2%) para operación de marcaeo y 1,5 jornales/ha (C.V.=43,8%) para operación de inyección de árboles. Concluyendo que se gastaron 2 jornales/ha para el tratamiento experimental del bosque. El menor costo corresponde al tratamiento 5 que es de 6.169,8 colones por ha y el costo más alto por ha corresponde al tratamiento 4 que es de 8.766,5 colones (Cuadro 30). Las cantidades de jornales utilizadas para marcaeo y envenenamiento tienen correlación con el número de árboles tratados por ha (ver acápite 4.2.5.3).

Cuadro 30. Resumen de variables y sus costos en colones agrupadas por tratamiento.

Trat	Herb	Dosis %	Lt_sol	N/ha	AB/ha	J/M	J/E	C_Dir	C_Ind	C_Total
1	G4	0,5	2,77	19,7	4,29	0,38	1,47	4.129,2	2.954,2	7.083,4
2	G4	1,5	2,65	20,7	3,66	0,38	1,86	4.956,6	3.529,2	8.485,8
3	G4	2,5	2,33	19,3	3,41	0,34	1,35	3.895,6	2.685,8	6.581,4
4	R	15,0	2,69	25,7	4,72	0,49	1,67	5.258,2	3.508,3	8.766,5
5	R	20,0	2,07	14,0	2,40	0,27	1,24	3.799,9	2.369,9	6.169,8
6	R	25,0	2,37	18,3	3,72	0,35	1,44	4.697,8	2.839,2	7.537,1

Trat = Tratamiento, Herb = herbicida, Lt\_sol = Litros de solución, N/ha = Nº árboles envenenados/ha con DAP  $\geq$  10 cm, AB/ha = Area basal envenenada/ha (m<sup>2</sup>), J/M = Jornales de marcaeo, J/E = Jornales de envenenamiento, C\_Dir = Costo directo, C\_Ind = Costo indirecto, C\_Total = Costo total, G4 = Garlón 4, R = Roundup.

En el anexo 10 se distinguen con un asterisco las especies envenenadas en las 18 PPM.



Cuadro 31. Resumen de variables y sus costos en colones por parcela de una ha y agrupadas por tratamiento.

N_Trat	N_Par	Herbic	Dosis	%	L_Soluc	N/ha	AB/ha	J/Marg	J/Env	C_Dir	C_Ind	Costo_Tot
Trat 1	P8T1R1	Garlon 4	0.5		3,88	22,0	5,62	0,45	1,84	5.195,3	3.651,2	8.846,6
	P9T1R2	Garlon 4	0.5		3,38	21,0	3,66	0,38	1,31	3.852,2	2.706,5	6.558,8
	P4T1R3	Garlon 4	0.5		1,05	16,0	3,60	0,31	1,27	3.340,1	2.504,8	5.844,9
Promedio					2,77	19,7	4,29	0,38	1,47	4.129,2	2.954,2	7.083,4
Trat 2	P12T2R1	Garlon 4	1.5		1,91	17,0	3,36	0,31	1,08	3.166,1	2.221,5	5.387,6
	P16T2R2	Garlon 4	1.5		3,16	11,0	2,81	0,22	0,88	2.626,6	1.740,3	4.366,9
Promedio	P5T2R3	Garlon 4	1.5		2,88	34,0	4,81	0,62	3,63	9.077,1	6.625,8	15.702,9
					2,65	20,7	3,66	0,38	1,86	4.956,6	3.528,2	8.485,8
Trat 3	P14T3R1	Garlon 4	2.5		1,74	15,0	3,47	0,25	1,10	3.104,8	2.130,0	5.234,8
	P6T3R2	Garlon 4	2.5		3,05	30,0	3,91	0,56	1,92	5.651,8	3.972,1	9.624,0
Promedio	P11T3R3	Garlon 4	2.5		2,20	13,0	2,85	0,21	1,04	2.930,1	1.955,3	4.885,4
					2,33	19,3	3,41	0,34	1,35	3.895,6	2.685,8	6.581,4
Trat 4	P10T4R1	Roundup	15		2,68	20,0	3,08	0,32	1,21	3.934,5	2.441,7	6.376,3
	P7T4R2	Roundup	15		3,88	28,0	4,87	0,54	2,29	7.005,0	4.482,3	11.487,3
Promedio	P1T4R3	Roundup	15		1,52	29,0	6,22	0,62	1,51	4.835,2	3.600,8	8.436,0
					2,69	25,7	4,72	0,49	1,67	5.258,2	3.508,3	8.766,5
Trat 5	P17T5R1	Roundup	20		2,36	9,0	2,00	0,19	1,14	3.505,6	2.068,6	5.574,2
	P2T5R2	Roundup	20		1,16	15,0	1,79	0,28	1,42	3.878,2	2.667,6	6.545,8
Promedio	P13T5R3	Roundup	20		2,69	18,0	3,42	0,33	1,14	4.015,8	2.373,4	6.389,2
					2,07	14,0	2,40	0,27	1,24	3.799,9	2.369,9	6.169,8
Trat 6	P18T6R1	Roundup	25		2,95	20,0	4,14	0,38	1,39	4.933,3	2.828,8	7.762,1
	P3T6R2	Roundup	25		1,94	17,0	3,56	0,33	1,76	5.064,1	3.267,0	8.331,1
Promedio	P15T6R3	Roundup	25		2,22	18,0	3,48	0,35	1,16	4.096,1	2.421,9	6.518,0
					2,37	18,3	3,72	0,35	1,44	4.697,8	2.839,2	7.537,1

N\_Trat = Número de tratamiento  
 N\_Par = Número de parcela  
 Trat = Tratamiento  
 L\_Soluc = Litros de solución  
 N/ha = Número de árboles envenenados/ha con DAP ≥ 10 cm  
 AB/ha = Área basal envenenada por hectárea  
 J/Marg = Jornales por marqueo  
 J/Env = Jornales por envenenamiento  
 C\_Dir = Costos directos  
 C\_Ind = Costos indirectos  
 Costo\_Tot = Costo total

Las Figuras 11 y 12 presentan en porcentaje los costos correspondientes a las diferentes actividades e insumos que fueron necesarios para tratar un promedio de 20 árboles con área basal de 3,7 m<sup>2</sup>/ha. La Fig. 11 corresponde al tratamiento con herbicida Garlón 4, donde se observa que únicamente 2% del costo total corresponde al herbicida y la Fig. 12 corresponde al tratamiento con Roundup, determinándose que el 10% del costo total corresponde al herbicida. En ambos casos los costos de mano de obra (marqueo y envenenamiento o inyección de árboles, incluyendo transporte) son altos al igual que los costos indirectos (alimentación y cocinado).

#### 4.2.5.3. Modelación de costos

Dentro de varias pruebas realizadas para construir una función para predecir costos, tratando un número de árboles que oscilan entre 9-34/ha, se plantea a continuación la que se considera más ajustada (Ecuación 4.1). En los modelos no se incluyeron los interceptos puesto que no fueron significativos en todos los casos, por lo que solo se citan los coeficientes con probabilidades del 99%, a excepción del coeficiente C del modelo 4.2 que tiene una probabilidad del 93%. Para la modelación de datos se eliminaron los cálculos de interceptos, mejorando de ésta forma los valores de los coeficientes de correlación. Para los modelos que forman la ecuación general, se cumplen todos los supuestos según análisis de residuos, a excepción de las varianzas de residuos que no son tan homogéneas para el modelo 4.5; no obstante, se considera adecuado para predecir dicho insumo.

#### Ecuación general:

$$\text{Costo/ha} = \text{Jornales de marqueo} + \text{Jornales de envenenamiento} + \text{litros de solución} + \text{litros de pintura} + \text{Costo indirecto.} \quad (4.1)$$

#### Modelos:

$$\text{Jornales de marqueo} = b(N^{\circ} \text{ árboles/ha}) + c(\text{Área basal/ha})$$

$$\text{Jornales de marqueo} = 0,0160(N/\text{ha}) + 0,0156(AB/\text{ha})$$

$$R^2 = 99,6\%$$

Error standard de  $b = 0,0015$

Error standard de  $c = 0,0080$  (4.2)

Jornales de envenenamiento =  $b(N/ha)$

Jornales de envenenamiento =  $0,0765(N/ha)$

$R^2 = 94,5\%$

Error standard de  $b = 0,0045$  (4.3)

Litros de solución =  $b (N/ha)$

Litros de solución =  $0,1177 (N/ha)$

$R^2 = 87,3\%$

Error standard de  $b = 0,0109$  (4.4)

Litros de pintura =  $b(N/ha)$

Litros de pintura =  $0,0180(N/ha)$

$R^2 = 94,2\%$

Error standard de  $b = 0,0011$  (4.5)

El costo de tratamiento de un promedio de 20 árboles con área basal de  $3,7 \text{ m}^2/ha$  sería el siguiente:

aplicando Garlón 4 al 2,5% de concentración en solución diesel (además hay que incluir el costo del Diesel aplicado):

$$\text{Costo} = 0,4(2.000,0) + 1,5(2.000,0) + (2,35)(0,025)(3.170,0) + (2,35)(0,975)(47,3) + 0,36(634,2) + 3056,4$$

Costo = 7.379,3 colones/ha equivalentes a US\$ 41,0/ha;

aplicando Roundup al 15% de concentración en solución acuosa:

$$\text{Costo} = 0,4(2.000,0) + 1,5(2.000,0) + (2,35)(0,15)(1.547,0) + 0,36(634,2) + 2.905,8$$

Costo = 7.479,4 colones/ha equivalentes a US\$ 41,5/ha.

