

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Subdirección General Adjunta de Enseñanza
Programa de Posgrado

*Evaluación de la Estructura y Composición del Bosque
de Manglar y Lineamientos para su Manejo Silvícola
en la Reserva Forestal de Térraba–Sierpe, Costa Rica.*

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico
Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias
Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico
Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado

de

Magister Scientiae

por

Alejandro Ramón Espinosa Sepúlveda

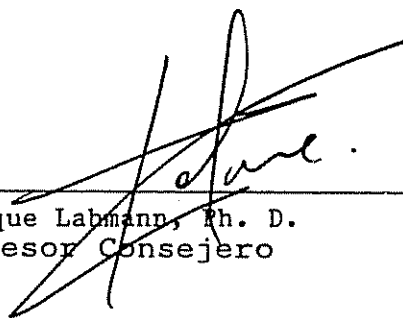
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica

1992


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

MAGISTER SCIENTIAE

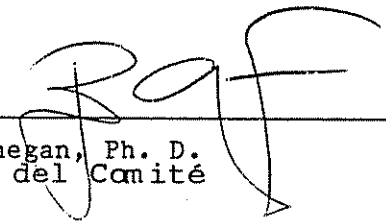
COMITE ASESOR:



Enrique Labmann, Ph. D.
Profesor Consejero

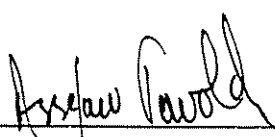


Gilda Piaggio, Ph. D.
Miembro del Comité

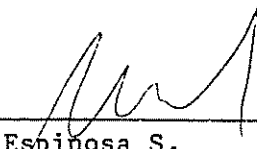


Bryan Finegan, Ph. D.
Miembro del Comité

Miembro del Comité



Assefaw Tewolde, Ph. D.
Jefe Area de Posgrado



Alejandro Espinosa S.
Candidato

D E D I C A T O R I A

A mi Dios

A mi querida esposa

A mi madre y hermanos

A la memoria de mi padre

A mi suegra y su familia

A G R A D E C I M I E N T O S

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas e instituciones que de una u otra forma me apoyaron y alentaron para lograr esta meta que ahora veo realizada. En especial a quienes destaco a continuación:

- Un reconocimiento especial a mis familiares y amigos que con su apoyo hicieron posible mi venida a este país, en pos de mi superación personal. Entre otros, a los Sres. Carlos Ackercknecht, Arnaldo Chibbaro, Juan Carlos Godoy, Miguel Cifuentes y Donald Masterson.
- Al Dr. Enrique Lahmann, por haberme motivado a trabajar en manglares y apoyado efectivamente a lo largo de todo el período de trabajo.
- A la Dra. Gilda Piaggio, por su gran apoyo en la etapa de procesamiento y análisis de la información del presente estudio.
- Al Dr. Jaime Polania, por haberme apoyado en cuanto en la etapa de toma de datos y en cuanto al uso de equipos e insumos que permitieron llevar a buen término este trabajo.
- Al Programa de Humedales para Centroamérica de la UICN, por el apoyo brindado.
- Al Sr. Johnny Pérez, por su valiosa ayuda en lo relativo a la Programación Estadística. De igual forma, a todo el personal del Centro de Cómputo del CATIE, por todas las deferencias que tuvieron conmigo.
- A Néstor Chamorro y Ana Aguirre; Néstor Chamorro (padre) y Angélica, quienes con su amistad incondicional y constante apoyo hicieron más grata la estadía en este bello país.
- A mis amigos y compañeros de estudio, con quienes compartimos los buenos y malos momentos. En especial, a Néstor Windevoxhel y Cecilia, Ricardo Hernández y Carolina.
- A la familia Elizondo y a todo el personal de Coopemangle R.L., con quienes compartí mientras estuve en terreno, por haberme acogido como a una más de los suyos.
- A todas las secretarias y personal de Areas Protegidas y Proyecto Olafo del "pasillo de la sostenibilidad", por el gentil apoyo y colaboración prestada.
- A mi querida esposa Teresa, por haberme apoyado con amor en todo momento, porque sin su apoyo no habría llegado a la meta.

CONTENIDO

	Página
Capítulo Primero	
Introducción . . . . .	.1
Capítulo Segundo	
Material y Método . . . . .	.5
2.1.- Ubicación del área de estudio . . . . .	.5
2.2.- Situación política-administrativa e institucional .	7
2.3.- Descripción del área de estudio	8
2.4.- Historia del uso del manglar . . . . .	.10
2.5.- Etapas metodológicas	13
2.5.1.- Etapa 1: Diseño del muestreo	14
2.5.2.- Etapa 2: Levantamiento de la información . .	.16
2.5.2.1.- Estructura y composición, dosel principal	16
2.5.2.2.- Estructura y composición de la regeneración natural	20
2.5.3.- Etapa 3: Post-estratificación del universo muestral	23
2.6.- Procesamiento de la información . . . . .	.24
2.6.1.- Generalidades	24
2.6.2.- Errores estándares de las estimaciones y tamaño de muestra óptimo	25
2.7.- Estructura y composición del dosel principal . .	.27
2.7.1.- Diámetro a la altura del pecho y nº de árboles	27

2.7.2.- Areas Basales	27
2.7.3.- Volúmenes sólidos sin corteza	28
2.7.4.- Diámetro Medio Cuadrático	28
2.7.5.- Valores relativos de importancia	29
2.7.6.- Indices de Complejidad	30
2.7.7.- Alturas totales	31
2.7.8.- Tablas de existencias	31
2.7.9.- Otros parámetros estructurales	31
2.8.- Estructura y composición de la Regeneración Natural	32
2.8.1.- Patrones de Distribución Espacial y Densidad .	32
2.8.2.- Indices de Importancia	33
 Capítulo Tercero	
Revisión de Antecedentes Bibliográficos	34
3.1.- Estructura de los bosques de manglar	34
3.1.1.- Definiciones, conceptos y descripción	34
3.1.2.- Factores que rigen la estructura	36
3.1.3.- Investigaciones de la estructura del manglar .	38
3.1.4.- Metodologías utilizadas	39
3.2.- Atributos estructurales	42
3.2.1.- Diámetro a la altura del pecho	43
3.2.2.- Densidad	44
3.2.3.- Distribuciones Diamétricas	46
3.2.4.- Area Basal	47
3.2.5.- Diámetro Medio Cuadrático	49

3.2.6.-	Altura . . . . .	.49
3.2.7.-	Volumen	50
3.2.8.-	Distribución Espacial . . . . .	.51
3.2.9.-	Valor Relativo de Importancia	52
3.2.10.-	Indice de Complejidad	54
3.2.11.-	Otros atributos estructurales . . . . .	.55
3.3.-	Manejo Silvícola de los Bosques de Manglar	56
3.3.1.-	Consideraciones ecológicas	56
3.3.2.-	Objetivos de manejo	57
3.3.3.-	Reseña histórica	57
3.3.4.-	Sistemas utilizados en el Sudeste Asiático . . . . .	.58
3.3.5.-	Sistemas utilizados en América Latina	60
3.3.6.-	Ejemplos de manejo insostenible	61
3.3.7.-	Cortas intermedias . . . . .	.64
3.3.8.-	Corta final	66
3.3.9.-	Manejo de la Regeneración Natural . . . . .	.67

Capítulo Cuarto

Resultados y Discusión	70
4.1.- Obtención y procesamiento de la información . . . . .	.70
4.1.1.- Diseño de muestreo . . . . .	.70
4.1.2.- Levantamiento de la información en terreno e intensidad de muestreo	71
4.1.3.- Descripción de los rodales	73
4.1.4.- Comprobación de los supuestos	78
4.1.5.- Error estándar de las estimaciones	79

4.1.6.- Estimación de los componentes de varianza y del tamaño de muestra óptimo . . . . .	.80
4.2.- Estructura y composición del dosel principal . . .	81
4.2.1.- Densidad y Diámetro a la Altura del Pecho . . .	81
4.2.2.- Distribuciones Diamétricas	85
4.2.3.- Caracterización y evaluación de la estructura y composición del dosel principal	94
4.2.4.- Existencia por rodal . . . . .	.102
4.3.-Estructura y composición de la Regeneración Natural	111
4.3.1.- Patrones de distribución espacial	111
4.3.2.- Densidad . . . . .	.113
4.3.3.- Indices de Importancia	117
4.4.- Lineamientos para el manejo silvícola	117
4.4.1.- Objetivos de manejo	118
4.4.1.1.- Objetivos generales . . . . .	.119
4.4.1.2.- Objetivos específicos	120
4.4.2.- Síntesis histórica de las intervenciones . . .	120
4.4.2.1.- Rodal I . . . . .	.120
4.4.2.2.- Rodal II	122
4.4.2.3.- Rodal III	123
4.4.3.- Potencialidades y limitaciones para el manejo	124
4.4.4.- Sistema silvicultural	125
4.4.5.- Cortas Intermedias	130
4.4.6.- Corta . . . . .	.134
4.4.7.- Manejo de la regeneración natural . . . . .	.136

Capítulo Quinto	
Conclusiones . . . . .	.139
5.1.- Intensidad y error de muestreo . . . . .	.139
5.2.- Estimación de los componentes de varianza . . . . .	.139
5.3.- Composición estructural entre rodales . . . . .	.139
5.4.- Distribuciones diamétricas . . . . .	.140
5.5.- Composición y estructura del dosel principal . . . . .	.140
5.6.- Comparación estructural con otros manglares . . . . .	.142
5.7.-Existencias por hectárea en el dosel principal . . . . .	.144
5.8.- Composición y estructura, regeneración natural . . . . .	.145
5.9.- Objetivos de manejo y sistema silvicultural . . . . .	.146
5.10.- Cortas Intermedias y Corta . . . . .	.146
5.11.- Manejo de la regeneración natural . . . . .	.147
Capítulo Sexto	
Recomendaciones . . . . .	.148
Capítulo Séptimo	
Bibliografía citada . . . . .	.152
Anexos	

Espinosa S. A.R. 1992. Evaluación de la Estructura y Composición del bosque de manglar y lineamientos para su manejo silvícola en la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, Costa Rica.

Palabras claves: manglar, estructura composición, manejo, silvicultura, ecología, Térraba-Sierpe, Costa Rica.

RESUMEN

Se evaluó la estructura y composición de un bosque de manglar de un área en concesión en el interior de la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, en el Pacífico Sur de Costa Rica. Basado en los resultados obtenidos, se plantearon lineamientos para el manejo silvícola del recurso existente.

El levantamiento de la información en el campo se hizo a base de un muestreo sistemático en fajas, sobre las cuales se establecieron parcelas de 100 m² para evaluar el dosel principal (individuos de DAP ≥ 2.5 cm). A su vez, en el interior de éstas se ubicaron subparcelas de 1 m² para evaluar la regeneración natural. El área de estudio fue estratificada utilizando fotografías aéreas, con verificación posterior en terreno, lo que permitió establecer tres rodales, cada uno de los cuales con sus características distintivas en cuanto a su estructura, composición y estado del recurso.

El Rodal I se caracteriza por poseer la mayor altura promedio de la canopia, lo que indica la gran calidad del sitio en que crece. En comparación con el Rodal II (el cual prácticamente no ha sido intervenido aún), exhibe menores montos en densidad, área basal y volumen, lo que se debe a que ha sido sometido a una extracción selectiva desde hace unos 4 años. El Rodal III posee muy bajos niveles en cuanto a los tres parámetros citados, debido a fuertes intervenciones a que fue sometido hace unos 40 años atrás, razón por la que en la actualidad está cubierto en su mayor parte por una formación de *Acrostichum aureum*.

Pelliciera domina ampliamente en el interior de los tres rodales; *Rhizophora* también está presente en todos ellos, pero adquiere mayor relevancia en el Rodal I. Otros géneros como *Avicennia*, *Mora* y *Laguncularia* adquieren una cierta importancia en cuanto a densidad y área basal sólo en el Rodal III. En cuanto a la distribución diamétrica, los rodales I y II presentan una clara tendencia hacia la exponencial negativa ("jota invertida"), lo que refleja la participación de un género esciófito (*Pelliciera*) y otro heliófito (*Rhizophora*). Este tipo de distribución denota,

desde el punto de vista de la estructura del bosque, la presencia de muchos individuos de diámetros pequeños y de pocos de grandes tamaños. En el Rodal III la curva de distribución diamétrica no presenta ninguna tendencia clara, lo que se debe a su historial de intervenciones.

La regeneración natural es prácticamente nula en el rodal III, presentando un patrón agrupado en el interior de los rodales I y II. En cuanto a la composición, predomina el género *Pelliciera*, aunque existe también una buena densidad de individuos de *Rhizophora*, tanto en estado de crecimiento avanzado como en la etapa de establecimiento previo. Conforme a estándares utilizados en otros lugares (2.500 plántulas/ha), la densidad existente es adecuada como para garantizar el repoblamiento natural de los bosques luego de las intervenciones.

En cuanto a los lineamientos de manejo, se propone la adopción de un sistema de selección, según el cual los individuos de cualquier género que posean un DAP mínimo de 25 cm pueden ser extraídos. Deben dejarse en pie un cierto número de individuos con estas características, de manera tal de asegurar la permanencia de árboles productores de propágulos, así como también de corredores continuos que permitan el tránsito de especies de fauna, especialmente de tropas del mono Tití (*Saimiri spp*), dado su condición de especie con en peligro de extinción por destrucción de hábitat. Los individuos cuyo DAP se encuentran entre los 10 y 25 cm deben ser sometidos a cortas intermedias, particularmente raleos, para aprovecharlos comercialmente antes de que el proceso de autoraleo provoque una mortalidad natural. Además, una apertura del dosel permitiría la entrada de mayor luz al piso del bosque, con el consiguiente beneficio para la regeneración natural.

Debido a la falta de información aplicable, se propone utilizar un método empírico para determinar la oportunidad (en base al el grado de entrecruzamiento de copas) e intensidad del raleo (en base al distanciamiento entre árboles y % de extracción del área basal).

En cuanto al manejo de la regeneración natural, se estima que las existencias actuales, el sistema silvicultural y el régimen de raleos propuesto presentan una garantía para la conservación y establecimiento de las plántulas. Sin embargo, se propone efectuar evaluaciones periódicas de su estado y monto, así como también mejorar las técnicas de volteo y madereo.

Como resultado del sistema a utilizar, sería posible generar productos como postes de luz (*Pelliciera* y *Rhizophora*) y madera aserrada (*Pelliciera*). También leña, carbón y postes de finca, como subproductos.

Espinosa S. A.R. 1992. Evaluation of the structure and composition of the mangrove forest and guidelines for it's silviculture management in the Forest Reserve of Térraba-Sierpe, Costa Rica.

Key words: mangrove, structure, composition, management, silviculture, ecology, Térraba-Sierpe, Forest Reserve, Costa Rica.

SUMMARY

A mangrove forest located in the concession area Coopemangle R.L. in the interior of the Térraba-Sierpe Forest Reserve, in the southern Pacific zone of Costa Rica, was evaluated for its structure and composition. The information gathering in the field was based on a systematic sampling in strips, with a post-stratification based on determined characteristics in aerial photographs and ground truth. The post-stratification permitted the dividing of the area of study into three stands, confirming through Analysis of Variance and tests of the Least Significant Difference, the existance of structural differences between them in relation to the DBH (Diameter at breast height) and density. With respect to the diametrical distribution, stands I and II demonstrated a clear tendency towards "inverted J", which denotes the presence on many trees of small diameter and few of great size. Stand III did not present any clear tendency, wich is due to its history of irregular management.

Stand I is characterized by presenting the greatest average canopy height, which could be indicative of the excellent quality of the site in which it grows. It exhibits less density, basal area and volume in comparison to stand II, which is assuredly due to the fact that this stand has been left practically untouched.

Stand III exhibits low levels in all of these three parameters, resulting from the strong interventions to which it has been subjected. *Pelliciera* amply dominates in the three stands and although *Rhizophora* is present in all the stands, it demonstrated a more significant presence in stand I. For their part, the grouping of other genuses (*Mora*, *Avicennia* and *Laguncularia*) plays an important role only in the interior of stand III.

Based on structural antecedents and obtained compositions, the general guidelines are set for the silviculture management of the mangrove. In all of the general and specific objectives, equal importance is given to the functions of production, environmental protection, and generation of local employment. The adoption of a silvicultural system of selection was proposed, with a minimum cutting diameter of 25 cm, which would permit the

generation of final products such a telephone posts, cut lumber, and bark for tannin. It is equally possible to obtain fuelwood, charcoal, and fenceposts as subproducts of the aforementioned items.

Considering the lack of applicable information to desing a thinning schedule, useing an empirical method to set the intensities of the thinning based on the degree of crown-crossing is proposed to determine the opportunities of thinning in the control of average spacing between trees and of the percentage of the extracted basal area.

With regard to the management of the natural regeneration it is estimated that the current stock as much as the adopted silvicultural system and regimen of proposed cutting presents a guarantee of conservation and establishment of seedling. However, as it was established that the natural regeneration grows in isolated form, measures must be taken to improve it's spatial distribution. Moreover, periodical evaluations are proposed of it's state and stock as well as to improve the techniques of cutting and skidding.

INDICE DE CUADROS

Nº	Contenido	Página
1	Criterios para asignar las categorías de Uso Potencial en árboles individuales	18
2	Esquema del proceso de levantamiento de la información	22
3	Volumen de la información levantada en terreno e intensidad de muestreo (Dosel Principal)	71
4	Volumen de la información levantada en terreno e intensidad de muestreo (Regeneración Natural)	73
5	Características diferenciales de los rodales establecidas mediante fotointerpretación	74
6	Errores de muestreo por atributo y rodal	79
7	Estimación de los Componentes de Varianza y tamaño de muestra óptimo	80
8	Comportamiento del DAP y la Densidad	82
9	Diferencias significativas (DMS) entre DAP y Densidad Promedios	84
10	Caracterización de la Estructura y Composición del Dosel Principal	95
11	Comparación estructural de rodales por Tipo Fisiográfico	99
12	Tabla de Existencias (Rodal I)	104
13	Tabla de Existencias (Rodal II)	105
14	Tabla de Existencias (Rodal III)	106
15	Pruebas de Bondad de Ajuste para determinar Patrones de Distribución Espacial	112
16	Densidad de Plántulas por Rodal	114
17	Existencias por hectárea de Regeneración Natural	115
18	Indices de Importancia	117

INDICE DE FIGURAS

Nº	Contenido	Página
1	Area de Estudio	6
2	Muestreo sistemático en el campo	15
3	Rodalización de área en estudio	77
4	Comportamiento del DAP y Densidad por Rodal	85
5	Distribuciones diamétricas bosque total	87
6	Distribución de Frecuencias por Etapas de Desarrollo.	89
7	Distribución diamétrica (Rodal I)	92
8	Distribución diamétrica (Rodal II)	92
9	Distribución diamétrica (Rodal III)	93
10	Existencias/ha (Rodal I)	108
11	Existencias/ha (Rodal II)	108

INDICE DE ANEXOS

Nº	Contenido
1	Formulario de Terreno
2	Pauta de Terreno
3	Normas para la medición de DAP con corteza en árboles en pie
4	Clases de Iluminación de Copas
5	Formas de la Copa
6	Categorías de Tamaño (Regeneración Natural)
7	Clases de Iluminación de las subparcelas
8	Valores residuales vs predichos para LDAP (Rodal I)
9	Valores residuales vs predichos para LDAP (Rodal II)
10	Valores residuales vs predichos para LDAP (Rodal III)
11	Existencias por ha desglosadas por rodal, género y Estado de Desarrollo
12	Códigos utilizados
12-A	Tabla de Existencias por ha (Rodal I)
12-B	Tabla de Existencias por ha Rodal I (Continuación)
13-A	Tabla de Existencias por ha (Rodal II)
13-B	Tabla de Existencias por ha Rodal II (Continuación)
14-A	Tabla de Existencias por ha (Rodal III)

- 14-B Tabla de Existencia por ha Rodal III (Continuación)
- 15 Distribución de Frecuencia del Rodal I (Regeneración Natural)
- 16 Distribución de Frecuencia del Rodal II (Regeneración Natural)
- 17 Distribución de Frecuencia del Rodal III Regeneración Natural).

CAPITULO PRIMERO

INTRODUCCION

El concepto de manglar ha sido definido bajo dos acepciones totalmente distintas entre sí. Una de ellas, lo define como "un grupo ecológico de especies halófitas que pertenecen a unos 20 géneros diferentes" (Thom, 1975 *et. al*). Otros autores lo han definido como "ecosistemas forestales ubicados en zonas intermareales de los trópicos y subtrópicos, cuyas especies vegetales presentan adaptaciones para sobrevivir en suelos salinos, fangosos e inundados y con una deficiencia periódica de oxígeno a nivel de las raíces" (Lugo y Snedaker, 1974). De estos dos enfoques anteriores, el que más se ajusta para los efectos de la presente Tesis, es aquel que lo define como un ecosistema.

Los manglares son ecosistemas son muy importantes desde el punto de vista ecológico, debido a que presentan una de las más altas tasas de productividad primaria bruta del mundo (Schaeffer-Novelli, 1983). Sin embargo, su importancia no se debe exclusivamente a ello, por cuanto también juegan un rol ecológico fundamental al proteger las costas contra la erosión y a los poblados costeros contra la acción del viento y mareas (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983). Además, en conjunto con los sistemas estuarinos asociados constituyen un ambiente muy favorable para la protección y reproducción de una multitud de formas de vida, como peces, crustáceos, moluscos, aves y mamíferos, entre

otras (Rutzler, 1969; Blasco, 1977; Thom, 1982; Yáñez-Arancibia, 1986).

Los manglares también cumplen un importante rol en el plano socio-económico, pues son el medio de subsistencia para las comunidades que viven en sus inmediaciones, las que realizan una gran variedad de actividades productivas, como la ganadería y agricultura extensiva, la silvicultura, acuicultura artesanal, la pesca y la caza, la extracción de sal y el desarrollo de actividades turísticas, entre otras (Benessalah, 1988; Ferrán, 1991).

Desde el punto de vista silvícola, los manglares poseen una serie de características muy favorables para su manejo: tienden a formar rodales más o menos puros y de estructuras muy simples en los cuales existen especies aptas para el mercado, lo que facilita su ordenación; presentan un crecimiento rápido en ambientes favorables (9-10 m³/ha/año en Malasia, por ejemplo; FAO, 1982); tienen un gran potencial para regenerarse y además pueden producir una serie de bienes y servicios, incluso mientras se están regenerando. Todas estas características hacen factible el planteamiento de esquemas de manejo sostenibles, siempre y cuando el recurso sea intervenido adecuadamente (Du, 1962; Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1985; Lamprecht, 1990; Whitmore, 1990).

Obviamente, las potencialidades para el manejo que presentan los manglares se favorecen aún más con un buen desarrollo estructural de la masa a manejar, lo que depende de la existencia de una serie de factores ambientales, como por ejemplo: temperaturas cálidas, abundancia de sustratos aluviales, resguardo del oleaje y marejadas fuertes, presencia de agua salada, la amplitud de las mareas y altos montos de precipitación y escorrentía (Walsh, 1974; Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983). Los bosques de manglar de la Reserva Forestal de Matang en Malasia, por ejemplo, exhiben un alto grado de desarrollo estructural y han sido manejados desde principios de siglo hasta la actualidad bajo un concepto de rendimiento sostenido (Tang y Cheah, 1981).

En Costa Rica, los manglares que se encuentran en el interior de la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, en el suroeste del país, son los que presentan el mayor desarrollo estructural, debido a las excelentes condiciones ambientales en las cuales crecen (Jiménez y Soto, 1985; Chong, 1988a; Chong, 1988b). Por este motivo, estos bosques presentan un gran potencial de respuesta a un manejo silvícola, lo que deja en evidencia la urgencia de replantear el esquema de manejo actual, basado más que nada en la experiencia práctica que en el conocimiento científico, tendiendo puentes entre ambas tendencias y transfiriendo los resultados de este proceso.

En esta tarea futura, es muy importante considerar el contexto socio-económico en que deben ser aplicado, puesto que se está incrementando cada vez más la presión de uso sobre el recurso por parte de las comunidades que viven en las áreas aledañas a éste. En efecto, ellas representan un total aproximado de 6.000 personas que dependen de una u otra forma de los recursos que la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe les provee (Calderón y González, 1992). Este último aspecto es de primera importancia, por cuanto los principales obstáculos que impiden el uso racional de los bosques tropicales no son de índole biológico ni ecológico, sino que socio-económico y cultural (Finegan, 1991).

Como un aporte para solucionar la problemática expuesta, la presente Tesis tiene como objetivo general contribuir al manejo sostenible de los manglares localizados en la costa sudoeste de Costa Rica. Para ello, se han planteado los siguientes objetivos específicos: (1) evaluar la estructura y composición del manglar, y (2) proponer lineamientos para su manejo silvícola.

Como resultado de esta Tesis, se pretende obtener un mayor conocimiento de este tipo de formaciones y generar un conjunto de lineamientos para un manejo adecuado del recurso, de manera que sean fácilmente transferibles a las personas que tienen la responsabilidad de manejarlos.

CAPITULO SEGUNDO

MATERIAL Y METODOS

2.1.- Ubicación del área de estudio

La Reserva Forestal de Térraba-Sierpe se encuentra en el Pacífico sur de Costa Rica, entre los 8º47' y los 9º03' de latitud Norte y entre los 83º29' y los 83º38' de longitud Oeste. En el sector noreste de esta Reserva, más específicamente en las inmediaciones del poblado de Coronado de Osa, existe un superficie de 200 ha que la Dirección General Forestal entregó en concesión a una cooperativa autogestionaria denominada COPEMANGLE R.L., en cuyo interior se ubica el área de estudio, siendo sus límites los esteros Polines y Tripa de Pollo. El acceso a dicho lugar es por vía terrestre hasta la localidad de Palmar Norte, desde la cual se debe seguir el camino hasta Ciudad Cortés. Aproximadamente unos 3 Km antes de llegar a ésta, se debe tomar un desvío hacia el Oeste, el cual conduce al caserío de Coronado de Osa. Desde este punto, se debe navegar por canales internos del manglar una extensión de aproximadamente unos 2 Km para acceder al área de estudio (Figura N°1).

2.2.- Situación política-administrativa e institucional

Desde el punto de vista político-administrativo, el área de estudio se encuentra en el sector de Coronado de Osa, Provincia de Puntarenas, Cantón de Osa, formando parte de los Distritos 1º y 3º de Cortés y Sierpe, respectivamente.

Desde el punto de vista legal, todos los manglares de Costa Rica han sido protegidos al ser declarados como Reservas Forestales mediante el Decreto Ejecutivo Nº7210-A de 1977. Posteriormente, los límites originales de la Reserva fueron ampliados mediante los D.E. Nº10.005-A de 1979, D.E. Nº15.402-MAG de 1984 y D.E. Nº16.852-MAG de 1983 (UNA, 1990).

El manejo y administración de la Reserva depende del Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas (MIRENEM) el cual ha delegado esta responsabilidad a la Dirección General Forestal (DGF), Departamento de Reservas Forestales. En conjunto con el Parque Nacional Corcovado, la Reserva Forestal Golfo Dulce y el Refugio de Vida Silvestre de Golfito, forman parte del Área de Conservación de Osa, cuyo objetivo es manejar coordinadamente este conjunto de áreas silvestres protegidas, garantizando de esta forma una gestión más eficiente, en consideración a las distintas instituciones involucradas (MIRENEM, 1990).