La tasa de cambio utilizado es del 12/7/95.

Comparando los dos costos obtenidos mediante la ecuación 4.1, se observa que es ligeramente superior el costo por hectárea al utilizar Roundup, debido a que la cantidad de herbicida aplicada es mucho mayor.

El costo indirecto comprende gastos realizados en la obtención de víveres para alimentación de trabajadores de campo y gastos pagados para su cocinado. El cálculo del mismo puede realizarse una vez se tiene la cantidad de jornales que se requieren para tratar una determinada área de bosque.

Estadísticamente se determinó que el herbicida más eficiente es Roundup y de las tres dosis aplicadas, la menor dosis que es de 15% en solución acuosa es de eficiencia aceptable y la más barata de acuerdo a promedios generales. Al comparar ésta dosis con los cinco tratamientos restantes del experimento, también conserva su costo más bajo y eficiencia aceptable por ha. Según observaciones del quinto mes, un 75% de los árboles están dañados (índices de 2-6) con dicha dosis. El costo promedio por árbol dañado es de 449,0 colones y por árbol envenenado (26 árboles/ha) es de 340,0 colones (Cuadro 32); por lo que el envenenamiento de un promedio de 20 árboles con área basal de 3,7 m<sup>2</sup>/ha con Roundup al 15% de concentración en solución acuosa, conllevaría un costo aproximado de 6.800,0 colones (US\$ 38,0 tasa de cambio el 12/7/95).

La Fig. 13 presenta los costos en porcentaje que corresponde a cada actividad e insumo utilizado para tratar una hectárea de bosque con Roundup al 15% de concentración en solución acuosa. El Costo del herbicida es un 7,2% del costo total.

Cuadro 32. Costo en colones por árbol envenenado y por árbol dañado al quinto mes de observación.

Trat	N_Par	Herb	Dosis %	C_Tot	N/ha	C/Arb	N/2-6	C/2-6	Daño %
1	8	G4	0,5	8.847	22	402	4	2.212	18
	9	G4	0,5	6.559	21	312	7	937	33
	4	G4	0,5	5.845	16	365	7	835	44
Promedio				7.083	20	360	6	1.328	32
2	12	G4	1,5	5.388	17	317	5	1.078	29
	16	G4	1,5	4.367	11	397	9	485	82
	5	G4	1,5	15.703	34	462	25	628	74
Promedio				3.252	21	238	13	521	62
3	14	G4	2,5	5.235	15	349	6	872	40
	6	G4	2,5	9.624	30	321	21	458	70
	11	G4	2,5	4.885	13	376	11	444	85
Promedio				6.581	19	349	13	592	65
4	10	R	15	6.376	20	319	15	425	75
	7	R	15	11.487	28	410	24	479	86
	1	R	15	8.436	29	291	19	444	66
Promedio				4.937	26	203	19	290	75
5	17	R	20	5.574	9	619	8	697	89
	2	R	20	6.546	15	436	13	504	87
	13	R	20	6.389	18	355	16	399	89
Promedio				6.170	14	470	12	533	88
6	18	R	25	7.762	20	388	18	431	90
	3	R	25	8.331	17	490	13	641	76
	15	R	25	6.518	18	362	17	383	94
Promedio				7.537	18	413	16	485	87

Trat = Tratamiento, N\_Par = Número de parcela, Herb = Herbicida, C\_Tot = Costo total, N/ha = Número de árboles/ha, C/Arb = Costo por árbol envenenado, N/2-6 = Número de árboles dañados con índices de 2-6, C/2-6 = Costo por árbol dañado con índices de 2-6, Daño % = Porcentaje de árboles dañados con índices de 2-6, G4 = Garlón 4, R = Roundup.

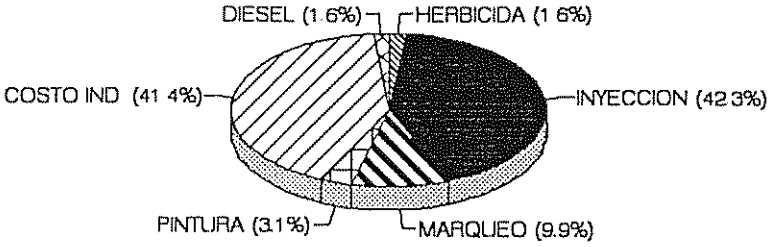


Fig. 11. Distribución porcentual de los costos del tratamiento silvicultural por hectárea con herbicida Garlón 4. Finca 'Guido Madrigal', Colorado, Pococí, Costa Rica.

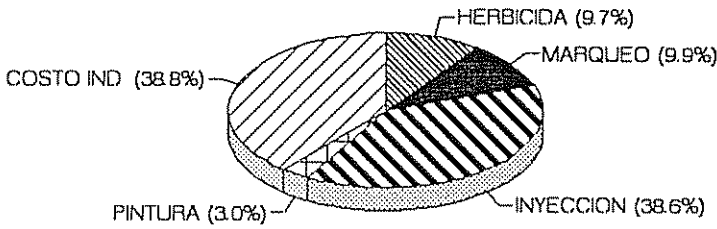


Fig. 12. Distribución porcentual de los costos del tratamiento silvicultural por hectárea con herbicida Roundup. Finca 'Guido Madrigal', Colorado, Pococí, Costa Rica.

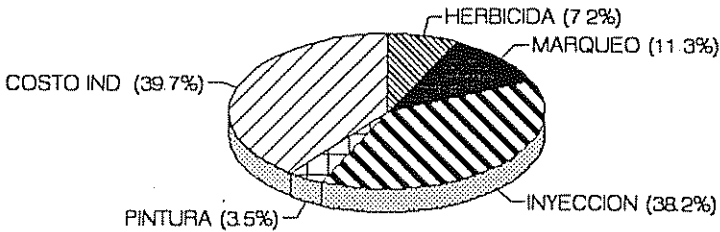


Fig. 13. Distribución porcentual de los costos del tratamiento silvicultural por hectárea con Herbicida Roundup al 15% en solución acuosa. Finca 'Guido Madrigal', Colorado, Pococí, Costa Rica.

En la actualidad existen pocos datos y en forma parcial sobre costos de un tratamiento silvicultural de liberación para realizar comparaciones. Lamprecht (1990) parece referirse a un refinamiento al indicar que para envenenar 100-200 árboles del dosel superior se requieren 2,5 días/hombre, 50 l de Diesel y un l de fitohormona. Mientras que Stanley (1994a) reporta que invirtió 0,8 día/hombre y un l de arboricida mezclada por ha en un bosque húmedo sub-tropical intervenido en Petén, Guatemala, pero no indica el número y área basal por ha tratada. En un bosque de bajura dominado por dipterocarpáceas en Sabah, Malasia, se aplicaron dos intensidades de liberación post-cosecha estimándose que es necesario disponer de 2,5-4 días/hombre por ha y con un costo de US\$ 50-80/ha (Lee et al., 1990). En las montañas Apalaches, U.S.A., se utilizó Tordón 101 en un tratamiento silvicultural, provocando mortalidad alrededor del 100%; sin embargo, se recomienda el método de control de árboles con motosierra, porque la regeneración natural de especies comerciales en éste caso fue mejor, es más barato, de fácil aplicación y estéticamente aceptable (Zaldivar y Thompson, 1978).

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

1. La cantidad de especies que se pueden encontrar en un bosque determinado tiene relación con la dimensión y distribución del muestreo. Para éste caso, se encontraron 94/4 ha y 52/ha entre especies de árboles y palmas en bosque primario no intervenido. Mientras que al muestrear 18 ha en el mismo bosque pero después de ser aprovechado, se encontraron 200 especies (árboles y palmas) y 166/ha, con DAP  $\geq 10$  cm.
2. La cantidad de especies en cuatro ha de bosque no intervenido es menor que en cuatro ha de bosque intervenido debido a que el muestreo en bosque intervenido fue más disperso. La pendiente de la curva especie por área en bosque no intervenido es lineal creciente mientras que la de bosque intervenido sigue la misma tendencia y volviéndose cero la pendiente alrededor de cuatro ha de muestreo.
3. Del total de especies en pie existentes en el bosque (173), 11 y un grupo de desconocidos ocupan el 50% del ecosistema, existiendo una relación de cinco especies comerciales contra siete no comerciales. Como especies comerciales están: *Pentaclethra macroleoba*, *Carapa guianensis*, *Virola koschnyi*, *Simira maxonii* y *Chimarrhis parviflora*. La sumatoria del IVI con 15 especies es de 55,8% y con 23 especies es de 65,1%, por lo que el restante 34,9% lo conforman 150 especies con baja diversidad. Esta diversidad baja es afectada por la dominancia de las dos primeras especies comerciales.
4. En el bosque existe una cantidad mayor de árboles no comerciales con respecto a comerciales por hectárea (194 y 121 respectivamente). Sin embargo, la dominancia es inversa (8,0 y 11,3 m<sup>2</sup>/ha respectivamente). Concluyendo que existe una alta cantidad de árboles no comerciales con diámetros pequeños y que son esciófitas,



pudiendo minimizar ésta cantidad mediante un tratamiento de refinamiento parcial.