En virtud de las disposiciones contenidas en la Ley Forestal N^o4.465 de 1986, los aprovechamientos de todas las Reservas Forestales -y por ende de la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe- sólo podrán efectuarse mediante concesiones, las cuales a su vez se otorgan previa aprobación de un Plan de Manejo Forestal (Marín, 1991) por la DGF.

En este contexto descrito, en el año 1987, Coopemangle R.L. obtuvo una concesión sobre una superficie total de 200 ha, aproximadamente, con el fin de aprovechar al máximo los recursos existentes en el interior del área, conforme a la normativa prevista en el Plan de Manejo (Rojas, 1987).

2.3.- Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la desembocadura del río Grande de Térraba, por lo que es parte del sistema deltaico de la cuenca del río más caudaloso de Costa Rica.

El clima es lluvioso, con una precipitación anual promedio de 3.647 ± 640.3 mm, cuyas máximas se presentan en los meses de Mayo-Junio y en Septiembre-Octubre.

Posee una temperatura media anual de 26^oC, siendo Marzo el mes más cálido (29.6^oC) y Octubre el mes de menor temperatura (25.2^oC). Desde mediados de Noviembre a mediados de Abril se presenta un período de temperaturas

generalmente más bajas, fuertes vientos y un clima relativamente seco (Chong, 1988a y 1988b).

Desde el punto de vista geomorfológico, la Reserva está formada por rocas de origen sedimentario del período Cuaternario, las que conforman las denominadas "marismas", compuestas por sedimentos finos como limo y arcilla (Chong, 1988a).

Como resultado de las actividades de extracción sobre el bosque de manglar, el área de estudio presenta las siguientes situaciones:

- a) Superficies en las que existe poca intervención, o bien ésta es inexistente.
- b) Superficies que han sido intervenidas mediante cortas selectivas.
- c) Superficies que han sido fuertemente intervenidas en el pasado, por lo cual presentan escasa cobertura arbórea.

En el primer caso, el bosque presenta una gran homogeneidad en cuanto a composición y estructura, siendo *Rhizophora spp* y *Pelliciera rhizophorae* la mezcla de especies predominante, aunque también es posible encontrar en algunos sectores ambos géneros creciendo en masas casi puras.

En los sectores intervenidos, la composición es básicamente la misma que la descrita para el caso anterior,

pero es común ver un mosaico de situaciones distintas, en las que se combinan agrupaciones de formas y extensiones variables.

Las superficies con escasa cobertura arbórea están dominadas casi exclusivamente por *Acrostichum aureum*, helecho que forma tapices densos y casi impenetrables, cuyas alturas promedios varían entre los 2 a 4 m. En estas formaciones de helechos, denominada localmente "negraforrales", es posible ver la presencia de individuos aislados tanto de *Rhizophora* spp como de *Pelliciera rhizophorae*, los cuales a veces también conforman pequeños bosquetes en el interior de éstas .

2.4.- Historia del uso del manglar

Los bosques de manglar que se encuentran al interior de lo que hoy constituye la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, han sido utilizados desde hace mucho tiempo por los indígenas Brunca-Térraba, los que extraían el colorante de la corteza de *Rhizophora mangle* para teñir sus vestimentas (Calderón y González, 1992). Posteriormente, desde la década del cuarenta del presente siglo, la United Fruit Company, bajo el nombre de Compañía Bananera de Costa Rica, se estableció en el sector de Palmar Norte, extrayendo del manglar puntales destinados a las plantaciones de banano y materia prima para la elaboración de durmientes

ferrocarrileros. En la actualidad, existen una serie de familias de carboneros que han mantenido sus prácticas de extracción de madera de mangle para la confección de carbón.

En la periferia del manglar, en sectores otrora cubiertos por bosques de diferentes tipos, existen algunas pequeñas extensiones destinadas a cultivos de subsistencia como el arroz, plátano, yuca, frijoles y maíz. También es posible encontrar plantaciones de mediana a gran superficie destinadas al cultivo del cacao, maíz, palma africana, arroz, y sorgo (UNA, 1990). Además de la agricultura tradicional, existen otra serie de actividades económicas en los bordes e interior del manglar, como por ejemplo la pesca, la cual se realiza tanto dentro como fuera de la Reserva, en tres modalidades: pesca artesanal, pesca a mar abierto y aquella realizada en estuarios, asociada a embarcaciones camaroneras (Calderón y González, 1992). La extracción de la Piangua (*Anadara spp*) y de otros moluscos es llevada a cabo por comunidades que viven en diferentes desembocaduras del delta Térraba-Sierpe, como por ejemplo en Boca Chica, Boca Zacate y Boca Guarumal (CATIE/UICN, 1991). Sin embargo, los únicos que tienen autorización legal para extraer productos del mar desde el interior de la Reserva Forestal es la Asociación de Pescadores de Moluscos de Osa (APEMO), una sociedad familiar que posee una concesión de uso por 1.694 ha. entre el Estero Zacate y la Boca Guarumal

(González, 1991¹). En la zona de Palmares, más específicamente en las inmediaciones del estero Camibar, afluente del Sierpe, funciona una finca camaronera, cuyo propietario es la Sociedad Cañera Las Flores, la cual posee una concesión de uso otorgada por la DGF por 200 ha ubicadas en el interior de la Reserva (González, 1992²). Por último, en la desembocadura del río Sierpe, más específicamente en la Isla Violín, ubicada en el extremo suroeste de la Reserva, existe una actividad minera artesanal basada en la extracción de arenas auríferas, en yacimientos que parecen ser ricos en oro (González, 1992³).

Aunque las actividades de extracción han ocurrido desde muchos años atrás, existe una presión creciente como resultado del desempleo creado por la partida de la compañía bananera en 1984. Por este motivo, un gran número de familias dependen ahora de los manglares para subsistir, extrayendo productos como carbón, leña, corteza para la producción de taninos, estacas, puntales y moluscos (*Anadara tuberculosa*). En el futuro, esta situación podría cambiar, debido a que la Compañía Bananera ha decidido retornar a la zona. Sin embargo, la estrategia de producción sería diferente a las anteriores, por cuanto se fomentaría el

1. González A., Jaime. 1992. Uso actual de la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe. Coordinador Nacional del Proyecto Danida-Manglares, Térraba-Sierpe (Comunicación personal).

2. Idem.

3. Idem.

establecimiento de plantaciones en terrenos particulares no pertenecientes a la Compañía, la cual solamente les compraría su producción (González, 1992⁴). Esta modalidad a implementarse no significaría al parecer, una mejora en el sistema de tenencia y uso de la tierra, puesto que sería sometida a fuertes presiones para sistemas de producción basados en una sola especie.

Fuera del área en concesión, pero dentro de los límites de la Reserva, existen comunidades de mangleros ubicados fundamentalmente en las bocas del delta de Térraba-Sierpe (Boca Guarumal, Boca Chica, Boca Zacate y Boca Brava) que viven de actividades clandestinas e ilegales, consistentes en elaborar carbón a partir de madera de mangle. Estos mangleros no extraen leña desde el área en concesión, pero de todas formas causan un grave perjuicio sobre los asociados a Coopemangle, compitiendo con ellos por vender el producto generado a menores precios que los de éstos (Lahmann, 1992).

2.5.- Etapas metodológicas

Para el logro de los objetivos propuestos, el trabajo desarrollado ha sido dividido en Etapas Metodológicas claramente diferenciables entre sí, a saber:

4. González A., Jaime. 1992. Uso actual de la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe. Coordinador Nacional del Proyecto Danida-Manglares, Térraba-Sierpe (Comunicación personal).

2.5.1.- Etapa 1: Diseño del muestreo

La información de campo se realizó conforme a un diseño denominado Muestreo Sistemático con estratificación posterior, el cual consistió en definir una línea base en la periferia del área de estudio, haciéndola coincidir con el borde del Estero Polines. A partir de esta línea base, se trazaron fajas perpendiculares, separadas entre sí a una distancia sistemática de 200 m, las cuales fueron definidas siguiendo un rumbo fijo de 90°. La ubicación de la primera faja se hizo a una distancia aleatoria, entre 0 y 200 m. sobre la línea base. Sobre esta primera faja, se ubicó a su vez la primera parcela también en forma aleatoria, dentro de los primeros 40 m. Todas las parcelas tuvieron 100 m² de superficie (10x10 m) y a partir de la primera parcela se ubicaron a continuación las restantes, con un distanciamiento sistemático de 40 metros sobre las fajas, hasta alcanzar el límite opuesto del área de estudio, es decir, hasta llegar al Estero Tripa de Pollo, barriendo de esta forma toda su extensión. En la esquina inferior izquierda de cada parcela grande se ubicaron las subparcelas de 1x1m (1 m²) mediante las cuales se evaluó la regeneración natural (Figura N°2).

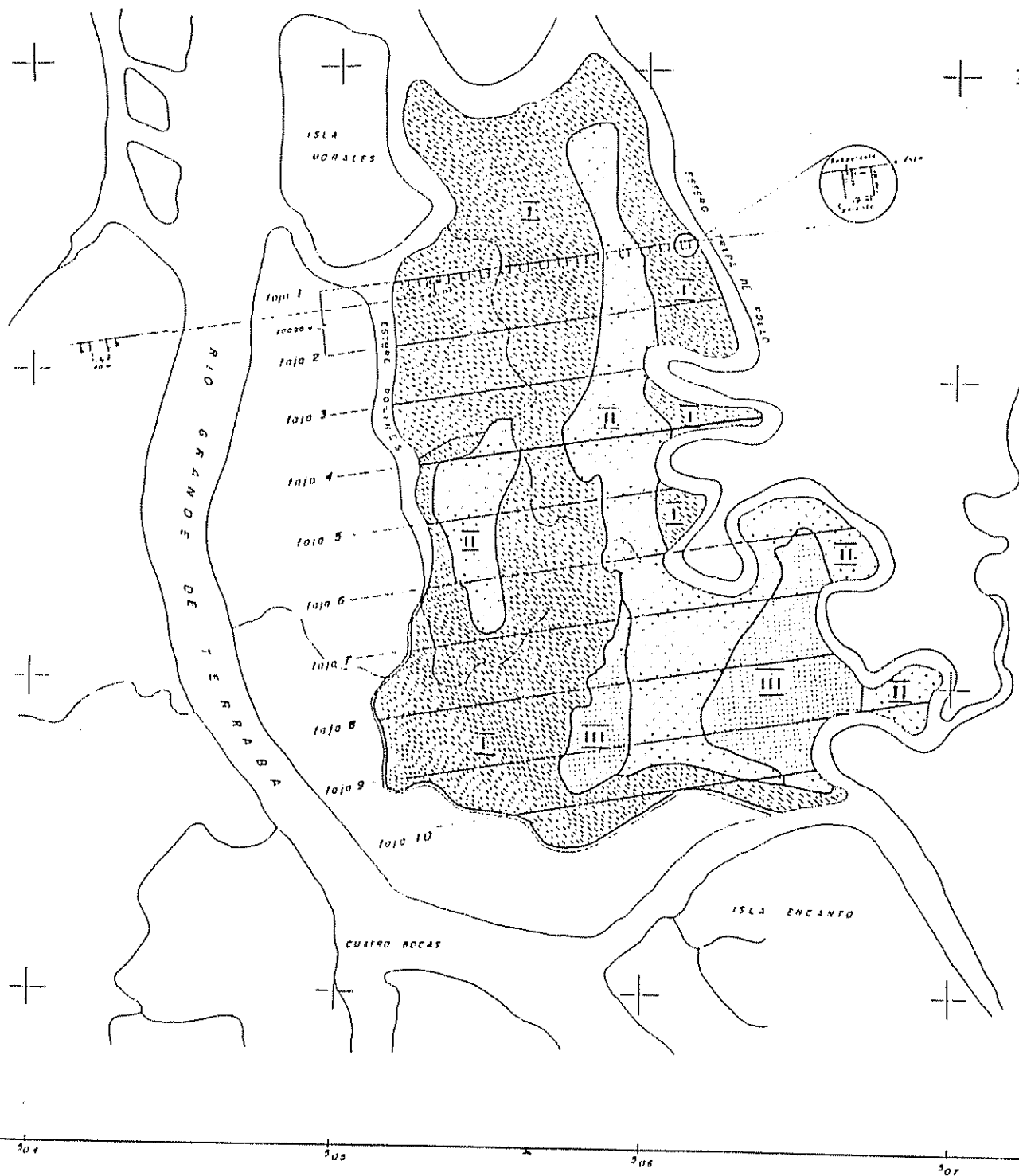


Figura N°2: MUESTREO SISTEMATICO EN EL CAMPO

LEYENDA

- Rodal I = 125 parcelas y sub-parcelas
- Rodal II = 56 parcelas y sub-parcelas
- Rodal III = 58 parcelas y sub-parcelas
- TOTAL 219**

Fotografías aéreas de 42750 a ln 42755
R-727 - L2 escala 1:20 000 (16 II 87)

Trabajo de campo realizado por
Alejandra Estrada S

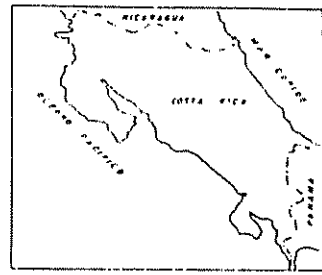
MAPA BASE
Hoja: Coronado - Térraba
Escala 1:50 000 - 2ª edición
Dibujó Cristian Asch

JULIO 1988

ESCALA 1:10 000



UBICACION ZONA DE ESTUDIO



2.5.2.- Etapa 2 : Levantamiento de la información

2.5.2.1.- Estructura y composición del dosel principal

En cada parcela se evaluaron atributos ambientales y estructurales, conforme al formato que se muestra en el Formulario de terreno que se adjunta en el Anexo N^o1. Los criterios utilizados para evaluar cada uno de estos atributos en individuos cuyo Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) era mayor a 2.5 cm se detallan en la pauta de terreno (Anexo N^o2).

Los atributos estructurales que fueron evaluados en el campo son los que a continuación se detallan:

a) N^o de la parcela : todas las parcelas medidas recibieron un código identificadorio.

b) Género : todos los individuos fueron identificados por el nombre común que reciben en la localidad y por su nombre científico, a nivel de género puesto que, en ausencia de caracteres taxonómicos como la flor y/o fruto, es muy difícil establecer la identidad de los individuos a nivel de especie, en particular *Rhizophora* (Hou, 1960; Breteler, 1977; Jiménez. 1987). Esto permitió llevar un conteo del número total de individuos pertenecientes a cada género al interior de cada parcela, en base a lo cual se pudo estimar posteriormente la densidad por género.

c) **Diámetro a la altura del pecho (DAP)** : El DAP se midió a 1,3 m sobre el lado más alto de la pendiente, o a 30 cm sobre la gamba o raíz. A diferencia del bosque de tierra firme, en el caso de los bosques de manglar la sección de los fustes muy rara vez muestra excentricidad, por lo que el error resultante de efectuar una sola medición se puede ignorar (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984). Por esta razón, sólo se efectuó una medición del diámetro en cada individuo, para lo cual se usó cinta diamétrica, efectuando las lecturas con una precisión de un milímetro. En el Anexo N°3 se entrega un detalle de los criterios utilizados para medir el DAP de los árboles.

d) **Clase de iluminación de copas** : La evaluación de esta variable consistió en efectuar una apreciación de la clase de iluminación que recibe la copa del árbol, conforme a la pauta entregada por Dawkins (1958), la cual se entrega en el Anexo N°4.

e) **Forma de la copa** : este atributo fue evaluado en base a una apreciación de la clase de forma que tiene la copa, conforme a una pauta diseñada por Synnot (1990), de la forma en que se detalla en el Anexo N°5.

f) **Etapa de desarrollo** : todos los individuos fueron encasillados en una cierta etapa de desarrollo (plántula, brinzal, latizal o fustal), según la pauta descrita en el Anexo N°2.

g) Usos potenciales: se evaluaron todos los individuos respecto de su uso potencial, en algunas de las siguientes categorías, conforme a los criterios detallados en el siguiente Cuadro:

Cuadro N01: Criterios para asignar las categorías de Uso Potencial en árboles individuales.

Tipo de Uso Potenciales	Géneros			Mínimos requeridos	
	Pe	Rh	Ot	DAP (cm)	Longitud (m)
Protección (1)	x	x	x	-	-
Poste de luz (2)	x	x	-	25.0	11.0
Corteza (3)	-	x	-	30.0	-
Madera aserr.(4)	x	-	-	30.0	-
Poste finca (5)	x	x	-	10.0	2.0
Leña (6)	x	x	-	10.0	-
Carbón (7)	x	x	-	2.5	-

BASE: Información de terreno y comunicación personal con miembros de COOPEMANGLE R.L.

NOTAS:

(1): Conforme a las recomendaciones hechas por Letourneau y Dixon (1982), cualquier individuo que se encuentre a menos de 10.0 m de un curso de agua permanente se debe proteger para prevenir la erosión, razón por la cual no deberán ser cortados.

(2): Se encuentran bastante avanzadas las gestiones entre COOPEMANGLE y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) para la comercialización de *Rhizophora* y *Pelliciera*

destinados a postes eléctricos, lo que será una realidad a corto plazo. Se prefiere *Rhizophora*, por su mayor resistencia mecánica, pero se hacen gestiones con el ICE para la aceptación de *Pelliciera*, de inferiores aptitudes mecánicas (Sibaja, 1992⁵).

(3): Para corteza se necesitan individuos de *Rhizophora* cuyo diámetro mínimo sea de 35 cm, siempre y cuando su corteza pueda ser desprendida con facilidad con un machete (es decir, "que pele", utilizando la jerga de la gente del lugar).

(4): para madera aserrada se necesitan individuos de *Pelliciera* de forma recta, de un DAP mínimo de 30 cm y 4 m de longitud (Elizondo, 1992⁶).

(5): se aceptan para este uso individuos de *Pelliciera* o *Rhizophora*. Sin embargo, *Pelliciera* es más cotizada que *Rhizophora* para este tipo de uso.

(6): Para la elaboración de leña se aprovecha prácticamente todo el material leñoso. Se prefiere *Rhizophora*, por sus mejores características calóricas.

(7): Al igual que para el caso anterior, para la confección de carbón se prefiere *Rhizophora*, por sus excelente calidad calórica.

5. Sibaja, Elián. 1992. Proyecto para la comercialización de postes para alumbrado eléctrico al ICE (Comunicación personal).

j) **Altura total:** se midió la altura total de 10 árboles dominantes de cada rodal, con una precisión de 0.1 m, utilizando para tal efecto un hipsómetro marca Suunto.

k) **Observaciones:** se anotaron otros datos relevantes no consignados antes, como los tratamientos silvícolas aplicados a la masa, el historial del individuo, presencia de lianas en el fuste o en la copa, etc. (Anexo N^o2).

Además de los atributos estructurales, se evaluó a nivel de parcela la distancia desde el centro de ésta hasta el curso de agua permanente más cercano, información que fue obtenida controlando la distancia acumulada que existía desde el punto de partida de una faja cualquiera (a orillas del estero Polines) hasta la parcela en cuestión.

2.5.2.2.- Estructura y composición de la regeneración natural

En cada una de las subparcelas de 1 m² fueron evaluadas las siguientes variables (Anexo N^o1):

a) **Número de la subparcela:** al igual que en el caso de las parcelas, cada subparcela recibió una numeración consecutiva.

b) **Género :** se evaluó igual que en el caso de las parcelas.

c) **Estado de la planta :** todos los individuos dentro de las subparcelas fueron catalogados conforme al estado en que se

encontraban en algunas de las siguientes categorías : sana, enferma o dañada y muerta.

d) Causa (Enf/daño): en caso de que la plántula se encontrara enferma o dañada, se consignó el agente causal (ver Anexo N°2).

e) Categorías de tamaño: todos los individuos fueron encasillados dentro de algunas de las categorías de tamaño definidas al efecto (Anexo N°6).

f) Observaciones: se consignaron una serie de datos adicionales, conforme a lo detallado en la pauta de terreno (Anexo N°2).

g) Clases de iluminación: se evaluó el tipo de iluminación que recibían las subparcelas, de acuerdo a la pauta diseñada por Dawkins (1959), la cual se entrega en el Anexo N°7.

El el Cuadro N°2 se muestra un resumen de la estructura general que tuvo el proceso de toma de datos, tanto en el interior de las parcelas como en las subparcelas.

Cuadro NQ1: Resumen del proceso de toma de datos

Aspecto a estudiar por rodal	Unidad de muestreo	Atributos a evaluar
Composición (*)	Parcela (10x10m)	Género
Estructura (*) (***)	Parcela	DAP Nº de árboles (densidad) Etapa de Desarrollo Forma e iluminación de la Copa Posición y causa daños Posición de pudriciones Usos Potenciales
Regeneración Natural (**)	Subparcela (1x1m)	Género Nº de plántulas Clases se tamaño Estado de la plántula Causa de la enfermedad o daño Clase de iluminación subparc.
Caracterización Ambiental	Parcela	Altura de la marea Tipo Fisiográfico

NOTAS:

- (*) : se muestrean todos los individuos cuyo DAP sea ≥ 2.5 cm
- (**) : se muestrean todos los individuos cuyo DAP sea < 2.5 cm
- (***) : se midieron además la altura total de 10 árboles dominantes por rodal

2.5.3.- Etapa 3 : Post-estratificación del universo muestral

Una vez levantada la información de campo, se efectuó una post-estratificación del universo muestral, subdividiendo el área de estudio en partes más homogéneas denominadas "Rodales". Esto hace posible un posterior procesamiento de la información en forma independiente para cada uno de los rodales, reduciendo de esta forma la variabilidad de los parámetros estimados (FAO, 1981; Menéndez, 1989).

Para efectuar la rodalización planteada se trabajó en gabinete, interpretando los fotogramas del área de estudio (año 1987, escala promedio 1:20.000), con la ayuda de un estereoscopio de espejo marca Karl Zeiss.

La rodalización consistió en delimitar el bosque en sectores más homogéneos denominados "rodales", utilizando para ello criterios como el porcentaje de cobertura de copa de los distintos géneros y criterios de carácter pictórico, como la textura, grano y color (Chong 1988a; Benessalah, 1988; Cohdefor, 1989). En forma posterior, la fotointerpretación hecha en gabinete fue refrendada en terreno, efectuando las correcciones correspondientes y trazando los límites definitivos de los rodales sobre los fotogramas. Con esta base, se procedió generar el mapa definitivo de los rodales, traspasando a éste la información

corregida desde las fotos aéreas, lo que se efectuó con un Stereo Zoom Transfer Scope marca Bausch & Lomb. Teniendo como base el mapa final a escala 1:10.000 se calcularon las superficies cubiertas por cada rodal, con la ayuda de un planímetro digital marca Lasico.

2.6.- Procesamiento de la información

2.6.1.- Generalidades

Antes de llevar a cabo el análisis de los datos generados, fue necesario probar el cumplimiento de una serie de supuestos, procedimiento que permite validar las pruebas estadísticas a efectuar sobre el conjunto de datos (Steel y Torrie, 1985). Estos supuestos son los siguientes:

- a) Los valores promedios deben presentar una distribución aproximadamente normal.
- b) Debe existir homogeneidad de varianza.
- c) Los errores de cada observación no deben estar correlacionados.

Conforme se detalla en los resultados, el supuesto (a) no debió ser comprobado por el gran número de muestras tomadas al interior de cada rodal. Por su parte, los supuestos (b) y (c) fueron comprobados mediante la técnica gráfica denominada Análisis de Residuos (Draper y Smith, 1981).

Una vez hecha la comprobación de los supuestos, se creó la base de datos, a partir de la cual se hicieron los análisis estadísticos y se generaron los resultados. Para el efecto, se crearon tres archivos distintos: el primero de ellos contenía la información ambiental y de ubicación de las parcelas; el segundo contenía lo referente al dosel principal y el tercero lo concerniente a la regeneración natural. Todos ellos contenían variables de enlace, que permitió concatenarlos para efectuar análisis sobre toda la base de datos en forma simultánea.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el software denominado Sistema de Análisis Estadístico, versión 6.06 (SAS, Institute Inc., 1989), utilizando para ello un computador Modelo IBM 9375 del Centro de Cómputo del CATIE. En las diferentes pruebas estadísticas que se desarrollaron, se consideró un valor como muy significativo a un 99% de confiabilidad; significativo al 95% y no significativo menor que un 95%.

2.6.2 .- Errores estándares de las estimaciones y tamaño de muestra óptimo

El error de muestreo porcentual (E%) fué obtenido en cada rodal a partir de los Diámetros a la Altura del Pecho (DAP) y el Número de Arboles (NUMARB) observados. Se calcularon conforme al siguiente guarismo (Kershaw, 1985):

$$E(\%) = (S_{\bar{X}}/\bar{X}) * 100$$

En donde:

- $S_{\bar{X}}$ = error estándar del promedio de un atributo poblacional (DAP, NUMARB, etc).
- \bar{X} = promedio del atributo poblacional

Los tamaños óptimos de muestras para cada rodal, en términos de Nº de parcelas, para un error máximo permisible de un 10%, se obtuvieron estimando los componentes de varianza de los DAP observados en terreno. Para ello, se utilizó la siguiente expresión (Ives y Moon, 1987):

$$n = (\sigma_{\epsilon}^2/a + \sigma_p^2) / (\bar{Y}^2 * E^2)$$

En donde:

- n: es el número óptimo de parcelas
- σ_{ϵ}^2 : es el componente de varianza debida a las parcelas.
- a: es el número de árboles promedio por parcela.
- σ_p^2 : es el componente de varianza debida al error.
- \bar{Y} : es el DAP promedio de las parcelas (cm).
- E: es el error de muestreo máximo permisible (en este caso un 10%).

2.7.- Estructura y composición del Dosel Principal

2.7.1.- Diámetro a la Altura del Pecho y Número de Árboles

Debido a que el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y el Número de Árboles por Parcela (NUMARB), son consideradas las dos variables estructurales más importantes para estudiar las comunidades forestales (Mateucci y Colma, 1982; FAO, 1985), el análisis estructural y composicional del dosel principal del manglar se efectuó prioritariamente en base a estos dos parámetros. Para probar estadísticamente diferencias estructurales entre los distintos rodales, se efectuaron Análisis de Varianza (ANDEVA) para una significancia de un 99%.

2.7.2.- Areas Basales

Las áreas basales de los árboles individuales (AB) fueron obtenidas a partir de los DAP observados en terreno, conforme a la siguiente expresión (Loetsch et al, 1973):

$$AB (m^2) = \pi/4*(DAP)^2$$

A partir de esta fórmula, se obtuvieron las áreas basales promedios por parcela en el interior de cada rodal. Además, se calcularon las existencias totales, sumando las AB individuales de los árboles pertenecientes a cada clase diamétrica refiriéndolas a 1 hectárea (Husch et al, 1982).

2.7.3.- Volúmenes sólidos sin corteza

Chong (1988a) generó Tablas Locales de Volumen para la misma área de estudio de la presente Tesis, lo que permitió utilizarlas directamente. Mediante estas tablas se calcularon los volúmenes netos sin corteza de árboles individuales, a partir de un DAP mínimo de 10 cm.