5. Según el muestreo diagnóstico una buena parte del bosque está en condiciones adecuadas de iluminación, pero en campo se observó que los claros son aislados, existiendo varios rodales densos donde es necesario practicar tratamiento silvicultural. Con el propósito de aplicar en gran medida el tratamiento silvicultural experimental prescrito en 18 ha y buscar cierta homogeneidad del recurso se trató de utilizar sitios con mayor densidad arbórea.
6. A simple vista se observa que una buena proporción del bosque intervenido los conforman rodales densos y la proporción de árboles comerciales que reciben iluminación regular es de 37,5% y 24,3% reciben iluminación deficiente; éstas condiciones justifican la intervención silvicultural en todo el bosque, además se debe equilibrar la relación del número de árboles y el área basal entre comerciales y no comerciales, aunque el área basal de no comerciales es superada por *Pentaclethra maculosa* pero en gran medida ésta especie es eliminada en tratamientos silviculturales debido a su mala forma.
7. El tratamiento silvicultural prescrito, se basó fundamentalmente en los resultados obtenidos mediante el muestreo diagnóstico, pero dado que el número de árboles y el área basal por hectárea jugaron un papel importante, también se tomaron en cuenta los muestreos de remanencia y silvicultural.
8. Los árboles envenenados al aplicar el tratamiento silvicultural eran los que competían por luz con árboles comerciales por dominancia de copas o enlace de ramas. No se envenenaron palmas por considerar que no compiten con regeneración comercial establecida, ya que la mayoría tiene DAP entre 10-30 cm y altura observada entre 2-5 m. Tampoco se cortaron lianas por haberse eliminado la mayoría de ellas antes del aprovechamiento.

9. Por medio de la aplicación de los tratamientos silviculturales de mejora y liberación se envenenaron en promedio 20 árboles con área basal de 3,7 m<sup>2</sup>/ha, correspondientes al 4,4% de los árboles y al 11,7% del área basal en bosque primario no intervenido.
10. Se concluye que el área basal remanente (50,9%) post-tratamiento silvicultural, con respecto al existente en bosque primario sin intervenir, es adecuada para incrementar la dinámica del bosque dentro de los próximos años, lo que implica un mejor aprovechamiento del sitio, concentrado en árboles comerciales. Así mismo, el área basal envenenada se enmarca dentro del supuesto de Dawkins para manejo de bosques tropicales.
11. Existe mucha similitud entre el número de árboles envenenados por clase diamétrica, siendo las clases entre 20-50 cm las más afectadas. Sin embargo, la tendencia por clase diamétrica del área basal eliminada es la de una "J", debido al envenenamiento de árboles con diámetros grandes mediante el tratamiento de mejora (se envenenaron entre dos a tres árboles por ha con DAP  $\geq$  70 cm).
12. Los herbicidas Garlón 4 y Roundup se aplicaron mediante el método de inyección en un tratamiento silvicultural de liberación en un bosque muy húmedo tropical. Con datos de cinco meses de observación, estadísticamente se demostró que es más eficiente el Roundup y a la vez se concluye que la dosis más rentable y de eficiencia aceptable del mismo herbicida es la de 15% en solución acuosa. Además de la eficiencia demostrada por Roundup, su toxicidad es menor para seres humanos y vida silvestre y es menos dañino al medio ambiente, comparado con Garlón 4.

13. Con datos de cinco meses de medición se determinó que la tendencia de la eficiencia de cada dosis dentro de cada herbicida es lineal. Mientras que el efecto de aplicar tres dosis equidistantes en forma creciente dentro de cada herbicida no sigue ninguna tendencia. Por otro lado, se determinó que a través del tiempo, el número de árboles tratados con Garlón 4 con índices 4 siguen una tendencia lineal; mientras que los tratados con Roundup, los de índices 4 siguen una tendencia cuadrática y los de índices 5 tienden a ser lineales.
  
14. El costo de marqueo e inyectado de un promedio de 20 árboles con área basal de 3,7 m<sup>2</sup>/ha, utilizando Roundup al 15% de concentración y basado en promedios generales, es de 6.800,0 colones (US\$ 38,0 tasa de cambio 12/7/95), que comprende costos directos (operaciones de campo y transporte) y costos indirectos (víveres y cocinado); requiriendo 2,0 jornales (ocho horas por jornal) por ha, que comprende 0,5 jornal para marqueo y 1,5 jornales para inyección. El costo del herbicida con respecto al costo total del tratamiento es mínimo (7,2%), mientras que la mano de obra y actividades indirectas absorbieron la mayor cantidad de gastos. Basado en cálculos realizados con la ecuación 4.1, el costo promedio del tratamiento de una hectárea de bosque, aplicando la misma dosis mencionada es de 4,479,4 colones (US\$ 41,5/ha tasa de cambio 12/7/95).
  
15. Por medio de la operación inicial del método de envenenar árboles no comerciales con inyector, se provoca un "anillado" indirecto en la corteza basal, observándose mayor decaimiento de los árboles donde el "anillado" fue más completo, cortando en forma ininterrumpida la corteza basal).

## 5.2. Recomendaciones

1. De acuerdo a las reglas estipuladas en ésta publicación, continuar con el monitoreo sobre las condiciones de los árboles envenenados a intervalos de uno o dos meses hasta finalizar un año de observación y dar seguimiento por un año más realizando chequeos durante cada tres meses.
2. Basado en observaciones realizadas en el quinto mes, se determinó que las eficiencias de las tres dosis (15%, 20% y 25%) aplicadas de Roundup son similares. Si la tendencia actual prevalece en el futuro, se recomienda validar la dosis más baja de Roundup que también está relacionada con un costo más bajo. Si con la dosis de 15% de Roundup aumenta la mortalidad de árboles a través del tiempo se deben probar las eficiencias de dosis más bajas, como 5% y 10%, pues de resultar eficiente alguna de ellas, minimizaría aún más los costos del tratamiento silvicultural por hectárea.
3. Si los resultados actuales se mantienen constantes en el tiempo o no mejoraran significativamente, al utilizar el método de inyección para envenenar en un tratamiento silvicultural, se recomienda cortar en forma continua la corteza basal, lo que implica insertar la cuchilla del inyector una a continuación de otra sin dejar espacio. La cuchilla se debe insertar lo más profundo posible cuando se intervienen árboles con corteza gruesa como: *Apeiba membranaceae*, *Lonchocarpus velutinus*, *Sapium oligoneurum*, *Hernandia dydimantha*, *Cordia spp*, etc. En el caso de árboles con madera de densidad alta como: *Pouteria silvestres*, *Protium spp*, *Lonchocarpus velutinus*, *Pouteria neglecta*, etc. y algunos de densidad media como: *Pentaclethra macroloba*, se les debe tratar insertando el inyector a nivel de dos anillos, distanciados uno de otro 15 ó 20 cm.