Los volúmenes netos de árboles individuales se obtuvieron a partir de las siguientes ecuaciones de regresión para *Rhizophora* y *Pelliciera*, respectivamente:

$$\text{Log}_e(Y) = [-8.89139 + 2.49076 * \text{Log}_e(X)]$$

(Coeficiente de Correlación: 0.984; Error Estándar: 0.2146)

$$\text{Log}_e(Y) = [-8.81805 + 2.41997 * \text{Log}_e(X)]$$

(Coeficiente de Correlación: 0.9908; Error Estándar: 0.1504)

En las expresiones anteriores, se definen:

-(Y): es el volumen sólido sin corteza de un árbol cualquiera (m^3).

-(X): corresponde al DAP con corteza observado (cm).

2.7.4.- Diámetro Medio Cuadrático

Los Diámetros Medios Cuadráticos para cada género en cada rodal (DMC_i) se calcularon de acuerdo a la siguiente expresión (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984):

$$DMC_i = a * \sqrt{\Sigma AB_i / NUMARB_i}$$

En donde:

- (a): constante que incluye a $\pi/4$ y a un factor de conversión de cm^2 a m^2 .
- (ΣAB_i): sumatoria de las áreas basales de todos los árboles del género "i" que pertenecen a un mismo rodal.
- (NUMARB): es el número de árboles del género "i" que existen en cada rodal.

2.7.5.- Valores Relativos de Importancia

Los Valores Relativos de Importancia (VRI) se calcularon para cada rodal, conforme a la siguiente expresión (Curtis, 1959):

$$VRI_i = (Fer\%)_i + (Der\%)_i + (Dor\%)_i$$

En donde:

- $(VRI)_i$: Valor Relativo de Importancia del género "i".
- $(Fer\%)_i$: es la frecuencia relativa del género "i". Se calcula como: $(FER\%) = (\text{frecuencia del género "i"} / \text{suma de las frecuencias de todos los géneros}) * 100$.

- $(Der\%)_i$: es la densidad relativa del género "i" cualquiera. Se calcula como:

$$(Der\%)_i = (\text{Nº de individuos pertenecientes al género "i"} / \text{Nº total de individuos de todos los géneros}) * 100.$$

- $(Dor\%)$: es la dominancia relativa del género "i".

Se calcula como:

$$(Dor\%)_i = (\text{Area Basal del género "i"} / \text{Area Basal todos los géneros}) * 100.$$

2.7.6.- Índice de Complejidad

El Índice de Complejidad (IC) es una medida integradora que combina características composicionales, como el número de especies (e), con características estructurales: el número de individuos cuyo DAP es ≥ 2.5 cm (d); el área basal (ab) y la altura promedio del rodal (h). Se obtuvieron los IC para cada rodal, conforme al siguiente guarismo (Holdridge et al, 1971; Chamsang, 1984; Cintrón et al, 1985):

$$IC = (e * d * ab * h) * 10^{-3}$$

2.7.7.- Alturas Totales

La altura total promedio de los 10 árboles dominantes se utilizó para caracterizar a grandes rasgos la estructura

vertical de los diferentes rodales y, fue considerada como un indicador de la calidad del sitio.

2.7.8.- Tablas de Existencias

Una Tabla de Existencia típica entrega las existencias totales en cuanto a número de árboles, volumen y área basal por hectárea, para cada clase diamétrica (Husch et al., 1982). Sin embargo, dadas las particularidades que presenta el bosque de manglar y a su vocación para ser manejado con el fin de generar una serie de productos diferentes, el concepto tradicional de Tabla de Existencia ha sido ampliado para efectos del presente estudio, de tal manera de incluir otros aspectos como: disponibilidades totales para cada tipo de uso potencial, forma e iluminación de la copa, posición y causa de los daños y posición de las pudriciones. Con estos antecedentes, se generó información para establecer lineamientos de manejo.

2.7.9.- Otros parámetros estructurales

Otros aspectos de la estructura que son importantes de evaluar en un bosque de manglar, son la vitalidad actual que presentan los árboles y las posibilidades de desarrollo

futuro ante una eventual apertura del dosel. Debido a la dificultad para obtener medidas cuantitativas para evaluar estos aspectos, se ha utilizado un método de clasificación cualitativa de cada árbol, conocido como "Tendencia del Arbol" (Blaser, 1988), que comprende los parámetros de Clases de Iluminación de Copas (Anexo N°4) y Forma de Copa (Anexo N°5).

2.8.- Estructura y composición de la Regeneración Natural

2.8.1.- Patrones de Distribución Espacial y Densidad

Según Ludwig y Reynolds (1988), dado a que la relación entre la media (μ) y la varianza (σ^2), obtenidas a partir del número de individuos por unidad de muestreo, está influenciada por los patrones de dispersión de una población, es posible definir tres tipos básicos de patrones espaciales, a saber:

- Si $\sigma^2 = \mu$, el patrón espacial es al azar
- Si $\sigma^2 > \mu$, el patrón espacial es agrupado
- Si $\sigma^2 < \mu$, el patrón es uniforme

Existen ciertas distribuciones estadísticas que debido a sus particularidades, en la relación varianza-media, han

sido utilizadas como modelos para detectar la existencia de los distintos patrones de distribución espacial: la distribución de Poisson para detectar los patrones aleatorios, la Binomial Negativa para los agrupados y la Binomial Positiva para los uniformes.

Las densidades de cada rodal también fueron establecidas a partir de las distribuciones de frecuencia, obteniéndose el número promedio de plántulas por subparcela.

Basados en estos fundamentos, se determinaron los patrones espaciales con el Test de Chi-Cuadrado, evaluando la bondad de ajuste entre las distribuciones de frecuencia observadas en cada rodal (Anexos N°8, 9 y 10) y las distribuciones de Poisson y Binomial Negativa.

2.8.2.- Indices de Importancia

Los Indices de Importancia (II) son los equivalentes de los Valores Relativos de Importancia que fueron calculados para el dosel superior. La única diferencia es que la Dominancia Relativa (Dor%) es omitida, puesto que no se pueden obtener áreas basales en plántulas. Fueron calculados mediante la siguiente fórmula (Thomas, 1985):

$$II_i = (Der\%)_i + (Fer\%)_i$$

CAPITULO TERCERO

REVISION DE ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

3.1.- Estructura de los bosques de Manglar

3.1.1.- Definiciones, conceptos y descripción

La estructura de la vegetación puede definirse como "el arreglo o disposición tanto horizontal como vertical que presentan los componentes de un ecosistema" (Odum, 1988).

El término estructura de un bosque se emplea para describir aquellos agregados de árboles o especies que parecen seguir ciertas leyes matemáticas. Así ocurre con las distribuciones diamétricas y de las alturas totales, la distribución espacial de los árboles, los volúmenes y las áreas basales referidas a un espacio, todas las cuales reciben la denominación de "Estructura Totales", ya que describen la construcción del bosque e incluyen a todas las especies que lo componen (Finegan, 1991).

Rollet (1974) acuñó un concepto más amplio aún que el precedente, denominado "Organización de la Vegetación", el cual comprende dos conceptos distintos: la arquitectura y las estructuras internas. La arquitectura corresponde a la geometría que presentan las poblaciones que constituyen un bosque, tanto en su componente horizontal como vertical, sin importar las especies que lo componen. Entre los primeros componentes se encuentran la estratificación de la

vegetación en doseles y la distribución de frecuencias de las clases de altura. El componente horizontal está representado por atributos como la Densidad, Area Basal, Volumen, Diámetro, etc. La estructura interna corresponde al conjunto de leyes que rigen a los árboles y especies, en particular (UNESCO, 1980).

Los bosques de manglar presentan una composición, estructura, fisionomía y adaptaciones fisiológicas muy peculiares, debido al medio en que se desarrollan y a los factores que los rigen (Luna, 1976). Son bosques florísticamente muy pobres, en comparación a los bosques húmedos de regiones tropicales (Whitmore, 1990), de los cuales son considerados una variante que crece en sectores adyacentes al mar (Burgeron, 1983). Tienden a formar estructuras muy simples, presentando generalmente un sólo dosel y conformando bosques más o menos puros (Lamprecht, 1990; Schaeffer-Novelli, 1983).

Este tipo de bosque crece bajo el efecto constante de tensores, como la salinidad, y exhibe un alto grado de convergencia con otros tipos de bosques que también crecen en ambientes marginales, como las comunidades alpinas, los semidesiertos y los bosques de altura (Burgeron, 1983).

3.1.2.- Factores que rigen la Estructura

La estructura de un bosque es el resultado de una serie de características y hábitos de las especies que lo componen, de las prácticas de manejo a las que ha sido sometido y de las condiciones ambientales bajo las cuales se originó y desarrolló (Society of American Foresters, 1984).

Los bosques de manglar presentan una estructura peculiar debido a que ocupan ambientes estuarinos abiertos, por lo que están sujetos a inundaciones periódicas de agua salada marina y de agua dulce proveniente de los ríos que desembocan en el mar (Cintrón *et al.*, 1985). Son ecosistemas abiertos, por lo que intercambian libremente materia y energía con los ecosistemas adyacentes y son considerados exportadores netos de materia orgánica e importadores netos de agua dulce, nutrientes y sedimentos (Conner *et al.*, s.f.). Son considerados además uno de los ecosistemas más productivos del mundo, debido a su alta tasa de producción primaria bruta (Lugo y Snedaker, 1974; Yáñez-Arancibia, 1986).

Los bosques de manglar muestran una gran variabilidad en cuanto al desarrollo estructural, lo que es un reflejo de las distintas respuestas de la vegetación a los múltiples factores ambientales de carácter físico que operan en distintas intensidades: concentración de nutrientes, cantidad y periodicidad de las escorrentías, cantidad y distribución de las precipitaciones e intensidad de la

evaporación. Además, operan también un conjunto de factores limitantes denominados "tensores", como las bajas temperaturas, heladas, sequías, altas salinidades y condiciones edáficas, entre otras (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984; Lamprecht, 1990). Todos estos factores operan sobre el manglar en distintas intensidades, oportunidades y sentidos, concepto denominado "Huella energética" por Odum *et. al* (1977). El resultado del proceso de interacción de todos ellos es el responsable del grado de desarrollo estructural.

Asumiendo que las mareas y las características del hidroperíodo son los factores más importantes en la determinación de la estructura del manglar, Lugo y Snedaker (1974) desarrollaron un esquema de clasificación de los manglares en diferentes Tipos Fisiográficos, el que fue posteriormente modificado por Cintrón *et al* (1985), estableciéndose la existencia de cuatro tipos de manglar: ribereño, de borde, de cuenca y de islote, considerándose a los manglares de los tipos hamaca y enano como subtipos generados por condiciones geológicas y edáficas. Desde el punto de vista estructural, existe una tendencia muy marcada, por cuanto los ribereño son los que exhiben un mayor desarrollo, seguidos por los de cuenca, borde e islote (Pool *et al.*, 1977; Cintrón *et al.*, 1985).

Thom (1982) ha tratado de explicar la estructura de los manglares desde un punto de vista geomorfológico,

estableciendo que "dado un ambiente climático-mareal y un conjunto determinado de especies de mangle en una región específica, se considera que la historia de la superficie terrestre, la geomorfología y los procesos pedogénicos asociados, determinan en conjunto el patrón de crecimiento del manglar".

3.1.3.- Investigaciones de la estructura del manglar

Saenger y Robson (1977) fueron de los primeros investigadores que efectuaron un estudio comparativo del bosque de manglar desde el punto de vista estructural en la costa central de Queensland, Australia; Pool *et al.* (1977) hicieron lo mismo entre manglares de Florida, Puerto Rico, México y Costa Rica.

Desde aquellos estudios pioneros a la actualidad, se han desarrollado una serie de estudios acerca de la estructura de los bosques de manglar, sobresaliendo los estudios comparativos de Jiménez y Soto (1985), Lahmann *et al.* (1987) y Jiménez (1990b). También se han desarrollado estudios estructurales en manglares particulares, como los de Cintrón *et al.* (1980) en Brasil, Soto y Jiménez (1982) en Costa Rica, Calderón *et al.* (1984) en Colombia, Chamsang (1984) en Tailandia, Conner *et al.* (s.f.) y Flores-Verdugo *et al.* (1987) en México.

Aparte de los estudios centrados en la estructura del manglar anteriormente citados, existen también otras investigaciones más globales, como los estudios de Lugo y Patterson-Zucca (1977), quienes evaluaron los efectos del estrés provocado por las bajas temperaturas sobre la estructura y crecimiento; Komiyama *et al.* (1987) estudiaron la estructura de las raíces de un manglar de Tailandia; Pannier y Pannier (1980) analizaron la problemática de la estructura y dinámica de los bosques de manglar; Cintrón *et al.* (1980) estudiaron los aspectos de exposición al oleaje y la estructura del manglar en una zona árida; Cintrón y Schaeffer-Novelli (1984) efectuaron una recopilación de los métodos y técnicas apropiadas para el estudio de la estructura del manglar; y Cintrón *et al.* (1985), analizaron las propiedades estructurales y funcionales de los bosques de manglar, entre otros estudios.

3.1.4.- Metodologías utilizadas

Para elaborar Planes de Manejo Forestal se efectúan estudios técnicos de la estructura del manglar, para lo cual se han utilizado una serie de metodologías, las que van desde simples recorridos a lo largo de transectos para efectuar descripciones estructurales, hasta muestreos sistemáticos en fajas con o sin estratificación, muestreos

aleatorios estratificados y muestreos completamente aleatorizados.

Cháves y Fonseca (1986) efectuaron un estudio de la estructura para formular un Plan de Manejo silvícola en la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, para lo cual desarrollaron un muestreo sistemático en fajas, ubicando un punto de muestreo cada 250 m medidos sobre las fajas. Cada uno de estos puntos de muestreo sirvieron para establecer el centro de un conjunto de parcelas circulares concéntricas de distintos tamaños, en las cuales se evaluaron los individuos en distintas etapas de desarrollo. De esta forma, se establecieron parcelas de 4 m² para los brinzales, 25 m² para los latizales y de 100 m² para los fustales. Posterior al muestreo, se efectuó una estratificación del área, usando como criterio el rendimiento potencial de extracción de corteza. Chong (1988a y 1988b), efectuó para la misma zona un estudio de la misma naturaleza, para lo cual también utilizó un muestreo sistemático en fajas con una separación entre ellas de 100 m, efectuando posteriormente una aleatorización para determinar las fajas a ser muestreadas. Sobre las fajas seleccionadas, se establecieron parcelas de 10x25 m, separadas entre sí una distancia de 45 m.

En los manglares del Golfo de Honduras, Cohdefor (1987) efectuó una evaluación de la estructura del manglar que también sirvió de base para la elaboración de un Plan de Manejo Forestal. Para el efecto se utilizó un muestreo

aleatorio estratificado, mediante el cual se subdividió el bosque en rodales, de acuerdo a criterios de composición florística y estado de desarrollo, para lo cual se utilizaron fotografías aéreas. Posteriormente, en cada rodal se tomó una muestra aleatoria, en base a parcelas de 10x300 m y de 10x500 m.

Menéndez (1989), efectuó un muestreo doble estratificado, en el cual se trazó sobre fotografías aéreas un gran número de parcelas en una primera fase. Luego, en base a éstas se tomó una submuestra en terreno, para lo cual se establecieron fajas y parcelas ubicadas sistemáticamente para comprobar los resultados de la fotointerpretación y tomar datos de la estructura de la vegetación.

Aguilar (1990) en los manglares de la Reserva Forestal de Terraba-Sierpe efectuó un muestreo en base a fajas instaladas sistemáticamente. Sobre las fajas se ubicaron parcelas rectangulares de tamaños variables: 1x1 m para evaluar los brinzales; de 5x5 m para los latizales y de 10x10 m para los fustales.

Al igual que en los estudios técnicos de la estructura del manglar, en los científicos también existe una gran variedad de metodologías utilizadas, las que van desde las parcelas tradicionales hasta cuadrantes referidos a un punto central. Entre los trabajos basados en la primera modalidad se encuentran entre otros los de Pool *et. al* (1987), quienes

establecieron un total de 20 áreas de muestreo de 0.1 ha, las cuales fueron subdivididas en 20 parcelas de 5x10 m, evaluando en su interior todos los individuos mayores a 2.5 cm de DAP. Jiménez (1990) efectuó una caracterización estructural en base a una parcela de 1 ha. (50x200m), orientada en forma perpendicular al gradiente de inundación, la cual fue subdividida posteriormente en 10 subparcelas de 10x10m para evaluar el dosel principal y en parcelitas de 1x1 m establecidas al azar dentro de las subparcelas, para evaluar la regeneración natural.

Por su parte, en las investigaciones efectuadas por Soto y Jiménez (1982), Calderón *et. al* (1984), Flores-Verdugo *et. al* (1987), Conner *et. al* (s.f.) y Jiménez y Soto (1985), entre otros, se utilizó el método de los cuadrantes referidos a un punto central (Cottam y Curtis, 1956). De todas las investigaciones aludidas, la única en que se utilizó un muestreo al azar fue en la efectuada por Chamsang (1984), lo que ilustra las dificultades para el acceso y tránsito que presentan este tipo de formaciones.

3.2.- Atributos estructurales

Los atributos que se utilicen para evaluar la estructura de la vegetación deben ser sencillos, eficientes en términos de costo y tiempo y tener una aplicabilidad universal (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984). Los más

utilizados son el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), al Area Basal (AB), la Densidad, el Diámetro Medio Cuadrático (DMC) , la Altura y el Volumen. Algunos investigadores evalúan además otros atributos, como el diámetro y profundidad de la copa, pero estos raramente son utilizados por lo lento que es tomar los datos y lo oneroso que resulta.

3.2.1.- Diámetro a la Altura del Pecho

La obtención de los DAP es la forma más sencilla de caracterizar la estructura del bosque, midiéndose por convención a 1.3 m de altura del suelo (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1985).

En los inventarios forestales, el DAP es la variable más importante, porque puede ser medido en forma directa, obteniéndose de esta forma datos precisos. Además, en base al DAP se pueden obtener todos los demás parámetros más importantes del árbol: la altura comercial y total, los volúmenes bruto y neto y los diámetros de copa (FAO, 1982). Además de ello, el DAP está íntimamente relacionado con el desarrollo del bosque y pueden ser fácilmente convertidos en Areas Basales. (Loetsch *et. al*, 1973). También es un importante índice del nivel de competencia de los árboles de un rodal (Finegan, 1991).

El DAP es la característica del árbol que está más relacionada con el volumen, siendo fácil obtener éste mediante mediciones de DAP por medio de relaciones alométricas (Benessalah, 1988). En el caso de *Rhizophora mangle*, el aumento en el DAP está íntimamente relacionada a un incremento en altura y nuevamente, es posible determinar éstos mediante el cálculo de los incrementos en DAP (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1985).

3.2.2.- Densidad

La densidad corresponde al número de individuos mayores de un cierto DAP que existen por unidad de área. Se le conoce también con la denominación de Nivel de Ocupación o Existencias del bosque (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984). El número de árboles en un bosque es función inversa del grado de desarrollo alcanzado por el rodal, de manera tal que, un aumento en el grado de desarrollo estructural de un rodal cualquiera, va asociado a una disminución de la densidad, y especialmente, de los individuos pequeños (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1985).

La densidad es uno de los parámetros más importantes del bosque y su conocimiento es de primerísima importancia, con el fin de inferir u obtener los demás parámetros. Sin embargo, no es útil por sí solo, si no está en relación a

los demás parámetros, como el DAP, la altura y/o el volumen. (Malleux, 1982).

En el caso de los manglares, las mayores densidades observadas, considerando todos los individuos de $DAP \geq 2.5$ cm, se encuentran en los manglares de tipo borde, seguidos por los de cuenca y los ribereños. Esta secuencia observada se debe a la dominancia de los árboles de mayor porte y por lo tanto, de mayores requerimientos de espacio en los bosques de tipo ribereño. En los manglares de tipo borde y cuenca, los rodales alcanzan un menor nivel de madurez, posiblemente debido a su mayor vulnerabilidad a las perturbaciones (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983).

Un aspecto complementario a la densidad es el número de especies diferentes que es posible encontrar en un bosque dado, concepto que se denomina Riqueza Florística. La diversidad florística, en cambio, se define como la distribución de los individuos (es decir, de la densidad total) entre las distintas especies presentes (UNESCO, 1980). El número de especies diferentes es menor en los bosques de borde (1.7 ± 0.1 especies/0.01 ha) y ribereños (1.9 ± 0.1 especies/0.01 ha) que en los bosques de cuenca, en los cuales es posible encontrar 2.3 ± 0.1 especies/0.01 ha. La explicación a estas tendencias se encuentra en el hecho de que las condiciones de mayor energía cinética y mayor grado de inundación generalmente favorecen el dominio casi absoluto de *Rhizophora* en los bosques de ribera y de borde.

En cambio, en los bosques de cuenca los rodales son frecuentemente mixtos, conteniendo más especies distintas (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983).

3.2.3.- Distribuciones Diamétricas

La distribución diamétrica corresponde al número de árboles de un bosque que pertenecen a las distintas clases de DAP, concepto que también se le conoce como "Estructura total". La obtención de las distribuciones diamétricas de un bosque, ya sea en forma de histogramas de frecuencia o de curva de frecuencias acumuladas, es una información muy útil, por cuanto si se tiene experiencia es posible relacionarlas con los distintos estados silvícolas de éste (UNESCO, 1980; Loetsch *et. al*, 1973).

El estudio de la estructura de la población es muy importante para analizar la dinámica, ya que variables como la capacidad reproductiva y la mortalidad están fuertemente relacionados con la etapa de desarrollo. Debido a que en el bosque húmedo tropical maduro es imposible determinar la edad, la estructura de la población se determina por el tamaño, representado por el DAP (Finegan, 1991).

En el bosque húmedo tropical primario, se encuentran dos tipos de distribución diamétrica para árboles de $DAP \geq 10.0$ cm: una en forma de "jota invertida", en la cual el

número de árboles disminuye conforme aumenta el DAP, y la que describe aproximadamente una recta, en la cual existe un número más o menos constante de árboles en las diferentes clases de DAP hasta alcanzar un cierto umbral sobre el cual el número de árboles empieza a disminuir.

Las curvas de distribución diamétricas son un reflejo de la estrategia de regeneración que presentan los diferentes gremios de especies. En efecto, curvas del tipo "jota invertida" corresponden a bosques dominados por especies de las esciófitas, es decir, aquel grupo de especies que toleran la sombra, pero que no la necesitan. En cambio una curva aplanada es característica de especies heliófitas, que son aquellas que no toleran la sombra (Finegan 1991; UNESCO, 1980).

3.2.4.- Area Basal

El Area Basal es una medida para evaluar el espacio o porción del bosque que está ocupada por los troncos de los árboles. Por convención, el Area Basal es la suma de la sección transversal de todos los fustes mayores a un cierto DAP y que se encuentran en un mismo sector. Se obtiene en el mismo punto donde fue medido el DAP, es decir, a 1.3 m desde el suelo (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984). Es imprescindible definir el DAP mínimo de medición de los árboles al citar cifras de Area Basal, puesto que al igual

que el número de árboles, el Area Basal por clases de DAP muestra fuertes variaciones (Finegan, 1991).

El Area Basal es un buen indicador del desarrollo del bosque y de las existencias de éste. Además, es importante su obtención, debido a que la biomasa de un árbol está en función directa con su Area Basal y altura, siendo posible estimar aquélla mediante la obtención del Area Basal o del DAP (Benessalah, 1988).

Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983) efectuaron un estudio comparativo de la estructura en distintos tipos fisiográficos de manglares, estableciendo que los bosques ribereños poseen una mayor área basal ($29.8 \pm 3.4 \text{ m}^2/\text{ha}$), seguidos por los de borde ($22.2 \pm 1.5 \text{ m}^2/\text{ha}$) y los de cuenca ($18.4 \pm 1.6 \text{ m}^2/\text{ha}$). La explicación se encuentra en el hecho de que los manglares de tipo cuenca presentan una mayor representación de árboles de diámetros pequeños, los que hacen un aporte menos significativo al área basal del rodal. En efecto, los individuos de $\text{DAP} \geq 10$ cm constituyen sólo el $50 \pm 8\%$ de los árboles en este tipo de bosque. En contraste, en los manglares de tipo ribereño, éstos constituyen un $83 \pm 4\%$ del área basal total y un $61 \pm 6\%$ en los de borde (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983).

3.2.5.- Diámetro Medio Cuadrático

El Diámetro Medio Cuadrático (DMC) de un rodal se define como el diámetro que posee el árbol de área basal promedio, lo que no debe confundirse con el verdadero promedio aritmético de los diámetros de los árboles pertenecientes a un rodal. Es una medida descriptiva muy útil que debe usarse para efectuar comparaciones entre rodales y para correlacionarlo con otras medidas estructurales del bosque (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984)

Respecto de los tipos fisiográficos de manglar, los bosques ribereño presentan el mayor DMC, seguido por los de cuenca y los de borde.

3.2.6.- Altura

La Altura o tamaño total de los árboles se define como la distancia existente entre el suelo y el ápice. Es uno de los parámetros menos conocidos y, al mismo tiempo, uno de los más difíciles de medir, especialmente en los bosques de tierra firme, por lo que usualmente se evalúa sólo a una fracción de árboles (Cintrón y Shaeffer-Novelli, 1984). Un buen procedimiento, es tomar la altura sólo en unos 10 árboles dominantes y codominantes por rodal y promediarla, con lo que se obtiene una expresión integrada entre la edad y la calidad del sitio, siendo por lo tanto un excelente parámetro a usar para planificar esquemas de raleo (Gilchrist y Gilchrist, 1978; Smith, 1986). En el caso de

los manglares, esta labor se facilita bastante más, por lo limpio del sotobosque y la homogeneidad de la masa (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984). Es la segunda variable estructural más importante después del DAP para determinar el volumen de los árboles y su evaluación es esencial para la construcción de curvas de Índice de Sitio, modelos de crecimiento y clasificación de rodales (Benessalah, 1988).

Además del concepto de Altura Total ya aludido, se utiliza también el de Altura Comercial, la que se define como la altura o distancia existente entre el suelo y la última troza utilizable (la cual se define a su vez en función de un diámetro mínimo), o bien hasta el primer defecto o bifurcación importante (Loetsch *et. al*, 1973).

Los bosque de manglar del tipo ribereño son los que poseen mayores tamaños (17.3 ± 1.5 m), luego le siguen los de borde (10.7 ± 0.7) y los de cuenca (Cintrón *et. al*, 1985).

3.2.7.- Volumen

El Volumen es el resultado más importante de un inventario forestal, pues indica el potencial o capacidad de producción del bosque . Puede ser expresado como Volumen Total (o bruto) o bien como Volumen Comercial (o neto). En el primer caso, se refiere al total de madera que se encuentra en un bosque por unidad de superficie o bien para el área total. En el segundo caso, se refiere únicamente a la madera que

puede ser aprovechada, descontándose los defectos o volúmenes inservibles (Malleaux, 1982)

Los volúmenes, sean éstos totales o comerciales, varían sustancialmente en relación al tipo de bosque y/o calidad del sitio, por lo que es un parámetro indicador bastante sensible cuando el bosque se encuentra en estado clímax. La Biomasa, que es un concepto de primera importancia en estudios ecológicos, se define como el volumen (o peso) total de un árbol, el cual si está referido a una superficie puede ser utilizado como un indicador del potencial del sitio (Loetsch *et. al*, 1973)

3.2.8.- Distribución espacial

La distribución espacial de los individuos es un indicador de la estrategia que presentan las especies para regenerarse y distribuirse los recursos que necesitan extraer del medio (Colinvaux, 1986).