4. Dada la competencia detectada entre árboles comerciales y no comerciales entre los diámetros de 10-40 cm, se deben establecer parcelas permanentes de muestreo donde se monitoree la respuesta del bosque a tratamientos de mejora y liberación dirigidos en combinación con refinamiento parcial en las clases diamétricas indicadas, de tal forma que se equilibre la relación entre individuos comerciales y no comerciales.
5. En parcelas permanentes de muestreo, además del monitoreo recomendado en el numeral 4, se debe documentar el comportamiento de las principales especies comerciales en cuanto a ramificación, calidad y cantidad de regeneración que se desarrolla al aplicar al dosel diferentes grados de apertura.
6. Al analizar un subconjunto de especies que conforman el 50% del IVI, se nota predominio de la riqueza de especies no comerciales sobre la de comerciales. Esta relación podría ser mejorada mediante tratamientos silvícolas que eleven el valor ecológico de especies potencialmente comerciales, para hacer más rentable su aprovechamiento. Entre éstas se pueden mencionar: *Goethalsia meiantha*, *Pterocarpus officinalis*, *Terminalia bucidoides*, *Sacoglottis trichogyne* y *Hyeronyma oblonga*.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- BARRIENTOS S., R.; INFANTE C., R.; VARGAS G., W. 1986.** Plan de ordenación forestal, para la Finca del Sr. Guido Madrigal, Río Penitencia, Colorado, Pococí, Limón. San José, Costa Rica, PORTICO S.A. 155 p.
- BAUR, G. 1964.** The ecological basis of rainforest management. Sydney, Australia, Forestry Commission of New South Wales. 499 p.
- BAUR, N. 1964.** Tratamiento de los montes higrofiticos. *Unasylva (Italia)* 18(1): 18-28.
- BERNETTI, G; MANOLACU G, M; NOCENTINI, S. 1980.** Terminologia forestale. Roma, Italia, Consiglio Nazionale delle Ricerche. 254 p.
- BIANCHI S., H.; VALERIO G., J.; SIMULA, M. 1993.** Industria forestal sostenible, estudio de caso sobre PORTICO, S. A., Costa Rica. San José, Costa Rica, INDUFOR. 30 p.
- CARDENAS, J.; DOLL, J. s.f.** Herbicidas hormonales. In Principios básicos sobre el manejo de malezas. Eds. M. Shenk, A. Fischer, B. Valverde. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. El ZAMORANO. p. 155-172. (Publicación MIPH-EAP N° 65).
- CASSELS, D. 1992.** ITTO develops criteria for measuring sustainable forest management. *Tropical Forest Management Update (Japan)* 2(1): 2.
- CASTRO, D.R. 1994.** Importancia de la silvicultura en el manejo forestal. *Seforven (Venezuela)* 5(10): 32-33.
- CENTRO CIENTIFICO TROPICAL. 1969.** Mapa ecológico según Holdridge. San José, Costa Rica, Jiménez y Tanzi Ltda. Esc. 1: 750,000. Color.
- COLBY, S.R.; LYM, R.G.; HILL, E.R.; McAVOY, W.J.; KITCHEN, L.M.; PRASAD, R. 1989.** Herbicide handbook of the Weed Science Society of America. 6 ed. U.S.A., Weed Science Society of America. 301 p.
- COSTA RICA. DIRECCION GENERAL FORESTAL. 1994.** Manual de procedimientos para el manejo y aprovechamiento forestal en Costa Rica. San José, Costa Rica, DGF/MIRENEM. 100 p.
- COSTA RICA. INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL. 1991-1994.** Boletín climatológico mensual. nos. 9, 10, 11 y 12.

- CURSO INTENSIVO INTERNACIONAL DE SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES NATURALES FORESTALES (6, 1993, Turrialba, Costa Rica). 1993.** Memorias. Ed. B. Finegan. Turrialba, Costa Rica, RENARM/PBN/CATIE. 222 p.
- DAWKINS, H.C. 1958.** The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, G.B. Institute Paper N° 5. 155 p.
- , **1961.** New methods of improving stand composition en tropical forests. Carib bean Forester (EE.UU.) 22(1-2): 12-20.
- DE GRAAF, N. R. 1986.** A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Netherlands, Krips BV, Meppel. 250 p.
- DELGADO, A. 1991.** Programa silvicultural es vital para el desarrollo forestal. SEFOR VEN (Venezuela) 2(3): 16-17.
- DOW/ELANCO. 1993.** Garlón 4: specialty herbicide. U.S.A. 2 p.
- DOLL, J.; SHENK, M. s.f.** Factores que afectan a los herbicidas aplicados al follaje. In Principios básicos sobre el manejo de malezas. Eds. M. Shenk; A. Fischer; B. Valverde. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. El ZAMORANO. p. 129-138. (Publicación MIPH-EAP N° 65).
- FAO. 1985.** La función de los claros en el crecimiento forestal. Unasylyva (Italia) 37(148): 53.
- FINEGAN, B. 1992.** El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. CATIE (Costa Rica). Serie Técnica. Informe Técnico N° 188. 29 p.
- , **1994.** Bases ecológicas para la silvicultura y la agroforestería. Apuntes de clases. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- FOREST RESEARCH INSTITUTE MALAYSIA (FRIM). 1990.** Directrices de la OIMT para la ordenación sostenible de los bosques tropicales naturales. OIMT (Japón). Serie Técnica N° 5. 19 p.
- FORESTRY SUPPLIERS, Inc: 1949-1994.** Jakson, Mississippi. 536 p.
- FREEZAILAH, B. C. Y. 1993.** ITTO guidelines for the establishment and sustainable management of planted tropical forests. International Tropical Timber Organization (Japan). ITTO Policy Development Series n° 4. 38 p.

- GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. 1991.** Rain forest regeneration and management. Paris, UNESCO. 457 p. (Series MAB, n° 6).
- HANZEN, D.H. 1991.** Historia natural de Costa Rica. Trad. M. Chavarría A. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 822 p.
- HUTCHINSON, I. D. 1993.** Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. CATIE (Costa Rica). Serie Técnica. Informe Técnico N° 204. 32 p.
- , 1994. Técnicas silviculturales en bosques tropicales latifoliados. Material impreso de clases del curso Silvicultura de Bosques Naturales Tropicales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 42 p.
- KOEPPE, W. 1948.** Climatología, con un estudio de los climas de la tierra. México, Editorial Fondo de Cultura Económica. 478 p.
- LAMPRECHT, H. 1990.** Silvicultura en los trópicos. Trad. A. Carrillo. Alemania, TZ-Verlagsgesellschaft. 335 p.
- LEE, Y.F.; MATUNJAU, C.A.; HEUVELDOP, J. 1990.** Assessment of the cost-effectiveness of two liberation intensities in a regenerating lowland dipterocarp forest in Sabah. 16 p. (mimeografiado). Presentado en: Iufro World Congress (1990, Montreal, Canadá).
- MANTA NOLASCO, M. I. 1988.** Análisis silvicultural de dos tipos de bosque húmedo de bajura en la vertiente atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 150 p.
- MARUYAMA, E.; CARRERA, F. 1989.** Girdling of trees supplemented with applications of glyphosate in a line planting in the Peruvian Amazonic zone. J. Jpn. For. Soc. (Japan) 71(9): 369-373.
- MATTHEWS, J.D. 1991.** Silvicultural systems. Oxford, Clarendon Press. 284 p.
- MONSANTO. 1992.** Los aspectos de seguridad de salubridad y ambiental del herbicida Glyfosato. Panorama MONSANTO (Costa Rica). N° 5: 1-3.
- MONTALEMBERT, M. R. 1987.** Nuevas orientaciones de la silvicultura tropical para el desarrollo. In Reunión Nacional de Silvicultura (7, 1987, Bogotá, Colombia). Impacto de la investigación silvicultural tropical en el desarrollo económico forestal colombiano: Memorias. Ed. R. S. Cardozo. Bogotá, Colombia, Gente Nueva. p. 31-35.



- ORTEGA, M. 1994.** Muestreos: Diagnóstico, de remanencia y silvicultural post-aprovechamiento, Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica. Cariari, PORTICO S.A. (sin publicar).
- PERALTA, R.; HARTSHORN, G. 1987.** Reseña de estudios a largo plazo sobre composición florística y dinámica del bosque tropical en La Selva, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical (Costa Rica)* 35 (Supl. 1): 23-39.
- PICADO V., E.A.; HIDALGO O., V.J. 1993.** Plan de manejo para la Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica. San José, Costa Rica. PORTICO S.A. 60 p.
- PORTICO S.A. 1992.** Datos de parcelas permanentes. Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pococí, Costa Rica. (sin publicar).
- QUEVEDO H., L. 1990.** Principales sistemas silviculturales empleados en los bosques naturales tropicales. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Universidad Autónoma "Gabriel René Moreno". 25 p.
- QUIROS, D.; FINEGAN, B. 1994.** Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica. CATIE (Costa Rica). Serie Técnica. Informe técnico n° 225. 25 p.
- ; **MENDEZ, J. 1995.** Tratamientos silviculturales post-cosecha mejorada en bosques húmedos tropicales en la Región Huetar Norte de Costa Rica. CATIE (Costa Rica). Serie técnica. Informe Técnico n° . 38 p. (en prensa).
- SABOGAL, C.; OROZCO, L.; ARTAVIA, M. 1991.** Plan para el manejo de un área experimental de bosque natural en la finca "Los Laureles de Corinto", La Unión de Pococí, Guápiles. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 16 p
- ; **FINEGAN, B.; HUTCHINSON, I.; REICHE, C. 1993.** El manejo sostenible de los bosques húmedos tropicales: El marco técnico y resultados de su aplicación en Centroamérica. In *Congreso Forestal Centroamericano* (1, 1993, Petén, Guatemala). Memoria de actividades. Ed. Oliva H. Guatemala, Comisión latinoamericana del ambiente y desarrollo/PAF. p. 63-97.
- SANCHEZ, C. 1991.** Area basal como parámetro para la definición de sistemas silviculturales en bosques remanentes. *Seforven (Venezuela)* 2(4):28-29.
- SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS. 1958.** Forestry terminology. 3 ed. U.S. A. 97 p.

- SOTO, A.; VALVERDE, B. 1991.** Los herbicidas: Propiedades fisicoquímicas, clasificación y mecanismos de acción. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 79 p.
- STANLEY. S.A. 1994a.** Informe del tratamiento silvicultural en el área de corta Yarché 1., San Miguel, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, Proyecto RENARM/PBN/CATIE. s.p. (mimeografiado).
- **1994b.** Plan de manejo forestal: Unidad de manejo Arroyo Colorado, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE. s.p. (borrador).
- SYNNOTT, T. J. 1979.** Manual de procedimientos de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Trad. J. Valerio. Cartago, Costa Rica, ITCR. 103 p.
- THOMSON, W.T. 1993.** Agricultural chemicals: Herbicides. California, U.S.A., Thomson Publications. v. 2, p. 90-91.
- TRISAN S.A. 1993.** Garlón 4E. Boletín Técnico TRISAN (Costa Rica). n° 1: 1.
- UNESCO/PNUMA/FAO. 1980.** Ecosistemas de los bosques tropicales. Madrid, España, Unesco/CIFCA. 771 P.
- VALVERDE, B.E. s.f.** Modo de acción de los herbicidas. In Principios básicos sobre el manejo de malezas. Eds. M. Shenk; A. Fischer; B. Valverde. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. El ZAMORANO. p. 83-109. (Publicación MIPH-EAP N° 65).
- VEGA, L. 1987.** Opciones de manejo para los bosques húmedos tropicales de América y orientación de la investigación silvicultural. In Experiencias silviculturales y de manejo de bosques en América Latina: Seminario taller. Ed. L. Chuquichaico S. Lima, Perú, APODESA. p. 64-87.
- WADSWORTH, F. 1987.** Avances de la silvicultura y manejo de bosques tropicales en América Latina y el Caribe. In Experiencias silviculturales y de manejo de bosques en América Latina: Seminario taller. Ed. L. Chuquichaico S. Lima, Perú, APODESA. p. 17-33.
- ZALDIVAR-GARCIA, P.; THOMPSON T., D. s.f.** Ten year regeneration of southern Appalachian hardwood clearcuts after controlling residual trees. 15 p. (mimeografiado).

## VII. ANEXOS



ANEXO 2.

FORMULARIO N° 2.

ESTABLECIMIENTO Y DESCRIPCION DE PPM EN BOSQUE MUY HUMEDO  
TROPICAL PANTANOSO, PORTICO S.A., POCOCI, LIMON, COSTA RICA.

HORA INICIO: \_\_\_\_\_ HORA FINALIZACION: \_\_\_\_\_

CLIMA: \_\_\_\_\_

BOSQUE: \_\_\_\_\_ COMPARTIMENTO: \_\_\_\_\_ PARCELA N° \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

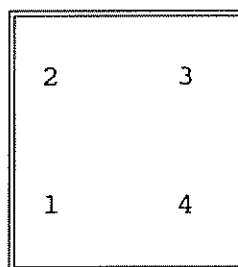
REFERENCIA DEL MAPA DE UBICACION DE LA PARCELA: \_\_\_\_\_

DESCRIPCION DE LA LINEA DE ACCESO: \_\_\_\_\_

MAPA DE LOCALIDAD

CROQUIS MOSTRANDO LINEA DE ACCESO:

ESCALA 1: \_\_\_\_\_



N  
|||

SITIO:

ALTITUD: \_\_\_\_\_ RELIEVE: \_\_\_\_\_

PENDIENTE: \_\_\_\_\_ NATURALEZA DE PENDIENTE: \_\_\_\_\_

EXPOSICION TOPOGRAFICA: \_\_\_\_\_

ANEXO 2.

CONTINUACION FORMULARIO Nº 2.

SUELO:

TIPO: \_\_\_\_\_ TEXTURA: \_\_\_\_\_

COLOR: \_\_\_\_\_

CLIMA:

PRECIPITACION MEDIA ANUAL: \_\_\_\_\_

TEMPERATURA MEDIA ANUAL: \_\_\_\_\_

ESTACION METEOROLOGICA MAS CERCANA: \_\_\_\_\_

HISTORIA DE LA VEGETACION: TIPO DE BOSQUE ORIGINAL: \_\_\_\_\_

FECHA DEL APROVECHAMIENTO Y NOMBRE MADERERO: \_\_\_\_\_

VOLUMEN REMOVIDO DE LAS PRINCIPALES ESPECIES: \_\_\_\_\_

FECHAS Y DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS SILVICULTURALES: \_\_\_\_\_

TIPO DE VEGETACION PRESENTE: \_\_\_\_\_

ARBOLES: \_\_\_\_\_

ARBUSTOS Y TREPADORAS: \_\_\_\_\_

REGENERACION DE ARBOLES: \_\_\_\_\_

FLORA HERBACEA: \_\_\_\_\_

OTROS FACTORES DEL SITIO (NOMBRES DE FAUNA SILVESTRE): \_\_\_\_\_

Fuente: Synnott (1979).

ANEXO 3.

FORMULARIO Nº 3.

MEDICION DE ARBOLES DE DAP ≥ 10 cm  
UNIDAD DE REGISTRO DE 50 x 50 m.

HORA INICIO: \_\_\_\_\_ HORA FINALIZACION: \_\_\_\_\_  
 CLIMA: \_\_\_\_\_  
 BOSQUE: \_\_\_\_\_ PPM Nº: \_\_\_\_\_  
 RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
 CUADRADO Nº: \_\_\_\_\_  
 COORDENADAS DE LA ESQUINA SUR-OESTE: \_\_\_\_\_

Nº ARB	CLASE FUSTE	NOMBRE COMUN/TECNICO	DAP (cm)	HT (m)	COPA		PRES LIAN	OBSERVACIONES
					ILUM	FORMA		

OBSERVACIONES (NOMBRES DE FAUNA PRESENTE): \_\_\_\_\_

HUBO INTERRUPCIONES DURANTE LA MEDICION, CAUSA: \_\_\_\_\_  
 TIEMPO PERDIDO: \_\_\_\_\_ Fuente: Synnott (1979).

ANEXO 4.

FORMULARIO Nº 4.

MARQUEO DE ARBOLES A SER ENVENENADOS DAP  $\geq$  10 cm  
UNIDAD DE REGISTRO DE 50 x 50 m.

HORA INICIO: \_\_\_\_\_ HORA FINALIZACION: \_\_\_\_\_

CLIMA: \_\_\_\_\_

BOSQUE: \_\_\_\_\_ PPM Nº: \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

CUADRADO Nº: \_\_\_\_\_

COORDENADAS DE LA ESQUINA SUR-OESTE: \_\_\_\_\_

Nº CORR.	Nº ETIQ	NOMBRE COMUN/TECNICO	DAP (cm)	AB (m <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
TOTAL					

OBSERVACIONES (NOMBRES DE FAUNA PRESENTE) : \_\_\_\_\_

HUBO INTERRUPCIONES DURANTE LA MEDICION, CAUSA: \_\_\_\_\_

TIEMPO PERDIDO: \_\_\_\_\_ Fuente: Synnott (1979).



ANEXO 5.

FORMULARIO N° 5.

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES Y DE APLICACION DE TRATAMIENTO SILVICULTURAL EN CUADRADOS DE 50 x 50 m.

HORA INICIO: \_\_\_\_\_ HORA FINALIZACION: \_\_\_\_\_

CLIMA: \_\_\_\_\_

PPM N°: \_\_\_\_\_ EVALUADOR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ CUADRADO N°: \_\_\_\_\_

COORDENADAS DE LA ESQUINA SUR-OESTE: \_\_\_\_\_

TIPO DE ACTIVIDAD: ESTABLECIMIENTO DE PPM Y MEDICION DE ARBOLES: \_\_\_\_\_

MARCAJE DE ARBOLES A ENVENENAR: \_\_\_\_\_ ENVENENAMIENTO DE

ARBOLES Y CORTE DE LIANAS: \_\_\_\_\_ MEDICION DE ARBOLES ENVENENADOS: \_\_\_\_\_

MEDICION N° \_\_\_\_\_ MUESTREO DIAGNOSTICO: \_\_\_\_\_

UNIDAD	CANTIDAD JORN	L	DOSIS CONC%	COSTO UNITARIO	RENDIM (HA/DIA)	OBSERVACIONES
IDENT.DE ESP						
REGENTE						
SUPERVISOR						
OBRERO						
GARLON 4						
DIESEL						
ROUNDUP						
AGUA						
PINTURA						
AGUARRAS						
TRANSPORTE						
COMBUSTIBLE						
PLACAS DE AL						
*						

\* Incluir costos de inyectores, bomba rociadora, PVC, varas, protectores, guantes, clavos, brochas, etc.

OBSERVACIONES (NOMBRES DE FAUNA PRESENTE): \_\_\_\_\_

HUBO INTERRUPCIONES DURANTE LA MEDICION, CAUSA: \_\_\_\_\_

TIEMPO PERDIDO: \_\_\_\_\_ Fuente: Synnott (1979).

ANEXO 6.

FORMULARIO Nº 6.

ESPECIES TRATADAS Y DAP  $\geq 10$  cm  
 UNIDAD DE REGISTRO DE 50 x 50 m.