La determinación de los patrones espaciales de los árboles es un antecedente muy útil para planificar las labores de aprovechamiento, pues entrega información acerca del grado de dispersión del bosque (Malleaux, 1982). En el caso de la regeneración natural también su determinación es muy útil, por cuanto corresponde al patrón de establecimiento de las plántulas, pudiendo establecerse si

existen o no tendencias a hacerlo en las cercanías de los árboles padres, o bien, si son más independiente de éstos (Smith, 1986).

3.2.9.- Valor Relativo de Importancia

La mayoría de los atributos poblacionales analizados pueden ser utilizados por sí solos como indicadores del grado de importancia de las especies. La selección de la variable a usar depende a menudo del objetivo del estudio. Por ejemplo, si el estudio tiene como objetivo evaluar el rendimiento forestal, el Area Basal es una variable de importancia y puede ser el índice seleccionado en este caso. En cambio, en un estudio que tiene como objetivo evaluar los cambios fitosociológicos en una comunidad dedicada al pastoreo, la cobertura o frecuencia por sí solos pueden ser utilizadas como indicadores de importancia. Sin embargo, una de estas variables es utilizada para estimar la abundancia relativa de las especies, suele ocurrir que los resultados son distintos, según la variable que se utilice. Por esta razón, algunos autores consideran que las variables individuales no entregan una descripción adecuada del comportamiento de los atributos de las comunidades que se comparan, por lo que se ha propuesto el empleo de coeficientes que combinan las distintas variables (Mateucci y Colma, 1982).

Para estos casos el coeficiente más utilizado es el Valor Relativo de Importancia (VRI), que corresponde a la suma de la Densidad, Frecuencia y Dominancia relativas de cada especie, de mejor forma que lo harían cualquiera de sus componentes por separado (Curtis y McIntosh, 1951).

Para efectuar un análisis estructural, puede ser una ayuda muy valiosa determinar la relación entre el rodal y la especie, lo que se denomina Valor Relativo de Importancia (VRI). Mediante la determinación de los VRI es posible saber desde un punto de vista cuantitativo qué especies de las que conforman un mismo rodal son más frecuentes o importantes en él, así como también qué especies son importantes en cada uno de los rodales que conforman un bosque (Malleaux, 1982). Lamprecht (1990) ha establecido un valioso sistema para analizar estructuralmente bosques tropicales basado en los VRI. Este método consiste en calcular los VRI de las distintas especies que crecen en diferentes suelos (o rodales), estableciéndose como especies representativas o dominantes aquellas que presentan los mayores VRI en cada rodal y como especies recesivas a aquellas otras de menor VRI.

En el caso de comunidades que no están dominadas por árboles, como praderas, matorrales, e incluso la misma regeneración natural de los bosques, ante la imposibilidad de calcular áreas basales para obtener la Dominancia

relativa, ésta es omitida, recibiendo la denominación de Índice de Importancia (Thomas, 1985).

3.2.10.- Índice de Complejidad

Si los VRI permiten evaluar la contribución de una especie dada a la Densidad y Area Basal totales dentro de un rodal cuyos atributos se conocen, los Índices de Complejidad (IC) han sido propuestos para evaluar cuantitativamente el grado de complejidad estructural de la vegetación entre dos áreas diferentes, o bien entre dos rodales de un mismo bosque (Holdridge *et. al*, 1971).

Pool *et al.* (1977) fue el primero que utilizó el IC para evaluar el grado de desarrollo estructural de manglares ubicados en diferentes latitudes. Desde entonces hasta ahora se les utiliza normalmente en los estudios estructurales -comparativos o descriptivos- de los manglares. Producto del uso de estos indicadores, se ha establecido claramente que los bosques de manglar pertenecientes al tipo fisiográfico ribereño son los que alcanzan un mayor grado de desarrollo estructural, seguidos por los de borde y cuenca (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983).

3.2.11.- Otros atributos estructurales

Además de los parámetros estructurales ya analizados, existen otros que no son muy utilizados, debido a que tienen una aplicación más que nada en el campo forestal y son difíciles de obtener. Entre ellos se encuentran el diámetro de copa y el tipo de iluminación que ésta recibe.

La cobertura total de un bosque puede estimarse sumando las superficies de la proyección de las copas individuales como si éstas fueran círculos. La determinación de la estructura es importante, ya que la calidad y cantidad de luz que llega a los distintos niveles en el interior de un bosque controla de manera importante los procesos de crecimiento y competencia. En vez de estimar para cada individuo dos diámetros de copa y obtener el promedio, se han diseñado métodos cualitativos en base a distintas categorías de forma de copa, lo que facilita bastante la tarea (Synnot, 1990). Otra forma de obtener la información es mediante la medición de los DAP, puesto que existe una relación muy fuerte entre éste y los Diámetros de copa (Husch *et. al*, 1982).

La iluminación que reciben las copas es un aspecto de primerísima importancia en Silvicultura, por cuanto estima la cantidad de luz que recibe el árbol, lo que a su vez sirve para dimensionar la capacidad de respuesta de los árboles ante una apertura del dosel, como los provocados por los raleos, por ejemplo (Smith, 1986). Para evaluar este

parámetro se ha generalizado el uso de la metodología propuesta por Dawkins (1958), en base a categorías cualitativas.

3.3.- Manejo silvícola de los bosques de manglar

3.3.1.- Consideraciones ecológicas

Aunque en comparación con los bosques tropicales de tierra firme el número de especies presentes en los bosques de manglar es bajo, estas formaciones representan ecosistemas complejos, en el que las especies presentes juegan un importante rol como un recurso renovable de madera para una serie de usos, como también de innumerables servicios ambientales, no siempre tomados en cuenta (Hamilton y Snedaker, 1984). Las particulares condiciones ecológicas de los manglares, su importancia socio-económica y los servicios que ellos proveen, predestina a estas formaciones a un tipo de manejo basado en el concepto de "Uso Múltiple". Sólo mediante este criterio se puede asegurar el cumplimiento de sus funciones actuales (Benessalah, 1988; Chadwick y Sutton, 1984).

Cada vez está más aceptada la idea que los manglares de las zonas húmedas tropicales que no son productivos desde un punto de vista forestal tradicional, juegan un rol vital en el sostenimiento de las pesquerías, especialmente la de

nivel artesanal, de las aguas costeras adyacentes (Ong *et. al*, 1984).

3.3.2.- Objetivos de Manejo

El manejo de los bosques de manglar persigue los mismos ⁺ objetivos básicos de los de cualquier bosque. Sin embargo, a diferencia de éstos, el bosque de manglar tiene la particularidad de que los objetivos de producción de bienes tiene igual importancia que el de preservar la productividad de la pesca marina y garantizar la producción continua de los servicios ambientales. Todos estos objetivos primarios de manejo son compatibles entre sí, siempre y cuando se consideren debidamente todos los requerimientos tan específicos del habitat en que crecen (FAO, 1982).

3.3.3.- Reseña histórica

La aplicación de sistemas silviculturales en bosques de manglar, se inició durante el período colonial británico en Asia a mediados del siglo pasado, extendiéndose luego en mucho menor grado al Africa bajo dominio británico. Los planes de manejo que fueron concebidos en países asiáticos, como Malasia, Bangladesh, India y Tailandia formaron la base para los planes de manejo actualmente en uso. En todos estos países casi desde sus inicios el manejo de los bosques

de manglar fue concebido sobre el concepto de "Manejo Sostenido" y muchos de los bosque manejados desde entonces se encuentran en su 3a o 4a rotación de 30 años (Hamilton y Snedaker, 1984).

3.3.4.- Sistemas utilizados en el sudeste asiático

En los manglares de los Sunderbans de Bangladesh se ha efectuado un manejo desde principios del presente siglo, fijando diámetros mínimos de corta. En la actualidad, impera el sistema silvicultural denominado "Mejoramiento y selección de árboles". Este sistema prescribe ciclos de corta de 20 años y establece un diámetro mínimo para todas las especies comerciales los que varían entre 11.8 y 56.3 cm, dependiendo tanto de las especies como de la calidad del sitio. Se tiene especial cuidado de evitar la aparición de claros, de asegurar la regeneración natural y de remover los árboles que interfieren con el crecimiento de otros mediante cortas de mejoramiento (FAO, 1982).

En Vietnam, los manglares de Ka mau han sido manejados en forma sistemática desde 1928 para la producción de carbón y extracción de corteza para taninos. El manejo ha consistido en efectuar cortas selectivas en rodales puros de *Rhizophora*, con un diámetro límite de 4 cm y rotaciones de 20 años. Se dejan 30-40 árboles/ha plantando cuando es necesario. Los rodales en donde dominan *Avicennia* y

Excoecaria son convertidos en tallares en una rotación de 10 años y enriquecidos mediante la siembra de semillas de *Xylocarpus granatum* después de la corta (FAO, 1982).

En la Reserva Forestal de Matang en Malasia, se efectúan tres raleos: a los 15-19 años, 20-24 años y 25-29 años, utilizando para el efecto varas de distintas longitudes (1.2 m, 1.8 m y 2,2 m, respectivamente). La corta final es una tala rasa cuando los árboles han alcanzado un diámetro mínimo de 7.7cm.

Los raleos fueron originalmente introducidos como un medio para abrir la canopia, incrementando de esta forma el número de semilleros antes de la corta final, pero en la actualidad estas prácticas son insuficientes para estos propósitos. Se han diseñado nuevos esquemas de manejo, pero nunca han sido probados en terreno, éstos incluyen los sistemas denominados "cortas finales en dos etapas" y el de "corta en faja". En el primero de ellos se aplica una vara de raleo de 6.1 m a la masa antes de la última corta y en el segundo sistema, un conjunto de fajas alternadas de 40 m de ancho ubicadas perpendicularmente a los cursos de agua permanentes, se cortan un año antes que las restantes fajas (Noakes, 1951).

En Manila, Filipinas se prescribió la corta de los bosques de manglar mediante el sistema de "planta y árbol semillero" lo cual implica, dejar al menos unos 20

árboles/ha con DAP de 10 cm y más, en pie sin ser dañados por la intervención, suplementando la masa resultante mediante plantación en caso de ser necesario (FAO,1982; FAO, 1985).

En la región de los Sunderbans de la India se utiliza el sistema de selección con ciclos de corta de 20 años para *Heritiera fomes* de 30 años para *Excoecaria agallosha* y de 40 años para *Ceriops tagal* y rodales de crecimiento estagnados

En los bosques de manglar de Ranong, Tailandia, se utiliza el sistema de "Tala rasa en fajas alternas", donde cada cuartel se divide en 15 cupos anuales, cada uno de los cuales a su vez es subdividido en fajas de 40 m de ancho orientada con una inclinación de 45º respecto de las mareas predominantes. Se cortan las fajas alternadamente cada 15 años y la rotación es de esta forma de 30 años, dejándo en pie sólo los individuos de especies comerciales cuyo DAP es menor de 15 cm.

3.3.5.- Sistemas utilizados en América Latina

En cuanto a Latinoamérica, vale la pena destacar la experiencia de Venezuela, en donde se manejan los bosques de manglar desde hace años, mediante el sistema de concesión en

el interior de la Reserva Forestal de Guarapiche, ubicada en la costa atlántica del país, (Hamilton y Snedaker, 1984).

En base a la experiencia de Indonesia y Malasia se ha fijado una rotación de 30 años, dividiendo el área total a intervenir en 30 cabidas anuales de superficie similar. En cada una de estas cabidas, cada 30 años se efectúa una corta a tala rasa en franjas alternas de 50 m de ancho por 300 m de largo, dispuestas perpendicularmente en ambos lados de los cursos de agua. Después de 15 años se vuelve al sector para explotar las fajas dejadas en pie y a los 30 años se inicia otra vez la rotación, interviniendo nuevamente las primeras fajas explotadas (FAO, 1985). Como medidas adicionales de protección, los sectores más expuestos a los vientos se dejaron en pie y el madereo se efectuó mediante el sistema de arrastre por cable (Luna, 1976; Cintrón y Shaeffer-Novelli, 1983).

3.3.6.- Ejemplos de manejo insostenible

En muchos de aquellos lugares en los que el manejo bajo el concepto de rendimientos sostenidos es el más importante, existen cada vez menos bosques comerciales que se manejen bajo un sistema de tala rasa. Este sistema es insustentable en términos ecológicos, pues no es necesario tener cupos anuales de superficies similares para producir

rendimientos sostenidos a lo largo del tiempo (Hamilton y Snedaker, 1984).

El predicamento anterior se basa en el hecho de que si bien es cierto las áreas sobre-explotadas pueden regenerarse y llegar a ser bosques maduros cerrados. Sin embargo, muchas de estas áreas no alcanzarán este objetivo en un lapso de 20 a 40 años más, y cuando ello suceda, lo más probable es que serán nuevamente sobre-explotados. Las probabilidades de obtener una regeneración natural exitosa generalmente será menor si el tamaño entre dos fajas de corta contigua se incrementan, lo que agrega problemas a la sostenibilidad (Hamilton y Snedaker, 1984).

Para agravar más el problema, ciertas áreas abiertas a tala rasa se utilizan posteriormente para otros fines, como asentamientos humanos, agricultura, ganadería, acuicultura, etc, con lo cual se destruye efectivamente el recurso base natural que tenía la capacidad para generar una gran variedad de bienes y servicios (Hamilton y Snedaker, 1984).

Las explotaciones a gran escala, incluyendo el madereo y las actividades conexas pueden causar grandes alteraciones de las condiciones naturales de los sitios. En muchos de estos casos, podría tomar unos 3 a 7 años regenerar en forma natural un cupo anual de corta, lo que es muy importante cuando se trata de bosques que poseen especies valiosas, como el caso de los manglares de los Sunderbans en

Bangladesh con *Heritiera fomes* (FAO, 1982; FAO, 1985). Para evitar este tipo de procesos, se debe minimizar los efectos adversos sobre el sitio y la regeneración natural avanzada, haciendo innecesario efectuar una plantación de grandes superficies (Hamilton y Snedaker, 1984).

Grandes superficies se cortan sistemáticamente, principalmente para la producción de materias primas de exportación. En Sarawak, Malasia, se cortaron en el año 1968 unas 6.200 ha a tala rasa de manglares para exportar leña a Taiwán. En los manglares de Sabah, ubicados en ese mismo país, se cortaron un total de 122,748 ha, es decir un 40% del total, para producir astillas para exportar a Japón y en la actualidad existe interés por iniciar la corta del 60% restante (Hamilton y Snedaker, 1984). En Indonesia, los bosques de manglar no fueron afectados por cortas de grandes superficies a tala rasa hasta el año 1975, después del cual cambió la situación drásticamente, debido al establecimiento de grandes concesiones japonesas. En la actualidad, unas 200.000 ha se explotan corrientemente para producir astillas, proceso que ha ido creciendo rápidamente, pues se están instalando nuevas plantas para explotar los bosques vírgenes del estuario de Musi-Ban Yuasin, en Sumatra (FAO, 1985).

El Gobierno de Venezuela ha concedido grandes extensiones en el delta del Orinoco para extraer los recursos madereros que contienen los manglares de esta zona.

En un principio, se les asignaba cupos anuales de corta, pero ultimamente éstos han debido ampliarse cada vez más por presiones de los conccionarios. A pesar que aun subsiste la prohibición de cortar a orillas de los cursos de agua en sectores sensibles, no existen indicios de que los planes de manejo incluyan provisiones para repoblar naturalmente las áreas, lo que a largo plazo provocará fuertes impactos sobre el delta (UICN/ENESCO/UNEP, 1984).

3.3.7.- Cortas Intermedias

Las cortas intermedias son un conjunto de intervenciones que se aplican a la masa con diferentes objetivos y que se efectuan en el período comprendido entre el establecimiento de la regeneración y el fin de la rotación. Entre ellas, se encuentran los raleos, las podas, las cortas de salvamiento, las limpias, etc. (Smith, 1986).

Es muy aconsejable efectuar raleos en los bosques de manglar, puesto que incrementan el rendimiento y la calidad de los árboles que se dejan en pie para ser cosechados en la corta final, aminorándose competencia con la extracción de algunos individuos (Hamilton y Snedaker, 1984). Además con la apertura de la canopia se incrementa el número de semilleros antes de la corta final, debido a la mayor cantidad de luz que reciben los individuos que se dejan en

pie (FAO, 1982). Los bosques dominados por las *Rhizophoras* en Malasia se manejan bajo un sistema de tala rasa con tres raleos y una corta final a los 30 años. Este sistema produce una cosecha principalmente de árboles de 18 cm de DAP que es considerado el tamaño ideal para la producción de leña y carbón, obteniéndose rendimientos de 250 a 260 m³/ha. Los raleos se hacen con varas de distintas longitudes (120, 180 y 210 cm, respectivamente), garantizando de esta forma espaciamientos finales uniformes. Para efectuar los raleos, se identifican los tallos selectos, raleándose los fustes vecinos dentro de los límites de espaciamiento establecidos para cada caso (Noakes, 1951).

No existen dudas de que los raleos produzcan un efecto benéfico sobre el DAP medio de los árboles en crecimiento y sobre la regeneración natural. Varios estudios desarrollados en Malasia han demostrado claramente que el rendimiento es mejor en parcelas raleadas que en las no raleadas (Hamilton y Snedaker, 1984).

De todos los países del sudeste asiático, solamente en Malasia se efectúan raleos en forma permanente, siendo una práctica esporádica o incipiente en los restantes países. Sin embargo, los raleos que se han efectuado en este país desde principios de siglo a la fecha, han sido irregulares, incompletos y selectivos. Esto se debe a que los raleos han sido operaciones de carácter comercial más que silvícola, por lo que las modalidades, intensidades y oportunidades en

que se han efectuado han dependido del mercado y no de las necesidades silvícolas del bosque (FAO, 1982).

3.3.8.- Corta Final

La corta final es la que se efectúa al final del turno o rotación. Es la intervención más importante de todo el proceso de manejo silvícola, pues de ella se espera la generación de los productos más importantes de los que se plantearon producir al fijar los objetivos de manejo silvícola (Society of American Foresters, 1984).

En el caso de los manglares, la corta final puede significar la corta simultánea de todos los individuos de un sector mediante una tala rasa, o bien la extracción de los que han alcanzado un cierto tamaño, cuando el sistema utilizado es el de selección. En el primer caso, a menos de que exista una cobertura de regeneración avanzada, todo el piso del bosque queda violentamente expuesto a los elementos (agua, sol, lluvia, vientos, etc), lo que puede provocar problemas muy nocivos. En el segundo caso, se mantiene una cierta cantidad de cobertura y de protección, posibilitando el abastecimiento de propágulos en el sitio, razón por la cual es el sistema más aceptado y ha demostrado funcionar bien bajo las circunstancias adecuadas (Hamilton y Snedaker, 1984).

3.3.9.- Manejo de la Regeneración Natural

En bosques no perturbados dominados por *Rhizophora* siempre es posible encontrar regeneración natural ya establecida en estado de crecimiento avanzado, la cual está adaptada a vivir en condiciones de menores intensidades de luz, lo que le permite permanecer en aparente latencia bajo los árboles padres del dosel superior. Cuando se abre la canopia, ya sea en forma natural (por la caída de árboles grandes, por ejemplo) o bien mediante intervención, esta regeneración natural es liberada y crece rápidamente, bajando su densidad original debido a la competencia. Al parecer, esta regeneración natural avanzada es producto de muchos años de espera, por lo que cualquier sistema silvicultural que se utilice deberá efectuarse cuidando en lo posible este recurso generativo existente (FAO, 1982).

Sristava *et. al* (1980) ha demostrado que en general existe una cantidad adecuada de individuos en estado de regeneración avanzada antes de la explotación y que ésta declina después de la extracción hasta niveles inadecuados. A tal extremo llega este proceso de disminución que, para asegurar un repoblamiento de estas áreas muchas veces debe recurrirse a la plantación para suplementar la regeneración natural insuficiente (FAO, 1986). Ello quiere decir que, la clave del éxito consiste en establecer una suficiente cantidad de regeneración natural después de la corta. Lo que indica que para obtener óptimos resultados en el manejo

de la regeneración natural no es tan importante la elección del sistema silvicultural a aplicar a la masa, sino que una buena administración para controlar el daño producido al sitio y a la regeneración natural avanzada establecida durante las faenas de volteo y maderero (Du, 1962; FAO, 1985).

Los individuos de *Rhizophora* menos lignificados tienen la capacidad de retoñar en buena forma si son dañados en el volteo o maderero, en cambio los individuos que están más lignificados, no pueden retoñar . Además, los individuos menos lignificados tienen la facultad de ergirse de nuevo si son cubiertos por algún tiempo por desechos de explotación (FAO, 1982; Noakes, 1955).

La mayor parte de los países que manejan los bosques de manglar han establecido la obligatoriedad de dejar fajas protectivas a lo largo de los cursos de agua permanentes, con el fin de prevenir procesos erosivos y también para proveer una fuente de propágulos que eventualmente puedan repoblar las áreas vecinas que han sido intervenidas. Sin embargo , se ha demostrado que a pesar de que las fajas que permanecen en pie son una fuente de semillas que está muy a la mano, la principal fuente de regeneración de los bosques de *Rhizophora* proviene de la regeneración natural avanzada pre-existente y no del transporte por flotación de los propágulos provenientes de estas fajas protectivas, lo que

refuerza aún más la importancia de este recurso (FAO, 1982; Christensen, 1983).

En base a la experiencia en el manejo de manglares que existe en el sudeste asiático, FAO (1984) ha hecho una jerarquización de las fuentes más adecuadas para lograr una regeneración natural promisorias:

- a) Regeneración natural avanzada.
- b) Regeneración natural originada a partir de propágulos transportados por las mareas desde lugares aledaños.
- c) Regeneración natural originada por árboles semilleros dejados en el sitio ex-profeso.
- d) Retoñación de tocones.
- e) Plantación

Como puede desprenderse de las experiencias referidas, un manejo sostenible de los manglares casi siempre implica el establecimiento de la regeneración natural a partir de los recursos regenerativos ya existentes en el bosque, más que mediante repoblaciones obtenidas por plantación.

CAPITULO CUARTO

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.- Obtención y procesamiento de la información

4.1.1.- Diseño de muestreo

De acuerdo a lo establecido, el diseño utilizado para evaluar la estructura y composición del bosque de manglar correspondió a un muestreo sistemático con estratificación posterior, la cual se basó en características pictóricas y en coberturas de copa, las que fueron determinadas en fotografías aéreas. Esta post-estratificación permitió dividir el universo muestral (es decir, el área de estudio) en tres rodales distintos, cada uno de los cuales con sus características particulares.

Este diseño de muestreo es ampliamente utilizado para evaluar la estructura de los manglares, desde el punto de vista técnico (Chong, 1988a y 1988b; Cohdefor, 1989; Cháves y Fonseca, 1986; Aguilar, 1990). En contraste, los estudios estructurales desde el punto de vista científico presentan una marcada tendencia a utilizar el método de los Cuadrantes referidos a un punto central (Flores-Verdugo *et. al*, 1987; Conner *et. al*, s.f.; Soto y Jiménez, 1982; Lahmann *et al.*, 1987; Jiménez y Soto, 1985), aunque también existen investigadores que utilizan el método tradicional de parcelas (Pool *et. al*, 1977; Jiménez 1990a). En general, se

presta poca atención a la determinación de los errores de muestreo, razón por la cual el número de muestras que se toman y la ubicación de éstas han estado determinadas por la experiencia más que en métodos objetivos. Sin embargo, esta tendencia observada tendría su justificación en las dificultades de acceso y tránsito que presenta el bosque de manglar.

4.1.2.- Levantamiento de la información en terreno e Intensidad de muestreo

Una vez establecida la ubicación de las fajas de muestreo en terreno, se procedió a levantar la información de campo. El Cuadro N°3 entrega un resumen sinóptico de lo que fue el trabajo de levantamiento de información en terreno, para el caso del dosel principal. Las intensidades de muestreo se calcularon de acuerdo a Menéndez (1989).

Cuadro N°3: Volumen de la Información levantada en terreno
e Intensidad de Muestreo (Dosel Principal)

Rodal	Número de parcelas	Superficie muestreada	(ha) total	Intensidad de muestreo (%)
I	125	1.25	159.0	0.79
II	56	0.56	70.4	0.80
III	38	0.38	31.6	1.20
TOTAL :	219	2.19	261.0	0.83

Base: Fotointerpretación, planimetría y comprobación de terreno.

Las intensidades de muestreo de la presente Tesis están dentro del rango observado en otros estudios desarrollados en la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe. En efecto, Chong (1988a) utilizó una intensidad de muestreo del 0.53%, mientras que Cháves y Fonseca (1986) usaron cifras de 0.06 y Aguilar (1990), entre un 1.4% , todas ellas calculados en base al total. En términos de cifras absolutas, la intensidad de muestreo que se ha utilizado es baja, lo que es válido de hacer en bosques relativamente homogéneos que contienen especies de moderado valor económico, como son los manglares (Hamilton y Snedaker, 1984).

De todas maneras, se debe considerar que la Intensidad de Muestreo sólo se refiere a la superficie muestreada en relación a la superficie total, por lo que no se debe considerar como un buen indicador de la eficiencia de muestreo, como sí lo es el Error de Muestreo, aspecto que será discutido más adelante.

En el caso de la regeneración natural, el volumen de información levantada en terreno se resume en el Cuadro N°4:

Cuadro N^o4: Volumen de la Información levantada en terreno e Intensidad de Muestreo (Regeneración Natural)

Rodal	Número de subparcelas	Superficie muestreada (m ²)	Intensidad de muestreo (%)
I	125	125	0.005
II	56	56	0.002
III	38	38	0.001
TOTAL:	219	219	0.008

Base: Fotointerpretación, planimetría y comprobación de terreno.

Como puede comprobarse, las intensidades de muestreo para el caso de la regeneración natural también son similares a las generadas por otros autores. Cháves y Fonseca (1986) obtuvieron para la regeneración natural una intensidad de muestreo de 0.02% y Aguilar (1990) de 0.014%.

4.1.3.- Descripción de los rodales

Como resultado de la post-estratificación del universo muestral hecha a base de fotointerpretación fueron definidos tres rodales, cada uno de ellos con sus propias características diferenciales, las que se resumen en el Cuadro N^o5:

Cuadro N°5: Características diferenciales de los rodales establecidas mediante fotointerpretación

RODAL	TEXTURA	GRANO	COLOR	% de Cobertura		
				Rh	Pe	Ac
I	rugosa	grueso	gris claro	60	30	-
II	lisa	fino	gris oscuro	<10	≥70	-
III (*)	plumosa	muy fino	gris claro	<5	<5	≥80
	a rugosa	a grueso	a variegado			

Fuente: fotointerpretación

NOTAS:

Rh: *Rhizophora* Pe: *Pelliciera* Ac: *Acrostichum*

(*): La textura, grano y color en el caso del rodal III son muy variables, por lo cual se ha entregado el rango observado en cada caso.