HORA INICIO: \_\_\_\_\_ HORA FINALIZACION: \_\_\_\_\_

CLIMA: \_\_\_\_\_

BOSQUE: \_\_\_\_\_ PPM Nº: \_\_\_\_\_

EVALUADOR: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

CUADRADO Nº: \_\_\_\_\_ Nº MEDICION: \_\_\_\_\_

COORDENADAS DE LA ESQUINA SUR-OESTE: \_\_\_\_\_

Nº	ARBOL	NOMBRE CIENTIFICO	DAP (cm)	GRADO DE DAÑO						OBSERVACIONES
				1	2	3	4	5	6	

OBSERVACIONES (NOMBRES DE FAUNA PRESENTE): \_\_\_\_\_

HUBO INTERRUPCIONES DURANTE LA MEDICION, CAUSA: \_\_\_\_\_

TIEMPO PERDIDO: \_\_\_\_\_ Fuente: Synnott (1979).

ANEXO 7.

Costos de tratamiento silvicultural por hectárea  
 Bosque muy húmedo tropical pantanoso  
 Finca "Guido Madrigal"  
 PORTICO S.A.

ACTIVIDAD	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL J. EXTRA	COSTI. EXT.	OBSERV.
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>								
A. Marqueo de árboles a ser envenenados DAP ≥ 10 cm ,	Salario de un baquiano	Días hombre						
	Almuerzo	Días hombre						
	Costo de pintura spray	Litro						
	Salario de un baquiano por caminada	Días hombre						
<b>II. COSTOS INDIRECTOS</b>								
A. Marqueo de árboles a ser envenenados DAP ≥ 10 cm	Salario de cocinera	Días hombre						
	Costo de viveres	Tiempos						
Subtotal								
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>								
A. Inyección de árboles DAP ≥ 10 cm	Salario de dos obreros	Días hombre						
	Almuerzo	Días hombre						
	Roundup o Garlón 4	Litro						
	Agua o Diesel	Litro						
	Salario de dos baquianos por caminada	Días hombre						
<b>II. COSTOS INDIRECTOS</b>								
A. Inyección de árboles DAP ≥ 10 cm	Salario de cocinera	Días hombre						
	Costo de viveres	Tiempos						
Subtotal								
GRAN TOTAL								

## ANEXO 8.

Clase de identidad de fuste (Hutchinson, 1993)

Arboles: (DAP $\geq$ 10 cm)	Fuste	
	Completo	Quebrado
Arbol vivo en pie.....	111.....	112
Arbol vivo inclinado ( $-29^\circ$ ).....	121.....	122
Arbol vivo inclinado ( $\geq 30^\circ$ ).....	131.....	132
Fuste curvado (media luna).....	141.....	142

Rebrotos: (DAP  $\geq$  10 cm)

Reb. vivo en pie.....	211.....	212
Reb. vivo inclinado ( $-29^\circ$ ).....	221.....	222
Reb. vivo inclinado ( $\geq 30^\circ$ ).....	231.....	232

Fuste: altura total mayor que 4 m

Tocón: altura total menor que 4 m

Forma de copa                      Código

Círculo completo.....	1
Círculo irregular.....	2
Medio círculo.....	3
Menos que 1/2 círculo.....	4
Pocas ramas.....	5
Principio de rebrotos.....	6
Vivo sin copa.....	7

Fuente: Hutchinson (1993).

Iluminación de copa                      Código

Iluminación vertical y lateral plena.....	1
Iluminación vertical plena.....	2
Iluminación vertical parcial.....	3
Únicamente iluminación oblicua.....	4
Sin iluminación.....	5

Fuente: Dirección General Forestal (1994).

## Continuación ANEXO 8.

## Presencia de lianas en árboles deseables sobresalientes

Código

Sin presencia de lianas.....	1
Lianas presentes en el fuste.....	2
Lianas presentes en el fuste y copa sin afectar el crecimiento.....	3
Lianas presentes en el fuste y copa afectando el crecimiento.....	4

Fuente: Dirección General forestal (1994).

## Clasificación de los árboles remanentes

1. forma: Las cualidades de forma del fuste lo hace poco o nada rentable para su aprovechamiento;
2. estado fitosanitario: árbol con pudriciones, ataque de fitopatógenos o cualquier otro efecto que perjudica la calidad del producto deseado;
3. reserva: son los árboles padres y otros comerciales dejados por restricciones legales, técnicas o de mercado;
4. potencial: especies marginadas actualmente en el mercado pero se prevé a corto plazo su demanda; y
5. indeseable: árboles que actualmente no tienen valor en el mercado.

Fuente: Dirección General Forestal (1994).



## ANEXO 10

Composición florística del bosque intervenido  
Finca "Guido Madrigal", Colorado, Pocosí,  
Costa Rica.

Nombre científico	IVI	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		Familia botánica	G_Ecol	G_Com
		N/ha	%	m <sup>2</sup> /ha	%	N_Subp	%			
<i>Pentaclethra macroloba</i> *	19,64	62,8	17,9	7,528	37,9	72	3,08	Mimosaceae	4	2
<i>Carapa guianensis</i> *	7,16	36,4	10,4	1,597	8,0	71	3,04	Meliaceae	4	1
<i>Astrocaryum alatum</i>	3,75	23,5	6,7	0,320	1,6	68	2,91	Palmae	9	6
<i>Apeiba membranacea</i> *	3,26	7,1	2,0	1,011	5,1	62	2,66	Tiliaceae	3	5
Desconocido	3,26	18,7	5,3	0,368	1,9	60	2,57			
<i>Iriartea gigantea</i>	2,30	11,1	3,2	0,283	1,4	54	2,31	Palmae	9	6
<i>Virola koschnyi</i> *	2,23	7,3	2,1	0,423	2,1	58	2,48	Myristicaceae	4	3
<i>Colubrina spinosa</i> *	2,06	11,9	3,4	0,130	0,7	50	2,14	Rhamnaceae	9	5
<i>Cecropia</i> sp *	1,89	9,5	2,7	0,146	0,7	52	2,23	Moraceae	1	5
<i>Simira maxonii</i> *	1,89	8,9	2,5	0,287	1,4	39	1,67	Rubiaceae	9	4
<i>Ardisia afinidad palmarum</i> *	1,84	9,2	2,6	0,154	0,8	49	2,10	Myrsinaceae	9	5
<i>Chimarrhis parviflora</i> *	1,77	7,1	2,0	0,158	0,8	58	2,48		9	4
<i>Luehea seemanii</i> *	1,63	1,5	0,4	0,683	3,4	24	1,03	Tiliaceae	3	5
<i>Pterocarpus officinalis</i> *	1,58	3,9	1,1	0,557	2,8	19	0,81	Papilionaceae	3	4
<i>Hernandia didymantha</i>	1,55	4,4	1,3	0,243	1,2	51	2,19		9	5
<i>Otoba novogranatensis</i> *	1,30	3,6	1,0	0,221	1,1	41	1,76	Hernandiaceae	9	5
<i>Protium</i> sp *	1,26	4,9	1,4	0,098	0,5	44	1,89	Burseraceae	4	5
<i>Inga</i> sp *	1,25	4,2	1,2	0,147	0,7	42	1,80	Mimosaceae	2	5
<i>Crataeva tapia</i> *	1,22	3,9	1,1	0,144	0,7	42	1,80	Capparidaceae	9	5
<i>Quararibea cordata</i> *	1,10	3,4	1,0	0,240	1,2	26	1,11	Bombacaceae	9	5
<i>Sacoglottis trichogyne</i>	1,09	2,3	0,7	0,271	1,4	29	1,24		5	3
<i>Quararibea oblicuifolia</i>	1,08	4,0	1,1	0,065	0,3	41	1,76	Bombacaceae	9	5
<i>Terminalia bucidiodes</i> *	1,03	2,1	0,6	0,275	1,4	26	1,11	Combretaceae	4	3
<i>Guarea</i> sp	0,98	3,0	0,9	0,114	0,6	35	1,50	Meliaceae	5	5
<i>Mortoniendron costaricensis</i> *	0,91	2,5	0,7	0,121	0,6	33	1,41		9	5
<i>Goethalsia meiantha</i> *	0,89	2,8	0,8	0,202	1,0	20	0,86	Tiliaceae	2	4
<i>Inga densiflora</i> *	0,86	2,7	0,8	0,062	0,3	35	1,50	Mimosaceae	9	5
<i>Duguetia panamensis</i> *	0,86	2,3	0,7	0,112	0,6	32	1,37		9	4
<i>Protium panamense</i>	0,84	2,7	0,8	0,088	0,4	30	1,29	Burseraceae	4	5
<i>Guateria diospyroides</i>	0,83	2,8	0,8	0,084	0,4	30	1,29	Annonaceae	9	5
<i>Tapura colombiana</i> *	0,83	2,4	0,7	0,088	0,4	32	1,37		9	5
<i>Pentagonia</i> sp	0,82	3,4	1,0	0,047	0,2	29	1,24	Rubiaceae	9	5
<i>Heliocarpus</i> sp *	0,81	2,6	0,7	0,111	0,6	26	1,11	Tiliaceae	1	5
<i>Hieronyma oblonga</i> *	0,79	1,7	0,5	0,196	1,0	21	0,90	Euphorbiaceae	3	3
<i>Rinorea</i> sp	0,78	2,7	0,8	0,028	0,1	33	1,41		9	5
<i>Sapium oligoneurum</i> *	0,76	1,8	0,5	0,152	0,8	23	0,99	Euphorbiaceae	9	5
<i>Pouteria</i> sp *	0,75	1,8	0,5	0,121	0,6	26	1,11	Sapotaceae	4	5
<i>Inga coruscans</i> *	0,72	2,6	0,7	0,056	0,3	27	1,16	Mimosaceae	4	5
<i>Pterocarpus</i> sp *	0,70	1,9	0,6	0,094	0,5	25	1,07	Papilionaceae	3	4
<i>Dussia macrophyllata</i> *	0,68	1,7	0,5	0,126	0,6	22	0,94	Papilionaceae	3	4
<i>Tabebuia rosea</i>	0,66	1,5	0,4	0,147	0,7	19	0,81	Bignoniaceae	2	3
<i>Croton schiedeanus</i> *	0,64	2,7	0,8	0,033	0,2	23	0,99	Euphorbiaceae	1	5
<i>Ceiba pentandra</i>	0,59	0,4	0,1	0,261	1,3	6	0,34	Bombacaceae	2	3
<i>Pouteria neglecta</i> *	0,59	1,3	0,4	0,114	0,6	19	0,81	Sapotaceae	4	5
<i>Lonchocarpus</i> sp *	0,58	1,7	0,5	0,087	0,4	19	0,81	Papilionaceae	9	5

Nombre científico	IVI	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		Familia botánica	(continuación)	
		N/ha	%	m2/ha	%	N_Subp	%		G_Ecol	G_Com
<i>Rollinia microsepala</i> *	0,53	1,3	0,4	0,106	0,5	16	0,69	Annonaceae	2	5
<i>Jacaratia spinosa</i> *	0,50	1,6	0,5	0,065	0,3	17	0,73	Caricaceae	9	5
<i>Trichospermum mexicanum</i> *	0,49	1,4	0,4	0,111	0,6	12	0,51	Ulmaceae	9	5
<i>Vitex cooperi</i> *	0,49	0,8	0,2	0,123	0,6	14	0,60	Verbenaceae	3	3
<i>Cordia lasiocalyx</i> *	0,48	1,8	0,5	0,018	0,1	20	0,86	Boraginaceae	2	5
<i>Billia colombiana</i> *	0,46	0,9	0,3	0,103	0,5	14	0,60	Hipocastenaceae	9	5
<i>Andira inermis</i>	0,46	1,3	0,4	0,027	0,1	20	0,86	Papilionaceae	3	4
<i>Ocotea</i> sp	0,45	1,4	0,4	0,019	0,1	20	0,86	Lauraceae	4	5
<i>Inga stenophylla</i>	0,44	1,3	0,4	0,019	0,1	20	0,86	Mimisceae	9	5
<i>Amphitecna kennedyi</i>	0,44	1,6	0,4	0,014	0,1	19	0,81	Signoniaceae	9	5
<i>Coccoloba tuarckheimi</i> *	0,44	1,3	0,4	0,039	0,2	17	0,73	Polygonaceae	9	5
<i>Ochroma lagopus</i> *	0,42	1,3	0,4	0,035	0,2	17	0,73	Bombacaceae	1	4
<i>Lonchocarpus velutinus</i> *	0,42	0,8	0,2	0,073	0,4	15	0,64	Papilionaceae	9	4
<i>Dipteryx panamensis</i>	0,41	0,4	0,1	0,159	0,8	7	0,30	Papilionaceae	3	3
<i>Rheedia intermedia</i>	0,36	1,2	0,3	0,027	0,1	14	0,60	Guttiferae	9	5
<i>Socratea durissima</i>	0,35	1,3	0,4	0,019	0,1	14	0,60	Palmae	9	6
<i>Cordia bicolor</i> *	0,34	0,7	0,2	0,082	0,4	10	0,43	Boraginaceae	2	5
<i>Eschweilera calyculata</i>	0,34	0,9	0,3	0,023	0,1	15	0,64	Lecythidaceae	9	5
<i>Cordia</i> sp *	0,34	0,8	0,2	0,045	0,2	13	0,56	Boraginaceae	2	5
<i>Spondias mombin</i> *	0,33	0,6	0,2	0,077	0,4	10	0,43	Anacardiaceae	9	5
<i>Trichilia tomentosa</i> *	0,32	0,9	0,3	0,050	0,3	10	0,43	Meliaceae	9	4
<i>Lonchocarpus oliganthus</i> *	0,32	1,5	0,4	0,019	0,1	10	0,43	Papilionaceae	9	5
<i>Miconia punctata</i>	0,31	0,9	0,3	0,012	0,1	14	0,60	Melastomaceae	9	5
<i>Minuartia guianensis</i>	0,27	0,7	0,2	0,036	0,2	10	0,43	Oleaceae	5	3
<i>Psychotria</i> sp *	0,27	0,9	0,3	0,008	0,0	12	0,51		9	5
<i>Lacmellea panamensis</i> *	0,27	0,7	0,2	0,024	0,1	11	0,47		9	5
<i>Hirtella</i> sp	0,25	0,8	0,2	0,009	0,0	11	0,47	Rosaceae	5	5
<i>Quararibea bractiolosa</i> *	0,25	0,7	0,2	0,017	0,1	11	0,47	Bombacaceae	9	5
<i>Symphonia globulifera</i>	0,21	0,8	0,2	0,012	0,1	8	0,34	Guttiferae	9	5
<i>Inga sapindoides</i>	0,21	0,4	0,1	0,029	0,1	8	0,34	Mimosaceae	4	5
<i>Pouteria silvestris</i> *	0,20	0,4	0,1	0,037	0,2	7	0,30	Sapotaceae	4	5
<i>Inga scuamigera</i>	0,20	0,6	0,2	0,010	0,1	9	0,39	Mimosaceae	9	5
<i>Sterculia costaricana</i> *	0,19	0,6	0,2	0,024	0,1	7	0,30	Sterculiaceae	9	5
<i>Grias cauliflora</i> *	0,19	0,6	0,2	0,014	0,1	8	0,34		4	4
<i>Ficus tonduzii</i>	0,19	0,5	0,1	0,008	0,0	9	0,39	Moraceae	9	5
<i>Pouteria unilocularis</i>	0,17	0,5	0,1	0,005	0,0	8	0,34	Sapotaceae	4	5
<i>Neea amplifolia</i> *	0,17	0,4	0,1	0,006	0,0	8	0,34	Nyctaginaceae	9	5
<i>Jacaranda copaia</i> *	0,16	0,3	0,1	0,026	0,1	6	0,26	Caricaceae	2	5
<i>Veconcibea pleiostemona</i> *	0,15	0,3	0,1	0,020	0,1	6	0,26	Euphorbiaceae	9	5
<i>Allophylus psilospermus</i>	0,15	0,4	0,1	0,004	0,0	7	0,30	Sapindaceae	9	5
<i>Pithecellobium valerioi</i>	0,15	0,5	0,1	0,009	0,0	6	0,26	Mimosaceae	3	5
<i>Sloanea latifolia</i>	0,15	0,3	0,1	0,019	0,1	6	0,26	Tiliaceae	9	5
<i>Sloanea</i> sp	0,14	0,5	0,1	0,006	0,0	6	0,26	Tiliaceae	3	5
<i>Solanum</i> sp	0,14	0,4	0,1	0,004	0,0	7	0,30	Solanaceae	1	5
<i>Ocotea nicaraguensis</i>	0,13	0,4	0,1	0,006	0,0	6	0,26	Lauraceae	9	4
<i>Sorocea pubivena</i>	0,13	0,4	0,1	0,006	0,0	6	0,26		9	5
<i>Quararibea bocatorena</i>	0,13	0,4	0,1	0,005	0,0	6	0,26	Bombacaceae	9	5
<i>Guazuma crinita</i> *	0,13	0,3	0,1	0,025	0,1	4	0,17	Sterculiaceae	9	5
<i>Ficus costaricana</i> *	0,13	0,3	0,0	0,063	0,3	1	0,04	Moraceae	9	5
<i>Licania glabriflora</i>	0,12	0,3	0,1	0,004	0,0	6	0,26	Rosaceae	9	5
<i>Sloanea faginea</i> *	0,12	0,3	0,1	0,009	0,0	5	0,21	Tiliaceae	9	5