Una vez definidos los rodales por fotointerpretación, éstos fueron reconocidos posteriormente en terreno, en base a lo cual se entregan las siguientes descripciones:

- Rodal I: corresponde a masas compuestas por una combinación de individuos pertenecientes a los géneros *Rhizophora* y *Pelliciera*, los cuales según se determinó en las fotografías aéreas ocupan el dosel en una proporción de copas aproximada de un 60% y 30%, respectivamente. El 10% restante corresponde a la superficie de claros dentro del

rodal. Sin embargo, al efectuarse el reconocimiento en terreno, la representatividad de los géneros en cuanto a la densidad, y área basal es inversa a lo establecido mediante fotointerpretación, por cuanto se comprobó un predominio de *Pelliciera* por sobre *Rhizophora*, lo cual se refrenda con los resultados obtenidos en el inventario, como se verá más adelante. Estos resultados reflejan el hecho de que la cobertura de copas determinada a partir de las fotografías aéreas en formaciones arbóreas mixtas, tienden a ser sobreestimadas en elementos de grano grueso (*Rhizophora*) y a ser subestimadas en los de grano fino (*Pelliciera*). Chong (1988a), obtuvo resultados más precisos utilizando fotografías aéreas a escala 1:20.000, lo cual indica la conveniencia de utilizar fotogramas de escalas más detalladas para aumentar la precisión de las estimaciones hechas a base de fotointerpretación.

Este rodal presenta una tendencia a crecer en sectores cercanos a los cursos de agua permanente, formando franjas alargadas orientadas en sentido general Norte-Sur.

Rodal II: conforme a lo establecido en la fotointerpretación, este rodal está compuesto por masas densas de individuos de *Pelliciera rhizophorae*, los cuales generalmente forman masas prácticamente puras, con una alta densidad de copas ($\geq 70\%$). Esta cifra revela un alto grado

de concordancia entre la cobertura de copa estimada en las fotografías aéreas y la representatividad de *Pelliciera* en la densidad y área basal totales, lo que refuerza la idea de que los problemas en la estimación se presentan en masas arbóreas más mezcladas.

En cuanto a las tendencias observadas, este rodal tiende a ocupar los sectores más internos del área de estudio.

- Rodal III: a diferencia de los casos anteriores, este rodal muestra en las fotografías aéreas una apariencia más heterogénea, por cuanto corresponde a una mezcla entre dos patrones fisionómicos que conforman mosaicos de distribución irregular: los elementos de grano muy fino corresponden a tapices muy densos del helecho *Acrostichum aureum*, y los de grano grueso corresponden a *Pelliciera* y *Rhizophora*, los cuales crecen en forma aislada, o bien formando bosquetes muy abiertos, por lo que sus copas alcanzan grandes dimensiones y son las responsables de la textura gruesa. El rodal III ocupa el sector sur del área de estudio.

En la Figura N°3 se entrega un mapa con los límites y superficies de los tres rodales aludidos, el cual fue obtenido en base al trabajo de fotointerpretación, comprobación de terreno y transferencia de información desde las fotografías aéreas y planimetría.






Figura N° 3: RODALIZACION DEL AREA EN ESTUDIO

LEYENDA

Rodal <u>I</u>	=	<i>Rhizophora</i> predominante	-	159 0 ha
Rodal <u>II</u>	=	<i>Pellucaria</i> predominante	-	70 4 ha
Rodal <u>III</u>	=	<i>Acrostichum aureum</i> predominante	-	316 ha
			TOTAL	261 0 ha

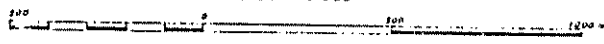
SIMBOLOGIA

-  ESTEROS
- 
- 

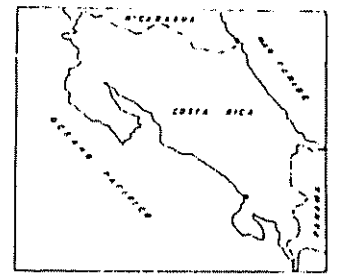
Fotografias aéreas de 42730 a la 42733
 R- 247 - L-2 - Escala 1:20000 - (16-11-87.)
 MAPA BASE
 Hojas Coronado-Terreba
 Escala 1:50 000 - 2ª Edición

Trabajo de campo realizado por
ALEJANDRO ESPINDOS S
 Dibujo Christian Asch
 JULIO 1992

ESCALA 1:10 000



UBICACION ZONA DE ESTUDIO



4.1.4.- Comprobación de los supuestos

El número de muestras tomadas en cada rodal fue lo suficientemente grande ($n \geq 30$), por lo que conforme a lo prescrito por el Teorema Central del Límite se puede garantizar que el promedio tenga una distribución aproximadamente Normal y que por lo tanto una Prueba de Comparación de Medias (Prueba T), sea válida. Para utilizar la Prueba F, todavía subsiste el problema de homogeneidad de varianzas, debiéndose probar su existencia.

La comprobación de los supuestos b (homogeneidad de varianzas) y c (errores independientes) se llevaron a cabo mediante un Análisis de Residuos. En una primera instancia, se graficaron los valores residuales versus los predichos para la variable DAP, generándose una nube de puntos que indicaban un incumplimiento de los supuestos. Por esta razón, en una segunda etapa se graficaron los valores de DAP transformados mediante la aplicación de logaritmos naturales (LDAP) versus los valores predichos de la misma variable, pudiéndose comprobar en esta oportunidad, conforme a lo observado en la nube de puntos resultante, el cumplimiento de ambos supuestos. En los Anexos N°8, 9 y 10 se entregan los gráficos obtenidos para cada rodal.

4.1.5.- Error estándar de las estimaciones

A partir de los promedios por parcelas de los Diámetros a la Altura del Pecho (DAP) y del Número de Árboles (NUMARB) obtenidos en terreno, se calcularon los errores de muestreo en forma separada para cada rodal. En el Cuadro N°6 se entregan los resultados obtenidos:

Cuadro N°6: Errores de muestreo por atributo y rodal

Atributo	Rodal	E(%) (*)
DAP	I	3.81
	II	3.81
	III	10.08
	PROMEDIO	4.8
NUMARB	I	6.4
	II	8.1
	III	23.2
	PROMEDIO	7.37

(*) Errores de muestreo en porcentaje

Conforme se puede apreciar en el cuadro anterior, el rodal III es el que presenta el mayor Error de Muestreo porcentual en todos los casos, lo que demuestra la mayor heterogeneidad presente en este rodal. Ello se debe a que existe un gran número de parcelas sin ningún individuo y algunas parcelas con cierta cantidad de árboles, lo que

origina una gran varianza y por ende, un mayor error. En los restantes rodales, se comprueba que el error del DAP promedio por parcela es inferior. En cambio, en cuanto al número de árboles se observa una mayor heterogeneidad.

4.1.6.- Estimación de los Componentes de Varianza y del tamaño de muestra óptimo

El procedimiento para estimar componentes de varianza basado en la variable DAP permitió calcular el tamaño de muestra óptimo para un error de un 10%, considerando un número de árboles promedio por parcela variable para cada rodal (ver Cuadro N°8). El Cuadro N°7 entrega los resultados obtenidos.

Cuadro N°7: Estimación de los componentes de varianza y Tamaños de muestra óptimo

Rodal	σ_p^2	σ_ϵ^2	Y	n	a
I	13.34	60.57	9.9	18	18.68
II	7.51	67.02	12.2	11	14.09
III	16.12	86.12	14.7	40	2.01

NOTACION:

- (σ_p^2): componente de varianza debida a las parcelas
- (σ_ϵ^2): componente de varianza debida al error (entre las parcelas)
- (Y) : DAP promedio del rodal (cm)

- (n) : número óptimo de parcelas para un error de muestreo de un 10%.
- (a): número promedio de árboles por parcela, en el interior de cada rodal

No es posible comparar sobre una base igualitaria estos resultados obtenidos con los generados por Chong (1988a), por cuanto éste determinó tamaños óptimos en base a los volúmenes promedios por parcela.

4.2.- Estructura y composición del dosel principal

4.2.1.- Densidad y Diámetro a la Altura del Pecho

El análisis estructural de la vegetación consistió, en una primera etapa, en estimar la densidad y el DAP promedio por parcela en cada rodal, lo que permitió evaluar el comportamiento de estos dos parámetros en el interior de cada uno de ellos. El Cuadro N°8 entrega los resultados obtenidos, desglosados por rodal y género.

Cuadro N°8: Comportamiento del DAP y la Densidad

Rodal	Género	DAP (cm)	DENSIDAD (árbs/0.01 ha)
I	Rh	11.53±0.55	4.97±0.59
	Pe	8.99±0.40	8.62±0.57
	Ot	5.88±0.67	0.87±0.26
	Total	9.89±0.37	13.68±0.87
II	Rh	11.06±7.0.6	4.44±0.54
	Pe	12.80±0.60	9.55±0.94
	Ot	11.4±5.91	0.10±0.34
	Total	12.24±0.47	14.09±1.14
III	Rh	16.76±4.40	3.67±0.26
	Pe	14.09±1.60	1.34±1.06
	Ot	15.20±3.55	3.38±1.25
	Total	14.71±1.48	2.01±0.57

NOTACION:

(Rh): *Rhizophora*

(Pe): *Pelliciera*

(Ot): Otros géneros (*Mora*, *Avicennia* y *Laguncularia*).

Los antecedentes entregados en el Cuadro N°8 ilustran el comportamiento del DAP y la Densidad, tanto en el interior de cada rodal, como entre los distintos rodales, lo que permite efectuar comparaciones a estos dos niveles.

Comparaciones al interior de cada rodal, en forma separada, muestran que en el rodal I, *Pelliciera* está mejor

representada, en relación a la densidad promedio por parcela, pero *Rhizophora* presenta los mayores DAP promedios al interior de éstas. En el Rodal II, *Pelliciera* predomina sobre las demás, en términos de DAP y Densidad promedios por parcela. En el rodal III, *Rhizophora* exhibe los mayores valores en cuanto al DAP y densidad, pero es muy notable la participación de otros géneros (*Avicennia*, *Laguncularia* y *Mora*), los cuales casi la igualan en importancia. *Pelliciera* en este rodal está representado por pocos individuos, pero de grandes diámetros.

La segunda etapa del análisis consistió en efectuar comparaciones estructurales entre los diferentes rodales, basado en estos mismos parámetros. Para ello, se efectuó un ANDEVA a dos vías, comprobándose la existencia de diferencias entre los rodales en relación al DAP y a la densidad promedio por parcela (valor $p < 0.001$). Debido a este resultado, se efectuó una prueba de comparaciones múltiples mediante la técnica denominada "Diferencia Mínima Significativa" (DMS), la que permitió establecer diferencias entre los promedios observados para cada parámetro y rodal. Los resultados correspondientes se entregan en el Cuadro N°9.

Cuadro N^o9: Diferencias significativas (DMS)
entre DAP y Densidad promedios.

Rodales comparados	DAP	DENSIDAD
I - II	**	ns
I - III	**	**
II - III	*	**

NOTACION:

(**): DMS significativa al 1% y 5%.

(*): DMS significativa al 5%.

(ns): DMS no significativa.

El cuadro anterior muestra la existencia de marcadas diferencias estructurales, en cuanto al DAP y Densidad, entre los rodales I y III. Los rodales I y II difieren significativamente sólo en relación al DAP y los rodales II y III sólo en relación a la Densidad. La Figura N^o4 ayuda a ilustrar claramente el comportamiento del DAP y la Densidad en cada rodal y género.

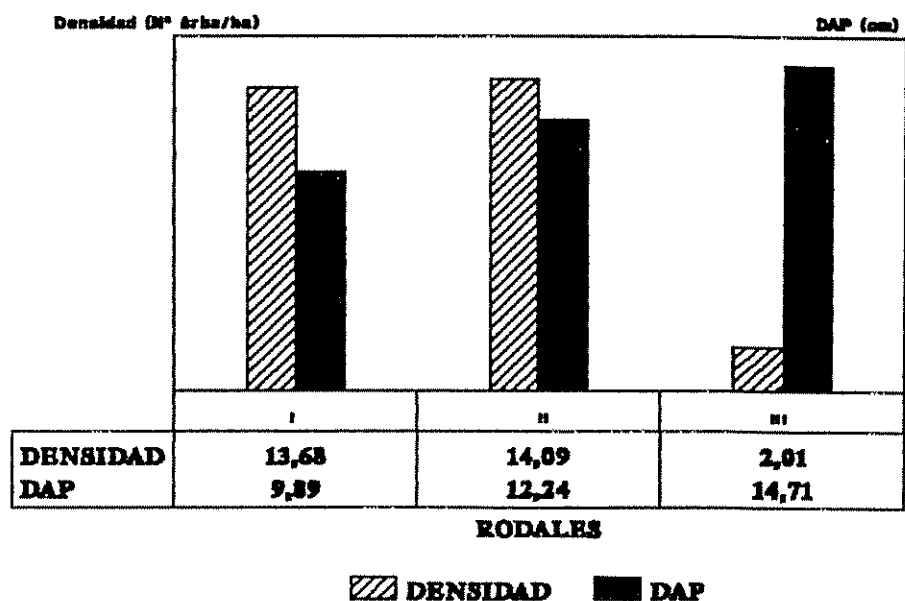


Figura N°4: Comportamiento del DAP y Densidad por rodal

4.2.2.- Distribuciones diamétricas

Existe gran cantidad de estudios acerca de la estructura de la vegetación en ambientes de tierra firme. La mayor parte de ellos han estado centrados principalmente en el análisis de las distribuciones diamétricas, lo que revela la importancia de estos elementos en los estudios estructurales de las formaciones boscosas.

El soporte teórico existente en la actualidad acerca de las distribuciones diamétricas fueron generados a partir de estudios en bosques de tierra firme, por lo que no pueden

ser aplicados directamente para el caso de los bosques de manglar, debido a la particular realidad que éstos presentan, en comparación con las de aquéllos.

En los bosque primarios maduros de tierra firme se encuentran bien representados el gremio de las esciófitas y el de las heliófitas, por lo que se puede suponer que el proceso de regeneración de cada uno de los gremios es continúa, en un régimen ambiental dado y de perturbaciones naturales constantes. En este contexto, es razonable plantear que las distribuciones diamétricas representan, en términos generales, curvas de supervivencia (Finegan, 1991).

En el caso de los bosques de manglar, prácticamente no existe literatura referida a la interpretación ecológica y silvícola de las distribuciones diamétricas. Sin embargo, considerando que en este tipo de bosques comparte algunas características estructurales con los bosques de tierra firme, parece razonable rescatar el concepto de las distribuciones diamétricas como curvas de sobrevivencia, para enfocar el análisis que a continuación se desarrolla.

En base a la información recopilada en las parcelas de muestreo, se obtuvieron las distribuciones diamétricas para el bosque total y para cada rodal por separado. El Anexo N011 contiene toda la información que dió origen a las figuras que ilustran cada situación descrita, las cuales se entregan a continuación.

La Figura N°5 corresponde a la distribución diamétrica referida a 1 ha. para el bosque completo del área estudiada. En ella se entrega en forma desglosada la participación de cada rodal en las diferentes clases diamétricas.

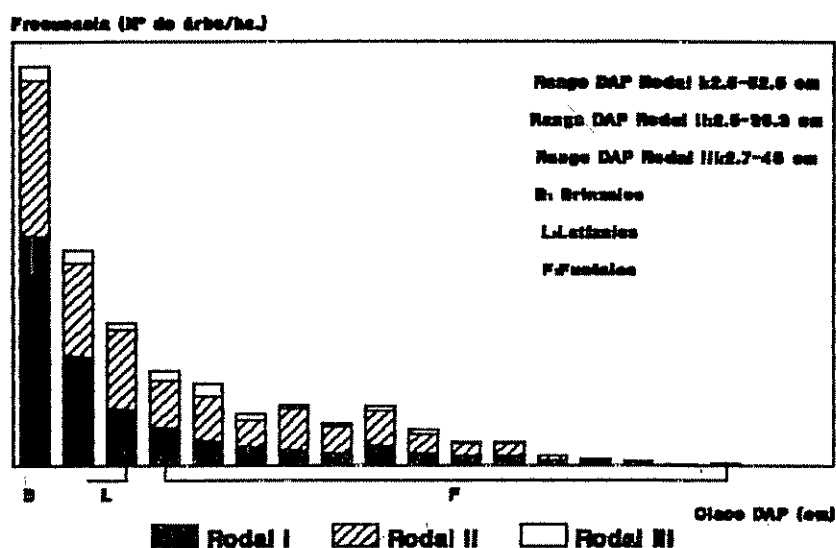


Figura N°5: Distribuciones Diamétricas Bosque Total

Como puede apreciarse en la figura precedente, la distribución diamétrica del bosque total presenta una clara tendencia hacia la curva denominada "Jota invertida" (o exponencial negativa). Ello implica la presencia de un gran número de individuos de pequeños diámetros y pocos de grandes tamaños, lo que permite aseverar, en general, que el bosque de manglar del área en concesión presenta una adecuada regeneración natural. Esta misma tendencia ha sido

observada por Cháves y Fonseca (1986), Chong (1988a y 1988b) y Aguilar (1990), todos los cuales desarrollaron sus estudios en el interior de la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, en sectores muy cercanos a la presente área de estudio. Se trata de una distribución típica de un bosque disetáneo con regeneración natural continua y no debe ser confundido con un bosque secundario, en el cual no se ha iniciado el proceso de autoraleo.

Los rodales I y II son los que presentan la mayor representatividad en el interior de cada una de las clases diamétricas presentes en el bosque. En cambio, puede observarse que el rodal III participa escasamente, en relación a los otros rodales. Puede notarse además que el rodal I es el que presenta una mayor distribución diamétrica y que el rodal II es el que posee un menor rango de dispersión diamétrica, por lo que se puede afirmar que es el que presenta una mayor homogeneidad en cuanto a los DAP, lo que se refrenda además por el hecho de corresponder al rodal en donde se cometió el menor error de muestreo porcentual y en el que el tamaño de muestra óptimo también es el menor, en relación al DAP.

Por su parte, en la Figura N°6 se entregan las frecuencias por hectárea de cada rodal y del bosque total, desglosadas en cada caso por Etapas de Desarrollo y géneros.

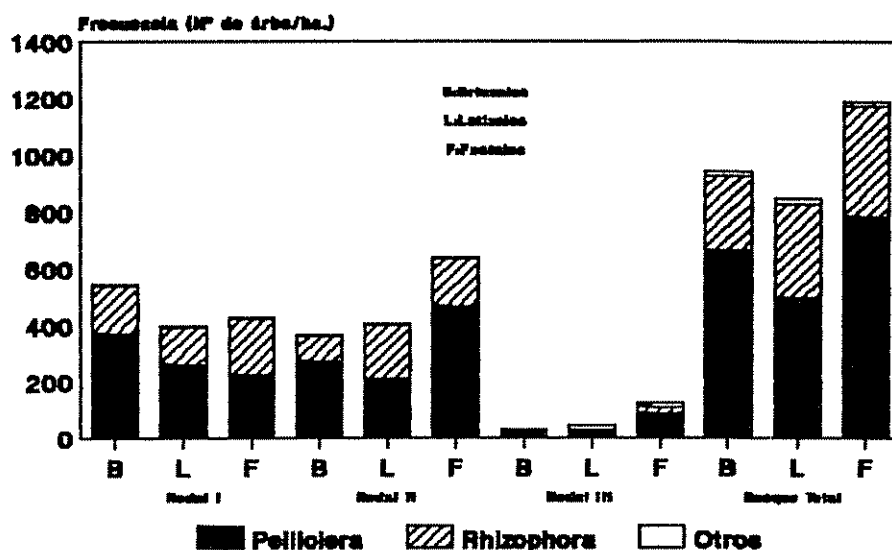


Figura N°6: Distribución de Frecuencias por Etapas de Desarrollo

En la Figura N°6 se puede apreciar que *Pelliciera* es el género mejor representado en términos del número de árboles por hectárea en el interior de todas las Etapas de Desarrollo, y por ende, del bosque total. Le sigue en importancia *Rhizophora* en todos los rodales, mientras que la agrupación de los restantes géneros (*Avicennia*, *Laguncularia* y *Mora*) sólo logran una pequeña representación en el rodal III.

En síntesis, en los rodales I y II del área en concesión dominan ampliamente *Pelliciera*, que es una especie esciófita que se desarrolla en sectores poco intervenidos en los cuales la salinidad no es muy alta (Calderón Sáenz,

1984), y *Rhizophora*, que es una especie heliófita, que tolera altas concentraciones de sal (FAO, 1982; Hamilton y Snedaker, 1984). Ambas tendencias se explicarían por la presencia de factores ambientales y/o antrópicos. En efecto, en el rodal II domina *Pelliciera* debido a factores de carácter ambiental, como la poca intervención a la que ha sido intervenido y posiblemente a las mejores condiciones ambientales, en relación al rodal I. En cambio, en el rodal I originalmente dominaba *Rhizophora*, pero en la actualidad domina *Pelliciera*, lo que se debe fundamentalmente a que Coopemangle R.L. ha centrado sus actividades de extracción en base a *Rhizophora* (Porras⁷, 1992), por lo que se confirma que en este caso, el factor antrópico fue determinante.

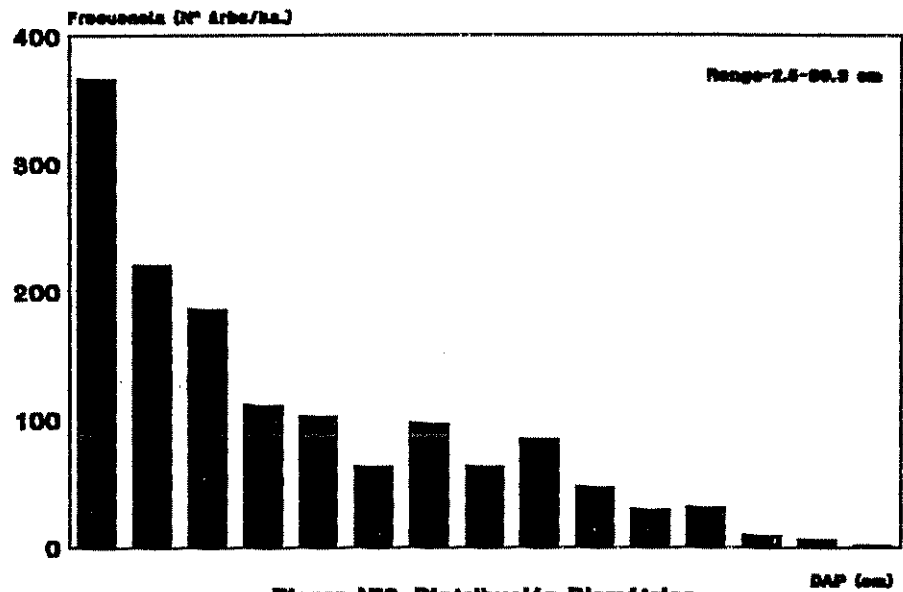
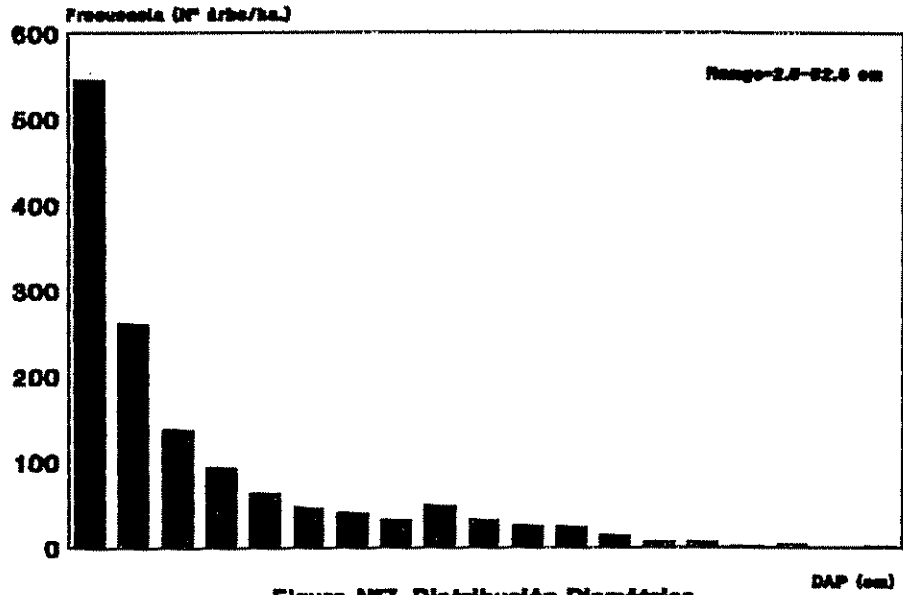
Un análisis a nivel de rodal, indica que en el rodal I los brinzales están mejor representados, seguidos por los latizales y los fustales. En cambio, en los rodales II y III las tendencias observadas son inversas en comparación a las del rodal I, por cuanto en ellos los fustales y latizales adquieren mayor importancia y los brinzales son los menos representados. Esto determina también que en el bosque total se observe la misma tendencia descrita para los rodales II y III.

Si se comparan las tendencias observadas en las figuras Nº5 y Nº6, se puede establecer que si se analiza la

7. Porrás, Urías. 1992. Presidente Coopemangle R.L. Historial de uso del manglar, en el sector de la concesión de Coopemangle R.L. (Comunicación personal).

información a nivel de clases diamétricas, es decir, a un mayor nivel de detalle, se obtienen claramente curvas de distribución en forma de "Jota invertida". En cambio, si se efectúa el análisis a nivel de Etapas de Desarrollo, es decir, a un menor nivel de detalle, pues las clases diamétricas se agrupan en Etapas de Desarrollo, la tendencia es que, en relación al número de árboles por hectárea, se encuentren mejor representados los fustales, seguidos por los brinzales y en último lugar, por los latizales.

Esta aseveración se confirma, casi en todos los casos, al observar las distribuciones diamétricas por clases de DAP en las Figuras Nº7, 8 y 9 que se entregan a continuación, las cuales representan a los rodales I, II y III, respectivamente.



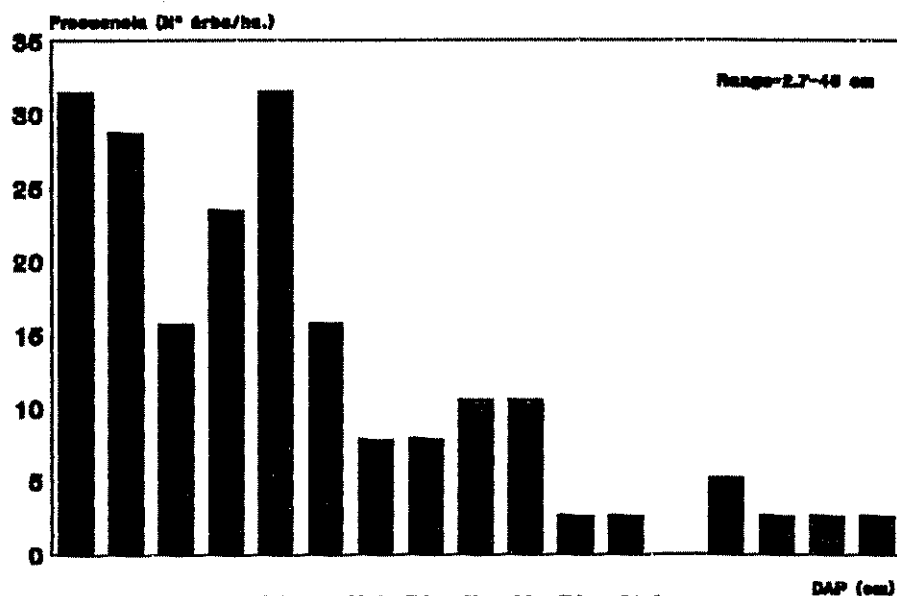


Figura N°9: Distribución Diamétrica
(Rodal II)

Conforme se puede apreciar en las figuras precedentes, lo establecido anteriormente se ajusta a las tendencias que ellas muestran. La única excepción la constituye el rodal III (Figura N°9), por cuanto éste no muestra ninguna tendencia clara, sino que más bien presenta un alto grado de dispersión diamétrica, en cuanto al número de árboles por hectárea en las distintas clases diamétricas. Además, se puede observar que no están representadas todas las clases diamétricas, todo lo cual es un reflejo del historial de manejo del rodal III, *sensu* UNESCO (1980). Debido a que esta distribución diamétrica es muy irregular, las labores de Manejo sobre una masa de estas características se hace difícil, considerándose una situación no deseada.

En efecto, en el interior del rodal III, se practicaron fuertes intervenciones hace más de 40 años atrás (Porras⁸, 1992), lo que ha determinado que en la actualidad esté dominado por una formación de *Acrostichum aureum*, especie que invade sectores de las clases de inundación mayores y que han sido sometidos a una fuerte intervención en el pasado, sin la debida consideración al establecimiento de la regeneración natural (Hamilton y Snedaker, 1984; FAO, 1985; Anónimo, s.f.).

4.2.3.- Caracterización y evaluación de la Estructura y Composición del dosel principal

La caracterización de la estructura y composición del dosel principal del manglar en el área de estudio estuvo basada en los siguientes parámetros: densidad, área basal (AB), volumen, altura promedio de los árboles dominantes, diámetro medio cuadrático (DMC), valor relativo de importancia (VRI), índice de complejidad (IC) y los géneros presentes. El Cuadro N°10 que se presenta a continuación entrega los resultados obtenidos, los cuales fueron desglosados por rodal y género.

8. Porras, Urías. 1992. Presidente Coopemangle R.L. Historial de uso del manglar, en el sector de la concesión de Coopemangle R.L. (Comunicación personal).

Cuadro N°10: Caracterización de la estructura y composición del Deseñ Principal

Redesl	Género	Densidad árbs./ha (1)	Área Basal CM ² /ha (2)	Volumen CM ³ /ha (3)	Altura canopia (m) (4)	Diámetro Medio Cuadrático (cm) (5)	Valor Relativo de Importancia	Índice de Complejidad (H')	Géneros presentes
I	Rhizophora	497.27	3.80	73.17	-	15.0	179.3	-	-
	Pellíciera	362.90	9.41	58.11	-	11.73	212.2	-	-
	Otros (5)	9.72	0.01	-	-	3.82	7.12	-	-
	Total	1363.89	13.22	131.14	33.7	13.01	-	33.58	Rh, Pe, Mo, La
II	Rhizophora	444.23	6.23	43.52	-	13.36	139.4	-	-
	Pellíciera	955.0	19.92	126.21	-	16.29	241.2	-	-
	Otros	10.56	0.18	-	-	14.73	3.7	-	-
	Total	1409.84	26.33	165.52	24.2	15.41	-	35.37	Rh, Pe, Mo, RM
III	Rhizophora	33.67	1.0	10.09	-	19.44	60.1	-	-
	Pellíciera	133.66	4.67	18.70	-	21.09	153.0	-	-
	Otros	33.85	1.09	-	-	20.2	49.7	-	-
	Total	201.18	6.76	28.79	23.5	20.63	-	0.95	Rh, Pe, Mo

BASE: Inventario Forestal

Basado en la información entregada en el cuadro anterior, es posible establecer una serie de hechos. En efecto, el rodal I se caracteriza por que sus árboles dominantes presentan una gran altura promedio, lo que refleja la gran productividad del sitio. En relación a la densidad, no presenta grandes diferencias respecto del rodal II, pero sí en relación al AB y volumen, lo que se debe fundamentalmente al mayor diámetro medio cuadrático que éste presenta (15.41 cm), en relación al exhibido por aquél (13.01 cm).

El rodal II, por su parte, tiene varios aspectos sobresalientes, como el hecho de presentar la densidad, AB y volumen más elevados de toda el área de estudio. Ello se debe en gran parte al hecho de que la intervención en su interior es prácticamente nula, en comparación a la realizada en los rodales I y III.

El rodal III es el menos denso de todos y el que exhibe también los menores montos en cuanto al AB y volumen. Sin embargo, es notable en este rodal el gran DMC que presenta, lo cual se debe a que los árboles crecen en forma aislada, o bien en bosquetes muy abiertos, en los cuales prácticamente no existe competencia por luz entre los individuos, lo que les ha permitido alcanzar un mayor desarrollo en diámetro (DMC de 20.68 cm), pero una menor altura promedio (23.5 m), en relación a los restantes rodales.

En cuanto a los VRI, se puede comprobar claramente que *Pelliciera* es la especie más importante, desde el punto de vista ecológico, en el interior de los tres rodales. Por su parte, *Rhizophora* es la segunda especie en importancia en todos los rodales. En cuanto a otros géneros (*Avicennia*, *Mora*, *Laguncularia*), queda de manifiesto la poca importancia ecológica que alcanzan en los rodales I y II, pero es notable el aumento de ésta en el rodal III.

En relación a los IC, no existen diferencias muy marcadas entre los rodales I y II, por lo que deben ser considerados como rodales muy similares en cuanto a su grado de complejidad estructural. En cambio, es muy sensible el bajo IC que posee el rodal III, lo que refleja el estado de empobrecimiento estructural en que se encuentra este rodal, debido a las fuertes intervenciones a que fue sometido en el pasado.

Respecto de la composición florística, *Rhizophora*, *Pelliciera* y *Mora* se presentan en el interior de cualquiera de los tres rodales. En contraste, *Laguncularia* es exclusiva del rodal I, como *Avicennia* lo es del II y *Acrostichum* del rodal III.

Para efectos de comparación, de la estructura y composición entre los rodales estudiados, con rodales de otras latitudes de características similares, se debe establecer antes que nada que el rodal I del área en estudio

pertenece al tipo fisiográfico denominado "manglares ribereños" y los rodales II y II a los denominados "manglares de cuenca", *sensu* Cintrón et. al (1985).

Hechas las aclaraciones del caso, en el Cuadro N^o11 que se entrega a continuación, se efectúa una comparación estructural y composicional entre los rodales estudiados y rodales de otras latitudes, pertenecientes a los mismos tipos fisiográficos que éstos.

Como se puede apreciar en el Cuadro N^o11, el rodal I exhibe una altura promedio de la canopia muy similar a los manglares de la Puerta de Roma, ubicados en Ecuador (33.7 y 35.0 m, respectivamente), lo que podría indicar que ambos crecen sobre sitios similares en cuanto a productividad natural. Sin embargo, en comparación con aquéllos, posee una densidad mayor (1369 y 220 árbs/ha, respectivamente), al igual que AB (18.22 y 8.68 m²/ha, respectivamente), lo que conjuntamente con el bajo IC que alcanzan estos últimos (1.34, versus 33.6 del rodal I)) indica de que éstos son manglares muy empobrecidos estructuralmente, seguramente debido a intervenciones a las que se les han sometido.

En comparación con los manglares de Moín, ubicados en la sección central del Caribe de Costa Rica, se puede comprobar que a pesar de presentar densidades muy similares (1369 y 1370, respectivamente), en relación al AB éstos casi lo quintuplican (18.22 y 96.4 m²/ha, respectivamente).

Cuadro No.11: Comparación estructural de rodales por Tipo Fisiográfico

Lugar	Tipo Fisiográfico	Densidad Carbs./ha)	Área Baseal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Altura campo (m)	Diámetro Medio Cuadrático (cm)	Índice de Complejidad (C)	Números presentes
Puerta de Roma (c)	Riberense	214 (C)	8.67 (C)	S.I.	35.0	22.7	S.I.	Rh
Puerta de Roma (c)	Riberense	220 (C)	8.68 (C)	S.I.	35.0	22.4	1.24	Rh, Ls
Ferraba-Sierpe (h)	Riberense	564 (C)	S.I.	24.29 (C)	S.I.	S.I.	S.I.	Rh, Pw
Ferraba-Sierpe (q)	Riberense	1.210 (C)	39.3 (C)	280.50 (C)	20.1	20.33 (C)	S.I.	Rh, Pw
Ferraba-Sierpe (f) (Eodal I)	Riberense	1.363 (C)	18.22 (C)	131.14 (C)	33.7	12.01 (C)	33.6	Rh, Pa, Ho, Lu
Mein (q)	Riberense	1.370 (C)	96.4 (C)	S.I.	16.0	23.9	84.5	S.I.
Sierpe (c)	Riberense	1.600 (C)	27.0 (C)	S.I.	25.4	14.6	54.3	S.I.
Varios (c)	Riberense	1.979 (C)	30.4 (C)	S.I.	17.0	43.9	21.2	S.I.

NOMENCLATURA:

(Rh): Rizomorfos; (Pw): Pellicieras; (Ho): Hojas;

(Ls): Leguminosas; (C.I.): Sin información

NOTAS:

(C): Calculados para todos los individuos de DAP >2.5 cm.

(h): Expresados sobre una base de 0.1 ha. Incluye individuo de DAP <2.5 cm.

(f): No existe información acerca del DAP mínimo considerado.

(q): Calculado en base a todos los árboles de DAP >10.0 cm

(E): Estimado a base de fotografías aéreas, con corrección de terreno

(C): Calculado para árboles de DAP >5.0 cm

FUENTES:

(a): Cintron et. al (1985). Promedio de 36 rodales

(b): Cintron et. al (1985). Promedio de 31 rodales

(c): Lehmann et. al (1987)

(d): Pool et. al (1977)

(e): Jimenez y Soto (1985)

(f): Este estudio

(g): Cheng (1982a)

(h): Chaves y Fonseca (1996)

En cambio, en relación al IC lo superan dos veces y media (33.6 y 84.5, respectivamente), lo que implica el mayor grado de desarrollo estructural de los manglares de Moín en relación al rodal I, seguramente debido a que los primeros no han sido prácticamente intervenidos, por cuanto la productividad del sitio en los manglares de Moín es menor a la del rodal I, lo que se refleja en la gran diferencia en cuanto a la altura promedio de la canopia (16 y 33.7 m, respectivamente). Sin embargo, debe notarse que en el caso de los manglares de Moín, los altos valores alcanzados se explican en gran medida a que el autor incluyó árboles de un género perteneciente a este tipo de formaciones.

En relación a los manglares de Playa Garza, distantes apenas unos 1.000 metros del rodal I, se puede ver que el rodal I aunque no presentan casi diferencias en cuanto a la densidad (1210 y 1369 árbs/ha, respectivamente), los primeros casi lo duplican en relación al AB (39.3 y 18.22 m²/ha, respectivamente) y al volumen (280.50 y 131.14 m³/ha, respectivamente). Aunque los bosques de Playa Garza son de menor desarrollo en altura, el DMC es sensiblemente mayor (20.33 y 13.01 cm, respectivamente), lo que se debe a que, a pesar de crecer en terrenos más pobres que el rodal I, exhibe un mayor desarrollo estructural, en cuanto al volumen y AB, debido a los mayores DMC, lo que puede deberse en gran parte al hecho de que éstos no han sido explotados aún.

En comparación con el estudio de Cháves y Fonseca (1986), se observa claramente una sub-estimación por parte de éstos, debido seguramente a los errores de muestreo cometidos al hacer las estimaciones (8.4% en la densidad y un 22.6% en el volumen).

Si se compara el rodal I con el promedio obtenido por Cintrón *et. al* (1985), se puede comprobar que estos últimos poseen una densidad mayor (1368 y 1979 árbs/ha, respectivamente) y también un AB mayor (18.22 y 30.4 m²/ha, respectivamente) pero una menor altura promedio (33.7 y 17.0 m, respectivamente). Sin embargo, en cuanto al grado de complejidad estructural, el rodal I presenta un IC mayor (33.6 y 21.2 m, respectivamente), lo que refleja, una vez más, la extracción a que ha sido sometido.

En cuanto al rodal II, si se le compara con el promedio obtenido por Cintrón *et. al* (1985), se puede establecer que con la mitad de la densidad que exhiben aquéllos (1410 y 3599 árbs/ha, respectivamente), éste presenta una gran diferencia a favor en cuanto al AB (26.33 y 18.3 m²/ha, respectivamente), lo que puede ser en gran medida debido a los mejores sitios que ocupa, lo que se refrenda por las alturas promedio de la canopia (24.2 y 9.0 m, respectivamente) así como también al hecho de que el rodal II no ha sido prácticamente intervenido.

En comparación con los restantes rodales pertenecientes al tipo fisiográfico de cuenca, el rodal II siempre presenta

un AB, DMC y un IC mayores, aún cuando la altura promedio no sea siempre la mayor, en comparación con la de los restantes rodales, lo que implica que aunque el sitio en que se encuentra el rodal II no es el mayor calidad, presenta un alto grado de desarrollo estructural debido en gran medida a su gran área basal, debido a que aún no han sido intervenidos intensivamente.

El rodal III está muy por debajo del promedio de los restantes rodales de cuenca en cuanto a la densidad, área basal e IC, lo que demuestra una vez más el empobrecimiento estructural producto de las fuertes intervenciones a las que ha sido sometido.

4.2.4.- Existencias por rodal

Con el objeto de contar con una información detallada acerca del estado y potencial silvícola de los diferentes rodales, se generaron Tablas de Existencia para cada uno de ellos. Estos elementos servirán de base para proponer lineamiento de manejo para cada rodal por separado. En los Cuadros N°12, 13 y 14 se entregan las Tablas de Existencias para los rodales I, II y II, respectivamente. La información contenida en estos cuadros contienen las existencias por hectárea, en términos del al número de individuos, el área basal y volumen, desglosadas por género

y clases diamétricas. Para complementar esta información, en los Anexos N°12, 12-A y 12-B; 13-A y 13-B; 14-A y 14-B se entrega información acerca de las existencias por hectárea para las siguientes parámetros: iluminación y forma de copa, posición y agentes causales de los daños, posición de las pudriciones provocadas por hongos y Usos Potenciales, para los rodales I, II y III, respectivamente.

Conforme a UNESCO (1980) y Smith (1986), es posible determinar en primera instancia el valor silvicultural y comercial de un bosque, ya que el número de fustes gruesos por hectárea son buenos indicadores de la calidad del sitio y el grado de ocupación actual de éste.

A partir de la información contenida en el Cuadro N°12, se puede determinar que, en relación a las existencias totales por hectárea, un 54% del AB y un 63% del volumen están concentrados entre las clases diamétricas 21.85 y 34.85 cm. Sin embargo, en relación al número de árboles, sólo corresponde a un 12.4% del total, lo que indica que la mayor parte de la productividad natural del sitio se concentra en estas clases diamétricas. Dicho en otras palabras, entre las citadas clases diamétricas, existe un alto rendimiento en volumen y AB, en relación al número de árboles involucrados. Por otra parte, la masa arbórea perteneciente a las clases diamétricas mayores, sólo representan un 1.1% del número de árboles, un 11.4% del AB y un 16.7% del volumen, en todos los casos en relación al total.

Cuadro N°12: Tabla de Existencias (Rodal I)

Especies	RHIZOPHORA			PELLICIERA			JTRUS (J)			TOTAL		
	Densidad (árbs./ha)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (árbs./ha)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (árbs./ha)	Área Basal (m ² /ha)	Densidad (árbs./ha)	Área Basal (m ² /ha)	Densidad (árbs./ha)	Volumen (m ³ /ha)
3-75	167.99	0.16	-	373.58	0.42	-	3.15	0.0032	544.72	0.58	-	-
6-35	79.18	0.24	-	176.78	0.52	-	4.78	0.0011	260.74	0.76	-	-
8-85	50.39	0.31	0.39	87.18	0.55	0.42	-	-	137.57	0.96	0.31	0.31
11-45	43.19	0.45	2.67	48.76	0.51	2.69	-	-	91.97	0.96	2.69	5.36
14-05	29.58	0.45	2.93	31.18	0.48	2.82	0.79	0.011	61.55	0.93	2.82	5.75
16-65	19.99	0.41	2.85	25.37	0.56	3.45	-	-	45.35	0.97	3.45	6.23
19-25	17.58	0.51	3.82	22.38	0.66	4.31	-	-	39.96	1.17	4.31	6.23
21-25	12.78	0.48	3.89	17.58	0.65	4.51	-	-	30.36	1.13	4.51	8.14
24-45	17.85	0.82	6.95	30.35	1.43	10.36	-	-	48.24	2.25	10.36	17.31
27-05	11.99	0.69	6.18	18.39	1.03	7.79	-	-	30.38	1.72	7.79	13.97
29-65	12.78	0.87	8.07	11.36	0.82	6.41	-	-	24.77	1.69	6.41	14.46
32-25	15.68	1.24	12.01	7.19	0.59	4.86	-	-	22.37	1.33	4.86	16.97
34-85	7.19	0.57	6.68	6.38	0.62	5.29	-	-	12.57	1.29	5.29	11.97
37-45	3.17	0.34	3.61	2.36	0.26	2.30	-	-	5.55	0.50	2.30	5.91
40-05	3.99	0.50	5.42	1.57	0.19	1.75	-	-	5.56	0.59	1.75	7.17
42-65	0.78	0.10	1.17	-	-	-	-	-	0.78	0.10	-	1.17
45-25	2.38	0.39	4.51	0.76	0.12	1.12	-	-	3.15	0.51	1.12	5.66
47-85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50-45	0.78	0.17	2.11	-	-	-	-	-	0.78	0.17	-	2.11
TOTALES	437.27	8.80	72.17	862.30	9.41	58.11	8.72	0.01	2332.39	18.22	58.11	121.14

OTRS:

D: No se calcula el volumen para 'Otros géneros'

Cuadro No.13: Tabla de Existencias Rodal II)

Especies	RHIZOPHORA			PELLICIERA			OTROS CD			TOTAL		
	Densidad (árbs./ha)	Area Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (árbs./ha)	Area Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (árbs./ha)	Area Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (árbs./ha)	Area Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)
3.75	87.46	0.10	-	274.96	0.30	-	3.52	0.0	-	385.96	0.40	-
6.35	99.99	0.31	-	116.05	0.36	-	3.52	0.01	-	219.56	0.68	-
8.05	91.04	0.56	0.47	94.51	0.59	0.29	-	-	0.29	185.65	1.15	0.76
11.45	44.64	0.45	2.66	56.02	0.67	3.56	-	-	3.56	110.66	1.12	6.23
14.05	28.53	0.44	2.85	71.41	1.54	6.17	1.76	0.02	6.17	101.70	2.00	9.03
16.65	24.96	0.52	3.66	37.49	0.81	5.06	-	-	5.06	52.45	1.33	8.72
19.25	14.24	0.41	3.11	62.13	2.48	16.35	-	-	16.35	96.37	2.99	19.47
21.85	16.05	0.62	5.04	45.40	1.71	11.84	-	-	11.84	52.45	2.33	16.86
24.45	19.62	0.91	7.73	64.27	2.96	21.30	-	-	21.30	33.89	3.97	29.04
27.05	5.33	0.30	2.12	41.07	2.47	17.35	-	-	17.35	46.40	2.77	20.08
29.65	5.53	0.36	3.39	23.20	1.64	13.0	-	-	13.0	26.52	2.00	16.40
32.25	7.09	0.57	5.56	21.38	1.77	14.35	1.76	0.15	14.35	30.33	2.49	19.36
34.85	-	0.68	6.93	0.30	1.84	7.08	-	-	7.08	8.90	2.52	15.02
37.45	-	-	-	5.35	0.57	7.92	-	-	7.92	5.33	0.57	4.93
40.05	-	-	-	1.76	0.21	1.30	-	-	1.30	1.76	0.21	-
TOTALES	444.28	6.23	43.52	955.00	19.92	126.21	10.56	0.18	1409.84	26.33	165.52	

NOTAS:

(1): No se calcularon volúmenes para "Otros géneros"

Cuadro N214: Tabla de Existencias (Rodal III)

Géneros	RHIZOPHORA			PELLICIERA			OTROS CID			TOTAL		
	Densidad (árbs./ha)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (árbs./ha)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (árbs./ha)	Área Basal (m ² /ha)	Densidad (árbs./ha)	Área Basal (m ² /ha)	Densidad (árbs./ha)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m^{3}/ha)
3.75	5.18	0.0	-	18.39	0.62	-	7.86	0.0	31.43	5.50	-	-
6.35	2.59	0.0	-	20.90	0.61	-	5.18	0.02	28.75	0.55	-	-
8.85	5.18	0.0	-	2.59	0.03	0.10	7.86	0.05	15.62	0.06	0.10	0.10
11.45	5.18	0.04	0.29	13.12	0.13	0.73	5.18	0.06	23.45	0.23	0.73	1.02
14.05	2.59	0.0	0.0	28.92	0.41	2.41	-	-	31.51	0.41	2.41	5.41
16.65	-	-	-	15.72	0.32	1.96	-	-	15.72	0.32	1.96	1.96
19.25	2.59	0.08	0.64	5.18	1.56	-	-	-	7.77	1.64	-	1.64
21.85	-	-	-	7.96	0.28	1.96	-	-	7.96	0.28	1.96	1.96
24.45	2.59	0.10	0.91	7.96	0.37	2.77	-	-	10.45	0.47	2.77	3.66
27.05	2.59	0.15	1.39	7.96	0.46	3.54	-	-	10.45	0.61	3.54	4.93
29.65	-	-	-	-	-	-	2.59	0.17	2.59	0.17	-	-
32.25	-	-	-	2.59	0.19	1.80	-	-	2.59	0.19	1.80	1.80
34.85	-	-	-	-	-	2.50	-	-	-	-	2.50	2.50
37.45	2.59	0.29	3.06	2.59	0.29	-	-	-	5.18	0.58	-	3.06
40.05	2.59	0.34	3.80	-	-	-	-	-	2.59	0.34	-	3.80
42.65	-	-	-	-	-	-	2.59	0.38	2.59	0.38	-	-
45.25	-	-	-	-	-	-	2.59	0.41	2.59	0.41	-	-
TOTALES	33.67	1.0	10.09	133.56	4.67	16.70	33.65	1.09	201.18	6.76	25.79	25.79

NOTAS:

CID: No se calcularon volúmenes para 'Otros géneros'

Estas tendencias exhibidas para el rodal I completo, también son aplicables a *Pelliciera* y *Rhizophora* por separado. Sin embargo, para poner estas cifras en su perspectiva correcta, se debe destacar que *Pelliciera* por sí sola representa un 63% de los árboles,, un 51.6% del AB y un 44% del volumen, respecto del total. Por su parte, *Rhizophora* exhibe un 36.4%, 48.3% y un 56% en los mismos parámetros.

Con el fin de ilustrar esta situación planteada, en las Figuras N^o10 y 11 que se entregan a continuación, se muestra el comportamiento del AB en las diferentes clases diamétricas, al interior de los rodales I y II, respectivamente.

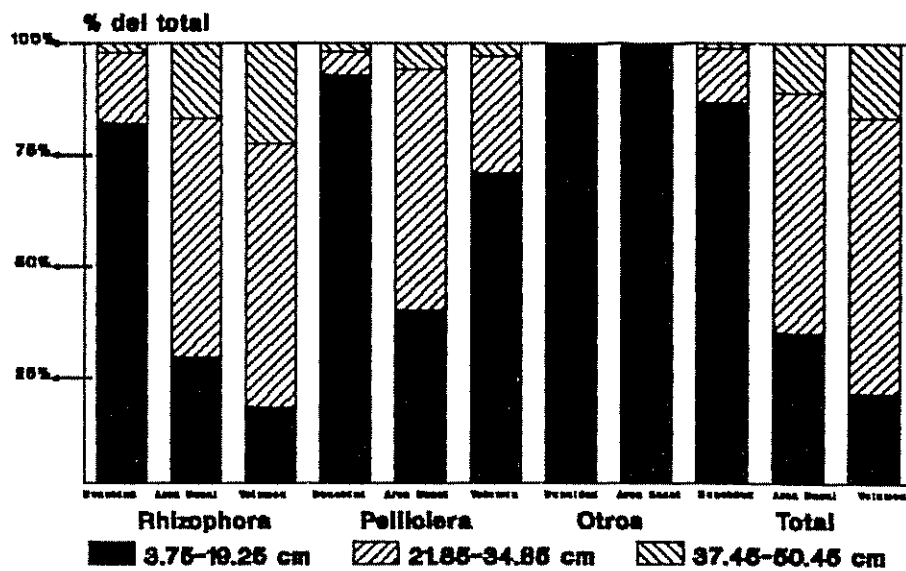


Figura N°10: Existencias/ ha (Rodal I)

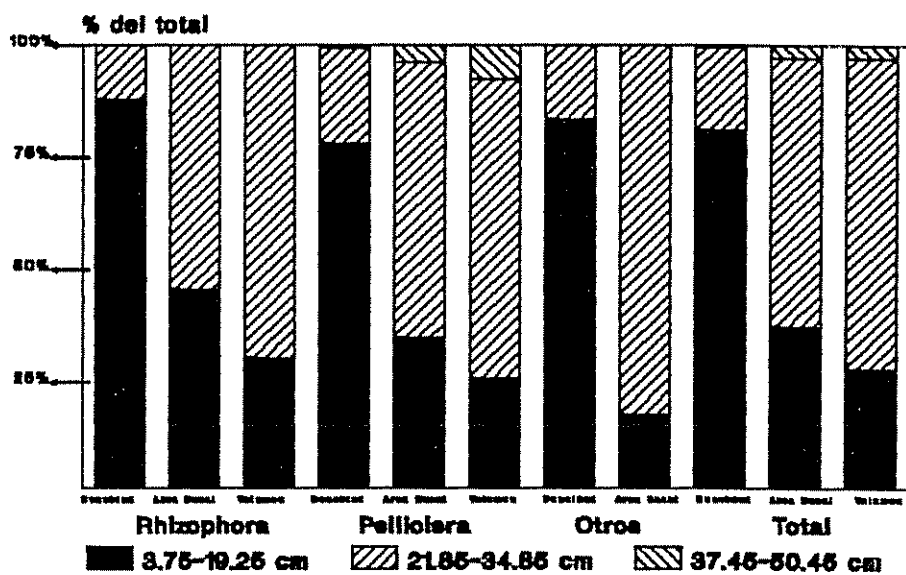


Figura N°11: Existencias/ha (Rodal II)

Como se desprende de las Figuras N^o10 y 11, es notable el hecho de que en las Clases de DAP intermedias (21.89-34.85 cm) tanto para el rodal I como para el rodal II, existe un alto rendimiento en Area Basal y Volumen con una baja densidad, hecho que también es válido para el caso de los géneros *Rhizophora* y *Pelliciera* y para el total.