Nombre científico	IVI	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		Familia botánica	(continuación)	
		N/ha	%	m2/ha	%	N_Subp	%		G_Ecol	G_Com
<i>Casearia sylvestris</i>	0,12	0,4	0,1	0,004	0,0	5	0,21	Flacourtiaceae	3	5
<i>Naucleopsis naga</i>	0,10	0,3	0,1	0,004	0,0	5	0,21	Moraceae	9	5
<i>Ampelocera macrocarpa</i>	0,10	0,2	0,0	0,025	0,1	3	0,13	Ulmaceae	9	4
<i>Ocotea babosa</i> *	0,10	0,2	0,1	0,011	0,1	4	0,17	Lauraceae	4	5
<i>Tapirira guianensis</i>	0,10	0,3	0,1	0,007	0,0	4	0,17	Anacardiaceae	4	3
<i>Pachira aquatica</i>	0,09	0,2	0,1	0,018	0,1	3	0,13	Bombacaceae	9	5
<i>Annona montana</i>	0,09	0,3	0,1	0,003	0,0	4	0,17	Annonaceae	9	5
<i>Simarouba amara</i> *	0,09	0,2	0,1	0,009	0,0	4	0,17	Simarubaceae	2	5
<i>Croton</i> sp	0,09	0,2	0,1	0,007	0,0	4	0,17	Euphorbiaceae	1	5
<i>Celtis schipii</i> *	0,09	0,2	0,0	0,018	0,1	3	0,13	Ulmaceae	9	5
<i>Casearia</i> sp	0,09	0,2	0,1	0,006	0,0	4	0,17	Flacourtiaceae	3	5
<i>Ficus</i> sp	0,09	0,3	0,1	0,003	0,0	4	0,17	Moraceae	9	5
<i>Inga umbellifera</i> *	0,08	0,2	0,1	0,010	0,1	3	0,13	Mimosaceae	9	5
<i>Dussia cuscatlanica</i> *	0,08	0,2	0,1	0,009	0,0	3	0,13	Papilionaceae	3	4
<i>Byrsonima spicata</i>	0,08	0,2	0,1	0,008	0,0	3	0,13	Malpighiaceae	9	5
<i>Cordia cymosa</i>	0,08	0,2	0,0	0,010	0,1	3	0,13	Boraginaceae	2	5
<i>Cynometra retusa</i>	0,08	0,2	0,0	0,010	0,1	3	0,13	Caesalpiniaceae	9	5
<i>Parathesis chrysophylla</i>	0,07	0,2	0,0	0,009	0,0	3	0,13	Myrsinaceae	9	5
<i>Theobroma mammosum</i>	0,07	0,2	0,1	0,002	0,0	3	0,13	Sterculiaceae	9	5
<i>Ixora</i> sp	0,06	0,2	0,0	0,002	0,0	3	0,13		9	5
<i>Coussarea impatiolaris</i>	0,06	0,2	0,0	0,002	0,0	3	0,13		9	5
<i>Inga peyzifera</i>	0,06	0,1	0,0	0,020	0,1	1	0,04	Mimosaceae	9	5
<i>Inga afinidad longispica</i>	0,06	0,1	0,0	0,011	0,1	2	0,09	Mimosaceae	4	3
<i>Coussarea taurina</i>	0,05	0,1	0,0	0,018	0,1	1	0,04		9	5
<i>Spondias radlkoferi</i> *	0,05	0,1	0,0	0,009	0,0	2	0,09	Anacardiaceae	9	5
<i>Sapium aucuparium</i>	0,05	0,2	0,1	0,003	0,0	2	0,09	Euphorbiaceae	9	5
<i>Pithecellobium gigantum</i>	0,05	0,2	0,1	0,003	0,0	2	0,09	Mimosaceae	3	5
<i>Nectandra kunthiana</i>	0,05	0,2	0,0	0,004	0,0	2	0,09	Lauraceae	9	5
<i>Coussapoa</i> sp	0,05	0,1	0,0	0,018	0,1	1	0,04	Moraceae	9	5
<i>Mabea occidentalis</i>	0,05	0,2	0,0	0,002	0,0	2	0,09	Euphorbiaceae	9	5
<i>Unonopsis hammeli</i>	0,05	0,2	0,0	0,002	0,0	2	0,09		9	5
<i>Xylosma</i> sp	0,05	0,2	0,0	0,002	0,0	2	0,09	Flacourtiaceae	9	5
<i>Dendropanax gonatopodus</i>	0,05	0,1	0,0	0,005	0,0	2	0,09		3	4
<i>Sloanea meianthera</i>	0,05	0,1	0,0	0,016	0,1	1	0,04	Tiliaceae	9	5
<i>Heisteria concinna</i>	0,04	0,1	0,0	0,003	0,0	2	0,09	Olacaceae	9	5
<i>Quararibea</i> sp	0,04	0,1	0,0	0,003	0,0	2	0,09	Bombacaceae	9	5
<i>Ardisia</i> sp *	0,04	0,1	0,0	0,002	0,0	2	0,09	Myrsinaceae	9	5
<i>Guarea glabra</i>	0,04	0,1	0,0	0,013	0,1	1	0,04	Meliaceae	5	5
<i>Guarea rhopalocarpa</i>	0,04	0,1	0,0	0,001	0,0	2	0,09	Meliaceae	5	5
<i>Alchornea costaricensis</i>	0,04	0,1	0,0	0,001	0,0	2	0,09	Euphorbiaceae	9	5
<i>Psychotria eurycarpa</i>	0,04	0,1	0,0	0,001	0,0	2	0,09		9	5
<i>Parmentiera</i> sp	0,04	0,1	0,0	0,001	0,0	2	0,09	Bignoniaceae	9	5
<i>Himenolobium mesoamericanum</i>	0,03	0,1	0,0	0,006	0,0	1	0,04	Papilionaceae	4	5
<i>Capparis pittieri</i>	0,03	0,1	0,0	0,007	0,0	1	0,04	Capparidaceae	9	5
<i>Neea</i> sp	0,03	0,1	0,0	0,002	0,0	1	0,04	Nyctaginaceae	9	5
<i>Eugenia</i> sp *	0,02	0,1	0,0	0,003	0,0	1	0,04	Myrtaceae	9	5
<i>Cupania</i> sp	0,02	0,1	0,0	0,003	0,0	1	0,04	Sapindaceae	2	5
<i>Inga roussoviana</i>	0,02	0,1	0,0	0,002	0,0	1	0,04	Mimosaceae	9	5
<i>Chrysophyllum brasiliense</i>	0,02	0,1	0,0	0,002	0,0	1	0,04	Sapotaceae	4	5
<i>Laetia procera</i> *	0,02	0,1	0,0	0,002	0,0	1	0,04	Flacourtiaceae	3	5
<i>Mouriria</i> sp	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Melastomaceae	9	5

Nombre científico	IVI	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		Familia botánica	(continuación)	
		N/ha	%	m2/ha	%	N_Subp	%		G_Ecol	G_Com
<i>Tabernaemontana arborea</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Apocynaceae	9	5
<i>Sloanea palmana</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Tiliaceae	9	5
<i>Lozania pittieri</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Flacourtiaceae	9	5
<i>Guarea grandifolia</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Meliaceae	5	3
<i>Theobroma simiarum</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Sterculiaceae	9	5
<i>Cordia megalantha</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Boraginaceae	2	5
<i>Matayba sp</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Icacinaceae	9	5
<i>Meliosma donnell-smithii</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Sabiaceae	9	5
<i>Ocotea tenera</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Lauraceae	4	5
<i>Rollinia sp.</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Annonaceae	2	5
<i>Annona sp.</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Annonaceae	9	5
<i>Casearia arborea</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Flacourtiaceae	3	5
<i>Chione costarricense</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04		9	5
<i>Faramea occidentalis</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04		9	5
<i>Lonchocarpus pentaphyllus</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Papilionaceae	9	5
<i>Vismia baccifera</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Guttiferae	2	5
<i>Brosimum rubescens</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Moraceae	4	5
<i>Chrysophyllum venezuelense</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Sapotaceae	4	5
<i>Hernandia stenura</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Hernandiaceae	9	5
<i>Ocotea bijuga</i>	0,02	0,1	0,0	0,001	0,0	1	0,04	Lauraceae	4	5
<i>Brosimum guianensis</i>	0,02	0,1	0,0	0,000	0,0	1	0,04	Moraceae	4	5
<i>Carpotroche platyptera</i>	0,02	0,1	0,0	0,000	0,0	1	0,04	Flacourtiaceae	9	5
<i>Erythrina cochleata</i>	0,02	0,1	0,0	0,000	0,0	1	0,04	Papilionaceae	2	5
<i>Eschweilera panamensis</i>	0,02	0,1	0,0	0,000	0,0	1	0,04	Lecythidaceae	9	5
<i>Inga spectabilis</i>	0,02	0,1	0,0	0,000	0,0	1	0,04	Mimosaceae	9	5
<i>Siparuna pauciflora</i>	0,02	0,1	0,0	0,000	0,0	1	0,04	Monimiaceae	9	5
TOTAL	100,00	350.3	100,00	19.852	100,0	2334	100,00			

N/ha = Número de árboles por hectárea

m2/ha = Area Basal en metros cuadrados por hectárea

G\_Ecol = Grupo ecológico

G\_Com = Grupo comercial

Total especies = 173.