Basado en los antecedentes expuestos, es aconsejable destinar la mayor parte del esfuerzo productivo hacia la masa de diámetros intermedios y no prestar mucha atención a las clases diamétricas superiores, excepto en lo referente a la corta, ya que el aporte que ellas representan al número de árboles, AB y volumen, son poco significativos con respecto al total, en comparación a la de aquéllos. Además, vale la pena orientar el manejo silvícola a estas clases intermedias, puesto que presentan una mayor capacidad para responder sensiblemente a un manejo silvícola, como podría ser por ejemplo, la apertura del dosel mediante raleos (Smith, 1986).

Los altos montos presentados en cuanto a la densidad, AB y volumen, en comparación a otros rodales pertenecientes al mismo tipo fisiográfico, conforme a lo establecido en el acápite anterior, permiten establecer que, a pesar de que Coopemangle R.L. ha sometido a este rodal a una extracción selectiva desde hace algunos años atrás, la intensidad de la intervención ha sido muy baja y espacialmente muy dispersas. Ello se comprueba al efectuar un recorrido por su interior,

puesto que, con algunas excepciones, no es fácil determinar las áreas que han sido intervenidas.

En cuanto a la agrupación de otros géneros (*Mora* y *Laguncularia*), su participación en cuanto al número de árboles, AB y volumen es totalmente marginal en el interior del rodal I, pues representan sólo un 0.6% de la densidad total y un 0.09% del AB total, las cuales se encuentran concentradas en las clases diamétricas inferiores.

En el caso del rodal II, todas las tendencias descritas para el caso anterior son plenamente aplicables. Sin embargo, la diferencia más notoria entre ambos rodales es la importante participación de *Pelliciera* en cuanto a la densidad (67.7%), AB (75.6%) y volumen (76.2%), en relación al total. Estas cifras indican la clara predominancia de *Pelliciera* y la merma en cuanto a la importancia de *Rhizophora*, en relación al rodal I.

Por su parte, la agrupación de otros géneros (*Mora* y *Avicennia*), al igual que en el rodal I, tampoco aquí logran una representación significativa, por cuanto sólo representan un 0.8% de los árboles y un 0.7% del AB, respecto del total. En síntesis, este rodal presenta una mayor densidad, AB y volumen totales por hectárea que los restantes rodales, siendo lo más notable la participación de *Pelliciera* en su interior, lo que implica que el manejo silvícola debe estar centrado fundamentalmente en este género.

En relación al rodal III, el Cuadro N°14 entrega la información pertinente, en base a la cual es posible establecer lo siguiente: a diferencia de los dos rodales anteriores, las existencias por hectárea indican claramente que no posee los niveles adecuados para un manejo silvícola, debido a su baja densidad, AB y volumen totales por hectárea. Ello implica que la vocación de manejo de este rodal es el reestablecimiento de una masa boscosa que permita un manejo silvícola viable en términos económicos. No se debe descartar la posibilidad de asignar algún uso económico a la gran masa de *Acrostichum aureum* existente en este rodal.

4.3.- Estructura y Composición de la Regeneración Natural

La composición y estructura de la regeneración natural del manglar fue analizada en base a los patrones de distribución espacial, densidad e índices de importancia de los distintos géneros en el interior de cada rodal.

4.3.1.- Patrones de Distribución Espacial

Con el fin de evaluar los patrones de distribución espacial, se generaron tablas de distribución de frecuencia para los rodales I,II y II, las cuales se entregan en los Anexos N°15, 16 y 17, respectivamente. En base a la información contenida en éstos, se puede establecer que en

el rodal I, el mínimo observado fue de cero plántulas por subparcela (en 23 casos) y el máximo de 11 plántulas (1 caso). En el rodal II existen 14 subparcelas sin plántulas y una subparcela con 13 de ellas, mientras que en el rodal III se observaron 37 subparcelas sin plántulas y tan sólo una de ellas contenía una plántula.

A partir de la información contenida en las tablas de distribución de frecuencia, se efectuaron Pruebas de Bondad de Ajuste con las distribuciones de Poisson y Binomial Negativa, con el fin de determinar los patrones espaciales (Ludwig y Reynolds, 1988). Debido a que el rodal III sólo tiene una plántula, no se efectuó la Prueba de Bondad de Ajuste en este caso. El Cuadro N°15 entrega los resultados más relevantes obtenidos.

Cuadro N°15: Pruebas de bondad de ajuste para determinar patrones de distribución espacial

Rodal	Pruebas de Bondad de Ajuste					
	Poisson			Binomial Negativa		
	G.L.	$X^2_c(1)$	X^2_t	X^2_c	$X^2_t(2)$	G.L.
I	5	53.73	15.1	2.41	15.1	5
II	4	36.47	13.3	4.96	11.3	3

NOTAS:

(1): Valor calculado de Chi-cuadrado

(2): Valor de Tabla para Chi-cuadrado para un nivel de significancia de un 99% y los grados de libertad indicados.

Como se puede comprobar del cuadro precedente, en ambos rodales los valores de X^2 calculados fueron mayores que los de tabla, por lo que se descarta que el número promedio de plántulas por subparcela se ajuste a una distribución de Poisson. En cambio, en la Prueba de Bondad de Ajuste con una distribución Binomial Negativa, los X^2 calculados fueron menores a los valores de tabla. En consecuencia, existen evidencias a un nivel de confiabilidad de un 99% de que en interior de los rodales I y II las plántulas poseen un patrón de dispersión espacial agrupado.

Estos resultados obtenidos confirman el hecho de que la regeneración natural en los bosques de manglar tiende a establecerse en forma agrupada en torno a los árboles padres. Si bien es cierto, también existe un acarreo de los propágulos por flotación desde otros sitios más alejados, siendo este proceso de menor importancia (Hamilton y Snedaker, 1984; FAO, 1982; FAO, 1985; Dixon, 1959).

4.3.2.- Densidad

Como producto del mismo proceso utilizado para establecer el patrón de distribución espacial de las plántulas, se obtuvieron también los dos parámetros de la distribución Binomial Negativa: μ que corresponde al número promedio de individuos por subparcela, y k , que es un

parámetro relacionado con el grado de agrupamiento de los individuos, el cual toma el valor 0 para denotar un agrupamiento máximo (Ludwig y Reynolds, 1988). En el Cuadro N°16 se entregan las estimaciones de estos dos parámetros aludidos para cada rodal.

Cuadro N°16 Densidad de plántulas por rodal

Rodal	μ (*)	k
I	2.84 \pm 0.229	1.766
II	3.51 \pm 0.46	1.485
III	0.026 \pm 0.026	-

(*): plántulas/m²

De los antecedentes entregados en el Cuadro N°16, se puede inferir que el rodal II presenta la mayor densidad, con 35.100 plántulas/ha. En contraste, el rodal III sólo presenta 260 plántulas/ha, mientras que el rodal I exhibe una densidad intermedia, con 28.400 plántulas/ha. Los valores de "k" en los rodales I y II, confirman una vez más la disposición agrupada de la regeneración natural en el interior de ellos.

Para complementar la información anterior, el Cuadro N°17 que se entrega a continuación, muestra las existencias de plántulas totales por hectárea, desglosadas por rodal, género y categorías de tamaño, tal como éstas fueron definidas en el Anexo N°6.

Cuadro N°17: Existencias por hectárea de regeneración natural

Rodal	Género	Categorías de tamaño (*)		Total
		1	2	
I	Mo	0	80	80
	Pe	1.520	18.320	19.840
	Rh	400	8.080	8.480
II	Pe	3.036	30.179	33.215
	Rh	179	1.786	1.965
III	Pe	0	263	263
Total		5.135	58.708	63.843

(*): Conforme a lo estipulado en el Anexo N°6, la categoría de tamaño 2 corresponde a regeneración natural en estado de crecimiento avanzado.

Basado en los antecedentes entregados en cuadro anterior, es posible destacar los siguientes aspectos:

- *Pelliciera* es el género que presenta una mejor regeneración natural en los tres rodales, representando el 76.4% de la regeneración avanzada y un 7.1% de los individuos pertenecientes a la categoría 1, en ambos casos en relación al número total de individuos. A nivel de rodal, representa el 69.9%, 94.4% y el 100% de los individuos totales de los rodales I, II y III, respectivamente.

- *Rhizophora* no posee regeneración en el rodal III, mientras que en el conjunto de los restantes rodales representa sólo el 15.4% de la regeneración natural avanzada y el 0.9% de

los individuos de la categoría 1. En el rodal I representa el 29.8% de los individuos totales y en el rodal II, sólo el 5.6%.

- En cuanto a otros géneros, sólo *Mora* está presente en el rodal I, con 80 plántulas por hectárea en estado de crecimiento avanzado, lo que representa un 8.2% del número total de plántulas.

Estos resultados obtenidos no concuerdan con los generados por Aguilar (1990) , por cuanto éste calculó una densidad de 53.778 plántulas/ha, en sectores de similares características a las del rodal I, de las cuales, un 91% corresponde a *Rhizophora*. En sectores similares al rodal II del presente estudio, obtuvo una densidad de 12.727 plántulas/ha, de las cuales un 60.7% corresponde a *Rhizophora*. Por su parte, Chong (1988b) obtuvo una densidad de 53.200 plántulas/ha, en sitios sin intervención ubicados en el sector de Playa Garza.

Al comparar los resultados de la presente Tesis con los dos estudios aludidos, se comprueba que no es posible identificar tendencias claras entre la composición actual del bosque, el grado de intervención y la densidad de la regeneración natural. Ello pone de manifiesto que los resultados obtenidos son muy variables, por lo que deben ser aplicados solamente a los sitios donde fueron generados, por lo que no se puede generalizar.

4.3.3.- Indices de Importancia

Para determinar el grado de importancia ecológica de los distintos géneros en el interior de cada rodal, se obtuvieron los Indices de Importancia (II). El Cuadro N°18 entrega los resultados desglosados por género y rodal.

Cuadro N°18: Indices de Importancia

Géneros	Rodales		
	I	II	III
Rh	59.5	16.3	0
Pe	138.7	167.6	100
Ot	1.1	0	0

Los resultados contenidos en el cuadro anterior revelan la importancia ecológica que presenta *Pelliciera* en los tres rodales. Por su parte, *Rhizophora* exhibe valores sensiblemente menores que los de *Pelliciera* y la agrupación de otros géneros no presentan ninguna relevancia en el interior de los tres rodales.

4.4.- Lineamientos para el Manejo Silvícola

Este acápite entrega un conjunto de lineamientos para el manejo silvícola del manglar, pero no pretende ser un Plan de Manejo, en el entendido que éste es el documento que contiene un conjunto de prescripciones detalladas y

referidas en el tiempo y en el espacio, con un horizonte de planeamiento determinado, en el cual se aúnan aspectos silvícolas, económicos y sociales.

Los presentes lineamientos están basados fundamentalmente en las características estructurales y composicionales de los distintos rodales, aspectos que ya fueron analizadas con anterioridad, y consisten en un conjunto de prescripciones silvícolas, de índole general, que sirven para orientar el manejo en el interior de cada uno de ellos. A futuro, deberán servir como pauta general para elaborar un documento más completo, como un Plan de Manejo Integrado de Recursos para los manglares de la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe.

4.4.1.- Objetivos de Manejo

En la fijación de los objetivos de manejo de un bosque de manglar, deben tenerse en cuenta una serie de aspectos particulares, en atención al carácter único que éstas poseen. El primero de ellos, es la capacidad que presentan estos ecosistemas para generar una gama muy amplia de bienes maderables y no maderables, así como también de innumerables servicios ambientales. Un segundo aspecto es que los manglares se constituyen generalmente en la fuente de ingresos que permite la subsistencia de las familias económicamente marginadas que viven en sus alrededores. El tercer aspecto de importancia, es el hecho de que los

manglares del área de estudio se encuentran en el interior de la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, la cual a su vez en conjunto con el Parque Nacional Corcovado, la Reserva Forestal de Golfo Dulce y el Refugio de Vida Silvestre de Golfito, forman parte del Área de Conservación de Osa. Lo anterior implica que, por el hecho de pertenecer al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, deben considerarse también las Políticas de Manejo que el Estado se ha fijado para manejar y administrar este sistema.

En base a todos estos aspectos enunciados, para el manejo silvícola de los manglares del área en concesión de la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, se proponen los siguientes objetivos :

4.4.1.1.-Objetivos generales

a.- Garantizar indefinidamente la producción de bienes y servicios que actualmente generan los bosques de manglar.

b.- Crear y mantener las condiciones para incorporar a los grupos comunitarios organizados en el manejo efectivo del recurso.

c.- Compatibilizar el manejo del manglar con las Políticas de manejo del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica.

4.4.1.2.- Objetivos específicos

- a.- Identificar y preservar las funciones de protección ambiental de los bosques de manglar a lo largo de los ríos, estuarios y todas las demás sistemas asociados.
- b.- Fomentar la creación de grupos organizados que participen en el manejo del manglar, con el fin de asegurar la conservación del recurso y mejorar el nivel socioeconómicos de ellos.
- c.- Mantener un abastecimiento continuo de productos maderables y no maderables, de uso doméstico e industrial.
- d.- Asegurar la regeneración de todas las especies presentes, con énfasis en aquellas de mayor valor económico.

4.4.2.- Síntesis histórica de las intervenciones

4.4.2.1.- Rodal I

El sector que se ha denominado Rodal I fue intervenido casi en su totalidad por un lapso de unos 15-20 años, con el fin de extraer corteza de *Rhizophora* para la elaboración de tanino. Como subproducto de la actividad extractiva principal, también se extraía leña, pero sólo con fines de autoconsumo para las comunidades aledañas (Porrás, U.

1992⁹). Este tipo de intervención se detuvo posteriormente, como consecuencia de la creación de la Reserva Forestal de Terraba-Sierpe, en 1977. Desde esa fecha y hasta la aprobación en 1987 del Plan de Manejo presentado por Coopemangle R.L. ante la Dirección General Forestal, conjuntamente con la obtención de una concesión sobre unas 200 ha, el recurso fué intervenido ilegalmente para la extracción de leña y confección de carbón. Desde 1987 hasta la fecha, Coopemangle ha debido intervenir el recurso en forma selectiva, conforme lo prescribe el Plan de Manejo, fijándose para el efecto un diámetro mínimo de corta de 30 cm, dejando franjas de protección de 50 m de ancho entre este rodal y la formación de *Acrostichum aureum* (que corresponde al Rodal III del presente estudio), y de 10 m de ancho a cada lado de los esteros principales (Cháves y Fonseca, 1986). En la práctica, las prescripciones del Plan de Manejo no han sido cumplidas a cabalidad, debido fundamentalmente a coyunturas impuestas por el mercado, y las intervenciones han estado centradas en gran parte sobre *Rhizophora*.

En base a inspecciones a otros sectores de la Reserva Forestal que poseen retazos de bosque original, se puede afirmar que desde el punto de vista estructural, éste presentaba un buen desarrollo en altura, área basal y

9. Porras, Urías. 1992. Presidente de Coopemangle R.L. Historial de uso del manglar en el área en concesión de Coopemangle R.L. (Comunicación personal).

volumen y estaba dominado por *Rhizophora*, tanto en el dosel principal como en la regeneración natural, siendo *Pelliciera* sólo una especie acompañante. En la actualidad, producto a las presiones de uso a que ha sido sometido el bosque original, sus características estructurales y composicionales han cambiado, por cuanto *Pelliciera* ha pasado a ser la especie predominante tanto en el dosel principal como en la regeneración natural. Además, los rendimientos en cuanto al área basal y volumen han disminuído.

4.4.2.2.- Rodal II

Este Rodal prácticamente no ha experimentado grandes cambios respecto de su situación original, debido a que históricamente las intervenciones se han concentrado fundamentalmente sobre *Rhizophora* y no sobre *Pelliciera*, que es la especie que predomina casi sin contrapeso en su interior, tanto en el dosel principal como en la regeneración natural. El Rodal II ocupa sectores más alejados de los cursos de agua, lo que en conjunto con otra serie de factores determinan la existencia de sitios de menor calidad, en relación al Rodal I, situación que se manifiesta en las alturas promedios de los árboles dominantes. A pesar de este hecho, en la actualidad el rodal II presenta mejores rendimientos en cuanto al área

basal y volumen, lo que es reflejo de la gran presión de uso ejercida durante largos períodos sobre el Rodal I y no de una menor capacidad productiva natural de éste.

4.4.2.3.- Rodal III

Como ya se estableció anteriormente, lo que hoy constituye el Rodal III correspondió a un bosque de similares características del bosque original descrito en el rodal I. Su historial de manejo ha sido distinto al de aquél, por cuanto fue intervenido fuertemente hace aproximadamente unos 40 años atrás para la extracción de corteza para tanino (Porras, 1992¹⁰), lo que unido al hecho de ocupar sectores de clases de inundación mayores a las del Rodal I, determinó la invasión masiva de *Acrostichum aereum*. Este helecho se estableció formando tapices cerrados de unos 3-4 m de altura, lo que imposibilitó el restablecimiento del bosque original. En la actualidad presenta en su interior, sólo en forma esporádica, algunos árboles aislados y bosquetes abiertos de *Rhizophora* y *Pelliciera*.

10. Porras, Urías. 1992. Presidente de Coopemangle R.L. Historial de uso del manglar, en el sector de concesión de Coopemangle R.L. (Comunicación personal).

4.4.3.- Potencialidades y limitaciones para el manejo

En los rodales I y II, las características estructurales y composicionales hacen factible plantear la producción de productos maderables y no maderables como objetivos de manejo. La diferencia entre ambos rodales están dadas por la distribución que presentan las existencias actuales en el interior de cada uno de ellos, basado en lo cual se puede afirmar que el rodal II posee mejores características para el manejo silvícola, por su mayor densidad, área basal y volumen totales. Sin embargo, se debe hacer notar que *Pelliciera* domina en los dos rodales, pero *Rhizophora* está mejor representada en el rodal I, lo que influye en el tipo y monto de los productos finales que se pueden extraer en cada uno de ellos.

En el caso del rodal III, dadas sus particulares características estructurales y composicionales, el manejo debe tener como objetivo lograr el restablecimiento a mediano plazo de sus condiciones originales. Si bien es cierto, es posible erradicar el *Acrostichum aureum* utilizando productos químicos, esta alternativa es muy onerosa, desconociéndose además los efectos secundarios sobre el ecosistema (Hamilton y Snedaker, 1984). Por esta razón, debe pensarse en su recuperación por medios naturales, ya que plantearlo mediante un manejo activo es impensable, al menos en las condiciones actuales. Ello no es un obstáculo para explorar las posibilidades de

utilización económica de este helecho, aspecto que ya está siendo abordado por Coopemangle R.L. (Elizondo, 1992¹¹).

4.4.4.- Sistema silvicultural

El sistema silvicultural a establecer depende de los objetivos de manejo, de las características estructurales y composicionales del manglar, (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1984; Anónimo, s.f.), debiéndose considerar también el temperamento ecológico de las especies comerciales (Finegan, 1991).

El sistema de corta a tala rasa y sus variantes, como el método del árbol semillero y el de la corta en fajas sucesivas, presentan una gran ventaja por sobre los restantes sistemas: su sencillez de aplicación. Esta característica facilita las labores de manejo y administración, aspecto que es muy conveniente para Coopemangle R.L., considerando las limitaciones humanas, físicas y financieras que ella presenta.

El sistema de corta a tala rasa y sus variantes, consiste en eliminar todos los árboles de un sector, por lo que el piso del bosque queda expuesto súbitamente a los elementos (lluvia, vientos, sol, mareas, etc), a menos que exista una cobertura de regeneración natural en estado de crecimiento avanzado. La experiencia de otros países

11. Elizondo, Wilberth. 1992. Gerente de Coopemangle R.L. Potencialidades para el uso económico de *Acrostichum aureum*. (Comunicación personal).

indican que este sistema puede ser adecuado para sitios que presentan condiciones ambientales muy favorables y una buena regeneración natural, lo que debe estar avalado además por un buen conocimiento de la dinámica del ecosistema a intervenir y de los sistemas asociados que de él dependen (FAO, 1986; FAO, 1982).

Respecto de la dinámica de los bosques de manglar, Jiménez (1988a), estableció en un estudio de las formaciones de *Rhizophora racemosa* en la costa pacífica de Costa Rica, que el proceso de regeneración en claros es tan importante como en los bosques de tierra firme. En efecto, el enfoque que considera al bosque de manglar como un conjunto de rodales pertenecientes a diferentes etapas de desarrollo sucesional que avanzan hacia un estado clímax, es válido sólo para aquellos sectores que se encuentran bajo un proceso geomorfológico activo. Sin embargo, en aquellas otras áreas en donde el bosque maduro ha alcanzado una situación de estabilidad, su comportamiento es como la mayoría de los bosques, en donde el desarrollo de ciclos mediante la regeneración natural en claros es fundamental.

Las aseveraciones anteriores concuerdan con las de Lugo (1980), quien desarrolló un estudio en donde se discute sobre la validez de estos dos enfoques para el caso específico del bosque de manglar. Por este motivo, se puede establecer que, al igual que en los bosques de tierra firme, en los bosques de manglar la estrategia de regeneración

natural en base a individuos de crecimiento avanzado no es algo casual, sino que corresponde a una estrategia de regeneración del manglar. Este hecho es válido en ecosistemas de manglar capaces de autoperpetuarse en ambientes tropicales salinos, en donde los procesos geomorfológicos no están activos, lo cual permite conformar sistemas estables.

Por ello, se debe tener especial cuidado para no provocar cambios irreversibles en el régimen de drenaje y de circulación superficial del agua y en los procesos geomorfológicos de sedimentación y erosión (UICN/UNESCO/FAO, 1984). Por otra parte, si la demanda futura por productos del manglar se incrementara, la presión sobre el recurso también aumentaría, pues las labores de corta y maderero serían intensificadas, lo que es el primer paso para la degradación del ecosistema (FAO, 1982; FAO, 1985; FAO, 1986). Otro aspecto a considerar, es que el sistema de corta a tala rasa genera una gran cantidad de desechos que quedan abandonados *in situ*, provocando daños sobre la regeneración natural existente y convirtiéndose además en una barrera física para el establecimiento de una nueva regeneración natural (Du, 1962; Anónimo, s.f.; FAO 1982; Snedaker y Getter, 1985). Se ha demostrado además que la principal fuente de semillas para *Rhizophora* proviene de los individuos que permanecen después de la intervención, más

que de los semilleros o franjas de protección que se dejan (Dixon, 1959; FAO, 1982).

Si se consideran los objetivos generales y específicos que se plantearon, definitivamente es inadecuado adoptar el sistema de tala rasa y sus variantes por todas las razones expuestas. En cambio, se propone adoptar un sistema silvicultural de selección, a pesar de las dificultades que éste impone para el manejo y administración del recurso. En el sistema de selección se garantiza la existencia permanente de una cobertura y protección al suelo y un abastecimiento continuo de propágulos *in situ* (FAO, 1986). Por estos motivos, este sistema es considerado ideal desde el punto de vista de la regeneración natural, garantizándose además la permanencia de la estructura actual del bosque ("jota invertida").

Sin embargo, no se deben soslayar los grandes problemas que impone su implementación, puesto que obliga a intervenir todo el rodal, con las consecuentes dificultades para el maderero y transporte que ello implica, así como también la mayor necesidad de mano de obra y los mayores costos unitarios de extracción. Estos obstáculos no solamente pueden aminorarse en alguna medida, sino que además pueden ser transformados en una ventaja a favor, por cuanto la ocupación en gran escala de mano de obra local es justamente otro de los objetivos planteados. De todas formas, será necesario efectuar un gran esfuerzo por introducir mejoras

en las actuales técnicas de volteo y madereo utilizadas, las cuales además deberán ser fácilmente transferibles a las personas que tienen la responsabilidad directa de manejar el recurso en el terreno mismo. El sistema de selección que se propone, consiste en fijar un diámetro mínimo comercial, sobre el cual podría extraerse individuos de cualquier género.

Por razones de tipo ecológico y silvícola, no se deben extraer todos los individuos cuyo DAP sea mayor a este mínimo comercial, puesto que debe considerarse la mantención de corredores biológicos para la fauna silvestre, particularmente para el tránsito de las tropas del mono Tití (*Saimiri spp*), especie amenazada de extinción por destrucción de su hábitat. De igual forma, se debe mantener en pie un cierto número de individuos de gran tamaño y buena forma, tanto de la copa como del fuste, para asegurar la fuente de producción de propágulos, conforme se detalla en el siguiente acápite acerca de la Corta.

Además del diámetro límite comercial ya aludido, también se debe establecer un diámetro mínimo de explotabilidad, que corresponde el DAP a partir del cual el número de individuos debe ser reducido mediante cortas intermedias para tener la posibilidad de aprovecharlos comercialmente, antes de que empiece a operar el proceso de mortalidad natural por autoraleo. Este momento se ilustra claramente en la curva de distribución diámetrica, pues

corresponde a la sección de pendiente muy pronunciada, en donde debido al autoraleo se baja fuertemente la densidad inicial (ver Figuras N^o7 y 8).

4.4.5.- Cortas Intermedias

Las cortas intermedias son aquellas que se efectúan desde el momento del establecimiento de la regeneración natural hasta el período de repoblación. Se efectúan a distintos intervalos y su fin es el de corregir los defectos del rodal no manejado y aumentar el valor o cantidad de la madera producida. Entre este tipo de cortas se encuentran las limpias, los raleos, las podas, las cortas de mejoramiento y las de recuperación (Hawley y Smith, 1972).

Los raleos son un tipo de corta intermedia que se realizan con el fin de concentrar la productividad natural del sitio en los fustes más promisorios, aumentando de esta forma los incrementos diametrales y volumétricos de los individuos que son dejados en pie (Smith, 1986). En el caso de los manglares, los raleos se efectúan también con el fin de aumentar el número de semilleros, debido a la mayor apertura de la canopia (FAO, 1982).

En base a investigaciones desarrolladas en bosques de tierra firme, se ha establecido la conveniencia de raleo entre un 40% y un 60% del área basal del bosque original. Bajo esta cifra, la productividad decae debido a una captura incompleta del sitio y sobre ella la competencia provocada por la fuerte apertura del dosel reducirá la productividad (Finegan, 1991).

En el caso de los manglares, el sistema más utilizado para definir la intensidad del raleo no está basado en el área basal, sino que en el distanciamiento entre árboles, para lo cual se utilizan varas de diferentes longitudes, logrando de esta forma un gran control de la faena.

La experiencia de manejo ha estado basada en manglares generados por plantación y proviene fundamentalmente del sudeste asiático, en donde se realizan dos o tres raleos antes de la corta final mediante tala rasa. El primero de ellos se efectúa a los 15 años (DAP promedio de 8.8 cm), el segundo a los 25 años (DAP promedio de 9.7 cm) y el tercero a los 30 años (DAP promedio de 17.5 cm). Para llevarlos a la práctica, se utilizan varas de madera de 1.2 m, 1.8 m y 2.1 m, respectivamente (FAO, 1985). Sin embargo, se ha considerado innecesario efectuar el tercer raleo, debido que se dejan 830 árboles/ha al término de la rotación, cifra considerada como muy baja (Srisvastava, 1982).

Los raleos son en la práctica operaciones comerciales más que silviculturales, razón por la cual las oportunidades y las intensidades para efectuarlos dependen principalmente de las demandas del mercado. Por otra parte, debido al problema de madereo del material apeado, en la práctica no se ralea adecuadamente, sino que existe una clara tendencia a intervenir unos pocos cientos de metros desde los canales hacia el interior (Hamilton y Snedaker, 1984; FAO, 1986; Snedaker y Getter, 1985).

La inexistencia de información acerca de las prácticas de raleo en Latinoamérica, particularmente en Costa Rica, ponen de relieve la urgente necesidad de iniciar estudios sistemáticos basados en parcelas permanentes. Sin embargo revirtiendo las experiencias de manejo ya aludidas al caso específico de los manglares del área en concesión, es posible rescatar varios aspectos para iniciar las prácticas de raleo en el interior de los rodales I y II, aunque ello genere en un comienzo prácticas de carácter empírico. Sobre esta base, es posible plantear lineamientos generales para efectuar los raleos, en el entendido de que, en el caso específico de los manglares en estudio, los productos del raleos serán comercializables.

Conforme se puede desprender a partir de la información contenida en los Anexos N°12-A y 12-B, 13-A y 13-B, 14-A y 14-B, las existencias de individuos pertenecientes a la clase de iluminación 3 (alguna iluminación superior)

corresponde a un 36.7% de la masa total de árboles del rodal I, es decir, 515.2 árboles/ha. Por su parte, en el rodal II, éstos representan un 23.3% del total, es decir, 328.57 árboles/ha, lo que indica claramente la necesidad de abrir la canopia para permitir un desarrollo mayor de los árboles remanentes. Estas cifras ilustran la conveniencia de iniciar lo más pronto posible las faenas de raleos en los rodales aludidos.

Un punto de partida para realizar estas prácticas, consiste en ubicar un sector dentro de cada rodal en donde los individuos presenten un buen aspecto general y exhiban copas bien desarrolladas, pero que no se crucen o traslapen. Una vez ubicados estos sectores, se procede a evaluar su área basal, denominada "área basal máxima", así como también el distanciamiento promedio entre los árboles. Esta área basal "máxima", se puede considerar como la perteneciente al bosque original, generando de esta forma una pauta mixta basada en área basal y distanciamiento sobre la cual se puede establecer y controlar los raleos. Para fijar un punto de partida bien definido, se puede establecer como criterio inicial -aunque arbitrario, pues fue definido para el caso de los bosques de tierra firme- remover un 40% del área basal "máxima" en un primer raleo, debiendo intervenir de nuevo en un porcentaje mayor el mismo sector, cuando las copas se empiecen a cruzar de nuevo.

Para plantear este sistema en terreno, se elige un fuste de características deseables, a partir del cual se definen los árboles a extraer. Para ello, se utiliza una vara cuya longitud es coincidente con el distanciamiento entre árboles que fué medido en el sector de área basal "máxima", debiéndose controlar en forma simultánea el área basal extraída.

4.4.6.- Corta

La corta es la intervención que se realiza al término de la rotación y es la intervención más importante de todas, puesto que en ella se generan los productos de mayor valor económico. Consiste en extraer todos los individuos cuyo DAP esté por sobre el límite mínimo fijado, el cual debe ser definido en función del producto final que se espera obtener (Smith, 1986).

El aspecto más importante referido a la corta, es la determinación del diámetro mínimo, para lo cual deberemos remitirnos a la experiencia del sudeste asiático. En términos prácticos, la corta, al igual que los raleos, está regida por el mercado (Dixon, 1959; Hamilton y Snedaker, 1984).

En el caso que nos ocupa, existe un mercado, aparentemente seguro y continuo, para la leña, carbón,

corteza para tanino y postes de finca. En términos más inciertos que el caso anterior, existiría también un mercado para postes eléctricos y madera aserrada. Conforme se puede apreciar en los antecedentes entregados en el Cuadro N^o1 de la presente Tesis, en el primer grupo de productos se utilizan desde individuos de *Pelliciera* y *Rhizophora* cuyo DAP mínimo es de 2.5 cm (para carbón), de 10 cm (para leña y poste de finca), o bien individuos de *Rhizophora* cuyo DAP mínimo es de 30 cm (corteza para tanino). En el segundo grupo, se utilizan individuos de *Rhizophora* o *Pelliciera* de un DAP mínimo de 25 cm y una longitud mínima de 11 m (para poste de luz), o bien *Pelliciera* de un DAP mínimo de 30 cm (para madera aserrada).

Ante todas estas alternativas, un DAP mínimo que defina la corta obviamente no puede ser de 5 ni de 10 cm, porque implicaría una corta tan intensiva que en la práctica sería una especie de variante de la tala rasa. Por esta razón, es más adecuado fijar el DAP mínimo en 25 cm, tanto para *Rhizophora*, como para *Pelliciera*, lo que implica obtener como productos finales corteza para tanino y postes de luz, en el caso de *Rhizophora*, madera aserrada y postes de luz, para el caso de *Pelliciera*. Con este DAP mínimo también es posible producir leña, carbón y poste de finca, como subproductos de los anteriores.

Como se estableció en el acápite anterior, por razones de índole ecológica y silvicultural no es aconsejable cortar

todos los individuos que tengan un DAP mínimo de 25 cm. A partir de las datos entregados en los Cuadros N°12 y 13, se desprende que, tanto en el rodal I como en el rodal II, existe un considerable número de árboles cuyo DAP es de 25 cm más (107.42 y 121.15 árbs./ha, respectivamente), por lo que no existirían problemas para llevar esta recomendación a la práctica. El criterio para seleccionar los individuos a dejar en pie, deben estar basados en diferentes factores, como por ejemplo, el poseer una copa amplia y bien distribuída (ver las clases de iluminación 1 y 2 del Anexo N°4 y las clases de forma de la copa 1 y 2 del Anexo N°5) además de una buena forma y aspecto general, todo lo cual son características deseables desde el punto de vista de la producción de propágulos. Además de estos individuos, deberá tenerse especial cuidado de dejar en pie un cierto número de individuos que aseguren la conformación de un corredor continuo para el tránsito de tropas de monos, evitando de esta forma el aislamiento o reclusión de éstos en pequeñas áreas.

4.4.7.- Manejo de la Regeneración Natural

Como ya fue establecido, el sistema silvicultural de selección garantiza la existencia de una cobertura y protección permanentes del suelo y fomenta la producción *in situ* de los propágulos. Además, mediante los raleos se

estimulará la entrada de luz al piso del bosque, con lo cual se incrementará la producción de propágulos y el establecimiento de las plántulas bajo el dosel.

A pesar de la existencia de todos estos factores que favorecerán a la regeneración natural, se debe poner énfasis en la necesidad de efectuar volteos dirigidos y de efectuar las faenas de maderero con las máximas precauciones posibles, de manera tal de minimizar el daño sobre las plántulas y el suelo.

Chong (1988b), determinó para la Reserva Forestal de Terraba-Sierpe que para considerar promisorio una regeneración natural, se requiere un mínimo de 2.500 plántulas/ha en estado de crecimiento avanzado, bien distribuidas espacialmente, es decir, con un equivalente a $6.25 \text{ plántulas/m}^2$. Si bien es cierto, este patrón fue definido en forma arbitraria, debe considerarse como una referencia o punto de partida que puede ser corregido posteriormente en base a las experiencias prácticas que se obtengan. Si se observan los resultados entregados en el Cuadro N°17, se puede comprobar que, conforme a las actuales existencias por hectárea exhibidas allí, sólo *Rhizophora* en el rodal II y la agrupación de otros géneros (*Mora*, *Avicennia* y *Laguncularia*) en todos los rodales presentan una densidad deficitaria de plántulas establecidas. Si bien es cierto que en cuanto a las restantes situaciones y géneros no existe problema, se debe recordar que el patrón de

distribución espacial de todos los géneros, es agrupado y no uniforme, como se recomienda.

Sin embargo, se espera que con las medidas de manejo diseñadas se puedan alcanzar sin problemas los estándares recomendados. En todo caso, es conveniente efectuar evaluaciones periódicas del estado de la regeneración natural para tomar con la debida antelación las medidas que el caso amerite.

CAPITULO QUINTO

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados anteriormente expuestos, es posible extraer las siguientes conclusiones:

5.1.- Intensidad y Error de muestreo

Debido a la estructura homogénea que presenta el bosque de manglar, en relación al bosque húmedo tropical de tierra firme, no es necesario efectuar muestreos de alta intensidad para generar errores de muestreo aceptables. Ello es válido tanto para el dosel principal como para la regeneración natural.

5.2.- Estimación de los componentes de varianza

La técnica de estimación de los componentes de varianza es muy útil para determinar el tamaño de muestra óptimo, pero sus resultados son válidos solamente para los lugares y condiciones en que fueron originados y no pueden ser generalizados.

5.3.- Comparación estructural entre rodales

Existen diferencias estructurales significativas entre los tres rodales, en relación al DAP y densidad promedios por parcelas (valor $p < 0.001$). Al efectuar comparaciones mediante la prueba de la Mínima Diferencia Significativa, se

comprobó que los rodales I y II difieren significativamente sólo en relación al DAP promedio por parcela; los rodales II y III sólo en relación a la densidad; y los rodales I y III difieren en DAP y densidad.

5.4.- Distribuciones diamétricas

La distribución diamétrica del bosque total así como la de los rodales I y II, muestran una clara tendencia hacia una distribución del tipo "jota invertida", lo que se debe a la mezcla de géneros heliófitos (*Rhizophora*) y esciófitos (*Pelliciera*). Desde el punto de vista estructural, implica la presencia de un gran número de individuos de pequeños diámetros y pocos de gran tamaño. Por su parte, la distribución diamétrica del rodal III no muestra tendencias de ningún tipo, lo que es reflejo de su irregular historial de manejo.

5.5.- Composición y Estructura del dosel principal

El rodal I se caracteriza porque sus árboles dominantes presentan una gran altura promedio, lo que refleja la gran productividad del sitio en que crece. En relación a la densidad, no presenta grandes diferencias con respecto al rodal II, pero sí en relación al área basal y volumen, lo que se debe al menor diámetro medio cuadrático que éste presenta, en relación al de aquél. Estos resultados son el

producto del grado de intervención diferencial a que han sido sometidos, por cuanto el rodal II practicamente no ha sido explotado, en cambio el rodal I ha sido intervenido selectivamente desde hace unos años atrás.

En cuanto a la composición florística, en ambos rodales domina *Pelliciera*, en relación a la densidad, área basal y volumen. Las variaciones observadas corresponden al grado de participación de *Rhizophora*, la cual es mayor en el rodal I que en el rodal II. El grado de participación de la agrupación de otros géneros (*Avicennia*, *Laguncularia* y *Mora*), es casi nula en el rodales I y en el rodal II, pero se incrementa notablemente en el rodal III. . El género *Laguncularia*, se presenta exclusivamente en el rodal I y *Avicennia* en el rodal II. En cambio, *Mora* se presenta indistintamente en los tres rodales.

El rodal III, es el que presenta los menores montos en cuanto a densidad, área basal y volumen, lo que revela las fuertes intervenciones a las que fue sometido hace 40 años, aproximadamente. En notable, sin embargo, el gran diámetro medio cuadrático de este rodal, lo que se debe a que los árboles crecen aislados o en bosquetes muy abiertos, determinado además un menor crecimiento en altura. Al igual que en los casos anteriores, *Pelliciera* es el género más importante, seguido por *Rhizophora*.

Los Valores Relativos de Importancia confirman, bajo una perspectiva ecológica, la mayor importancia que presenta *Pelliciera* en el interior de los tres rodales. Le sigue en segundo lugar *Rhizophora*. Por su parte, la agrupación de otros géneros casi no presentan importancia ecológica en los rodales I y II, aunque es notable su incremento en el rodal III.

Los Indices de Complejidad indican que no existen diferencias estructurales entre los rodales I y II. En cambio el rodal III posee un índice sensiblemente menor, lo que refleja una vez más el estado de empobrecimiento estructural en que este se encuentra, producto de las fuertes intervenciones del pasado.

5.6.- Comparación estructural con otros bosques de manglar

Al comparar el rodal I con rodales de otras latitudes pertenecientes al mismo tipo fisiográfico (bosques ribereños, *sensu* Cintrón *et. al*, 1985), se puede establecer lo siguiente: los manglares de Puerta de Roma, ubicados en Ecuador, presentan una altura promedio de la canopia muy similar a las del rodal I, lo que podría ser indicativo de que ambos crecen en sitios de productividad natural similar. Sin embargo, los manglares del rodal I lo superan ampliamente en cuanto a la densidad, área basal e Índice de Complejidad, lo que indica que los de Puerta de Roma son

manglares muy empobrecidos estructuralmente debido a fuertes intervenciones a las que se les ha sometido. Los manglares de Moín, Caribe central de Costa Rica poseen una densidad similar a la del rodal I, pero los quintuplican en relación al área basal y lo superan en dos veces y media en cuanto al Índice de Complejidad, lo que implica que no han sido prácticamente intervenidos, por cuanto las alturas promedios de la canopia es menor en los manglares de Moín, que en el rodal I. Sin embargo, en las estimaciones estructurales de los manglares de Moín fueron incluidos individuos de géneros que son típicos de los bosques de tierra firme, por lo que las cifras obtenidas están sobreestimadas.

Los manglares de Playa Garza, distantes unos 1000 m del rodal I presentan una densidad muy similar. Sin embargo, los duplican en relación al área basal, volumen y diámetro medio cuadrático sensiblemente mayor, a pesar de poseer una altura promedio de la canopia sensiblemente menor, lo que es indicativo que éstos aún no han sido intervenidos.

En cuanto al rodal II, si se le es compara con un promedio de 31 rodales pertenecientes al tipo fisiográfico de cuenca, se puede comprobar que con la mitad de la densidad que exhiben aquéllos, éste presenta una gran diferencia a favor en área basal, lo que puede deberse a la mayor productividad del sitio en que crece, aspecto refrendado por las alturas promedio de la canopia.

El rodal III, que también pertenece a los bosques de tipo cuenca, presenta una densidad, área basal e Índice de Complejidad muy por debajo de los restantes rodales, lo que demuestra una vez más el empobrecimiento estructural a que ha sido sometido debido a las fuertes intervenciones.

5.7 Existencias por hectárea en el dosel principal

En el rodal I, un 54.0% del área basal y un 63% del volumen se encuentran concentrados en las clases diamétricas intermedias. Sin embargo, en cuanto al número de árboles por hectárea, éstos representan sólo un 12.4% del total, lo que indica que existe un alto rendimiento en volumen y área basal en relación al número de árboles. Las clases diamétricas mayores, sólo representan el 1.1% del número de árboles, el 11.4% del área basal y un 16.7% del volumen, en todos los casos en relación al total. Estas tendencias generales descritas son aplicables también al caso del rodal II y también para los géneros *Pelliciera* y *Rhizophora* por separado. En el caso de otros géneros, tanto en el rodal I como en el rodal II logran una representación muy poco significativa en cuanto a las existencias totales en densidad y el área basal.

A diferencia de los rodales anteriores, en el rodal III las existencias por hectárea en densidad, área basal y

volumen indican claramente que no posee los niveles adecuados para su manejo silvícola.

5.8.- Estructura y composición de la regeneración natural

Mediante pruebas estadísticas de bondad de ajuste con distribuciones estadísticas como Binomial Negativa y Poisson, se estableció que en los rodales I y II, el patrón de distribución espacial de las plántulas es agrupado. En el rodal III, no se pudo determinar, debido a la casi inexistencia de plántulas en su interior.

La densidad de la regeneración natural en los rodales I, II y III fueron estimadas en 28400, 35100 y 260 plántulas/ha, respectivamente. De estas cifras totales, *Pelliciera* representa la mayor parte en el interior de los tres rodales y le sigue *Rhizophora* en segundo lugar. Otros géneros casi no presentan regeneración natural (sólo *Mora* en el rodal I). En cuanto a las existencias de regeneración natural en crecimiento avanzado, *Pelliciera* representa el 76.4% del total mientras que *Rhizophora* el 15.4% y otros géneros apenas un 8.2%.

Los Indices de Importancia confirman, desde un punto de vista ecológico, las tendencias descritas para el caso de la densidad, según la cual *Pelliciera* presenta la mayor importancia en los tres rodales, seguido por *Rhizophora*,

mientras que otros géneros sólo presentan una importancia marginal.

5.9.- Objetivos de manejo y sistema silvicultural

En los objetivos de manejo, tanto a nivel general como específicos, adquieren igual importancia las diferentes funciones del manglar: producción, servicios ambientales y la generación de mano de obra local.

Debido a su mayor compatibilidad con los objetivos planteados, se propone adoptar el sistema silvicultural de selección, el cual si bien es cierto presenta claras ventajas por sobre el sistema de tala rasa y sus variantes, impone un gran esfuerzo para el cumplimiento de las tareas de administración y manejo del bosque de manglar.

5.10. Cortas Intermedias y Corta

Debido a la falta de conocimientos técnicos aplicables a los manglares de Terraba-Sierpe acerca de la faena de raleo, se ha propuesto adoptar un sistema empírico para determinar la oportunidad (basado en el grado de entrecruzamiento de las copas), y la intensidad de raleo (basada en el distanciamiento entre árboles y un control del % de extracción de área basal).

La corta fue fijada en base a las necesidades de mercado, estableciéndose un diámetro mínimo comercial de 25 cm, tanto para *Pelliciera* como para *Rhizophora*, puesto que a partir de éste es posible producir postes de luz y madera aserrada (a base de *Pelliciera*); postes de luz y corteza para tanino (a base de *Rhizophora*). Asimismo, es posible obtener leña, carbón y postes de finca como subproductos. Debido a consideraciones ecológicas y silvícolas, deberán mantenerse en pie algunos individuos para asegurar la fuente de producción de propágulos y para garantizar la permanencia de corredores de tránsito para la fauna, fundamentalmente para los monos Titi (*Saimiri spp*), especie amenazada de extinción por destrucción de su hábitat.

5.11.- Manejo de la regeneración natural

El sistema silvicultural adoptado y las existencias actuales de regeneración natural constituyen una buena base para desarrollar un exitoso manejo de la regeneración existente. Sin embargo, es necesario aplicar algunas medidas de manejo adicionales para asegurar aún más el establecimiento de este recurso: volteos dirigidos, mejoras en las faenas de maderero y evaluaciones periódicas del monto y estado de las plántulas.

CAPITULO SEXTO

RECOMENDACIONES

1.- El uso de las fotografías aéreas es una herramienta de inapreciable valor para generar mapas de los distintos tipos de bosques de manglar, así como también para el diseño y planificación de los muestreos. Sin embargo, para lograr resultados más precisos en cuanto a la estratificación del bosque, es aconsejable utilizar fotogramas de una escala 1:20.000, o mayores.

2.- Debido a las limitaciones que impone el manglar para el acceso y tránsito en su interior, el muestreo en fajas es especialmente apto para estas situaciones. Sin embargo, para generar estimaciones más eficientes, se pueden establecer una serie de fajas separadas entre sí cada 100 m unas de otras, introduciendo después una aleatorización del muestreo, estableciendo mediante un sorteo aquellas fajas a se muestreadas.

3.- Se debe fomentar las intervenciones a lo largo de toda la extensión de los diferentes rodales, particularmente en aquellos sectores más internos de éstos, de manera tal de evitar la concentración de las faenas de extracción en las cercanías de los canales principales.

4.- Introducir técnicas para mejorar las faenas de madereo, como por ejemplo utilizar senderos hechos de madera, sobre

los cuales puedan circular pequeños transportes rodantes, o bien desplazar un vagón pequeño sobre rieles de madera.

5.- Los lineamientos de manejo que se proponen sólo constituyen el punto de partida para orientar las faenas de extracción y manejo, por lo que su contenido debe ser aplicado en forma cautelosa. Aún más, debido a la naturaleza esencialmente dinámica en la que se desarrollan los bosques de manglar, ni siquiera los Planes de Manejo que se elaboren a futuro deberán tener un carácter inamovible, sino que deben ser lo suficientemente flexibles como para considerar mecanismos de replanificación posteriores a eventos catastróficos, como sequías, inundaciones, huracanes e incendios, entre otros.

6.- Existe un gran desconocimiento acerca del funcionamiento de los ecosistemas de manglar en Costa Rica en general y en Térraba-Sierpe en particular. Este hecho pone de manifiesto la urgente necesidad de establecer parcelas permanentes, para realizar estudios a mediano y largo plazo, los cuales deben estar orientados, entre otros, a los siguientes aspectos:

a) Capacidad natural de producción de propágulos, periodicidad de la fructificación por géneros, viabilidad de los propágulos, métodos y distancias de dispersión y las características del sitio que rigen el establecimiento de las plántulas.

- b) dinámica del bosque de manglar (reclutamientos, mortalidad, tasas de crecimiento y de producción de madera, etc).
- c) oportunidad, intensidad y rendimientos de diferentes esquemas de raleo.
- d) efectos sobre el bosque y la regeneración natural de la aplicación de diferentes sistemas silviculturales.
- e) ensayos de erradicación manual de *Acrostichum aureum*.
- f) técnicas de plantación, siembra directa y repique de las plántulas del bosque.
- g) evaluación de los daños provocados por diferentes métodos de volteo y madereo sobre la regeneración y el piso del bosque .
- h) determinación del período de rotación.
- i) evaluación de los daños bióticos sobre la masa.
- j) efectos de los tensores sobre el ecosistema de manglar.

7.- La capacitación de las personas que manejan directamente el recurso, es un aspecto urgente de enfrentar y sus resultados redundarán en una mayor productividad en las distintas faenas y en causar un daño mínimo sobre el recurso. En particular, se recomienda efectuar pequeños cursos de capacitación en los siguientes temas:

- a) volteo dirigido.
- b) sistema de madereo con cables.
- c) marcación y técnicas de raleo.
- d) primeros auxilios.

- e) inventarios forestales.
- f) técnicas de vivero y propagación y plantación de plántulas.
- g) mantención y reparación de equipos y motores.
- h) técnicas de restauración de ecosistemas.
- i) organización y supervisión de faenas forestales.

CAPITULO SEPTIMO

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Anónimo. s.f. Mangrove forest. Kuala Lumpur, Malaysia. Mal. For. Rec., 6:125-237.
- Aguilar R., E. 1990. Regeneración del manglar en áreas intervenidas, en la Reserva de Terraba-Sierpe, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, C.R. 164 p.
- Benessalah, D. 1988. Manual on mapping and inventory of mangroves. FAO, FO: MISC/88/1. Forest resources division. Forestry Department, 123 p.
- Blasco, F. 1977. Outlines of Ecology, Botany and Forestry of the mangals of the Indian Subcontinent. In: Wet Coastal Ecosystem. Ed. by Chapman V.J. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Holland. pp 241-260.
- Blasser, J. 1988. El parámetro "tendencia del árbol" una proposición para clasificar árboles cualitativamente. I Curso Intensivo Internacional en Silvicultura y Manejo del Bosque Tropical. CATIE, Turrialba, C.R. 20 p.
- Breteler, C. 1977. America's Pacific Species of *Rhizophora*. Acta Bot. Neerl., 26:225-230.
- Brunning, F. 1983. Vegetation structure and growth. In: Golley, F., ed. Tropical rain forest ecosystems. Amsterdam, Elsevier, Holanda. pp 49-75.
- Burgerón, P. 1983. Spatial aspects of vegetation structure. In: Tropical Rain Forest Ecosystem structure and function. Ed. by F. Golley. Elsevier.
- Calderón, M. y González, J. 1992. Plan anual para las Escuelas de Sierpe y Coronado de Osa. Educación Ambiental con énfasis en manglares, Reserva Forestal de Terraba-Sierpe. Mimeo. 33 p.
- Calderón-Saenz, P. 1984. Occurrence of the mangrove *Pelliciera rhizophorae* on the Caribbean coast of Colombia with biogeographical notes. Bulletin of Marine Science, 1(35):105-110.
- Calderón, E.; Leyton, L.; Polanía, J; Araujo, R. 1984. Estructura del manglar de la Ciénaga de la Virgen o de Tesca, Cartagena, Colombia. Futuro 1(2):83-86.

- Castaign, A., Jimenez, J. y Villalobos, C. 1980. Ecología de manglares de la costa pacífica de Costa Rica, en relación a la distribución del molusco *Geloina inflata* (Philippi) Rev. Biol. Trop. 28(2):323-339.
- CATIE, 1988. Inventarios forestales. Dasometría. Curso de Inventarios forestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 48 p.
- /UICN. 1991. Wise use of the mangrove resources in Estero Real, Nicaragua and Terraba-Sierpe, Costa Rica: a proposal submitted by CATIE/UICN to Danida. 47 p.
- Chamsang, H. 1984. Structure of a mangrove forest at Ko Yao Yai, Southern Thailand. In: Proc. As. Symp. Mangr. Env. Res. and Manag. Ed. by Rao, A. y MacIntosh, D. University of Malaya. Kuala Lumpur, Malasya. pp 86-105.
- Christensen, B. 1983. Mangroves-What are they worth?. Roma, Italia. Unasyuva, 35:2-15.
- Cintrón, G. ; Goenaga, C. y Gonzáles-Liboy, J. 1980. Ecología del manglar en una zona árida: Exposición al Oleaje y Estructura del Manglar. Bolm Inst. Oceanogr., S. Paulo, (29):113-127.
- Cintrón, G. y Schaeffeer-Novelli, Y. 1983. Introducción a la Ecología del Manglar. UNESCO, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y El Caribe (ROSTLAC). Montevideo, Uruguay. 109 p.
- , 1984. Methods for studing mangrove structure. In : The mangrove ecosystem research methods pp 91-113. Edited by S. Snedaker y J. Snedaker. UNESCO/SCOR Working Group 60 on Mangrove Ecology. The Chaucer Press, Bungay. U.K.
- , 1985. Características y desarrollo estructural de los manglares de Norte y Sur América. Ciencia Interamericana, 25:4-15.
- ; Lugo, A. and Martínez, R. 1985. Structural and Functional properties of Mangroves Forest. In: The Botany and Natural History of Panamá. Series: Monographs in systematics Botany; v. 10. Missouri Botanical Garden. St. Louis, MO. USA. D'Arcy, W. and Correa, A. (eds.). pp 53-66.
- Cochran, W. 1971. Sampling Thechniques. John Wiley and Sons. New York, USA. 454 p.
- Cohdefor. 1987. Inventario Forestal de los manglares de la zona sur Golfo de Fonseca, Honduras. Mimegraf. 95 p.

- Colinvaux, P. 1986. Ecology. John Willey & Sons. New York, USA. 725 p.
- Conner, W.; Flores-Verdugo, F.; Day, J.; Vera-Herrera, F. and Rivera, V. s.f. Structure and productivity of mangrove forest on the Pacific and Gulf Coasts of Mexico. Mimeograph. 23 p.
- Cottam, G. and Curtis, J. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology 37:451-460.
- Curtis, J. 1959. The vegetation of Wisconsin. An Ordination of Plant Communities. Madison, University of Wisconsin Press. 657 p.
- Curtis, H. and MacIntosh, R. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology(USA), 32:476-496.
- Cháves, E. y Fonseca, W. 1986. Plan de manejo para mangle, Coronado de Osa, Puntarenas. Heredia, Costa Rica. 46 p.
- Chamsang, H. 1984. Structure of a Mangrove Forest at Ko Yao Yai, Southern Thailand. In: Proc. As. Symp. Mangr. Env.-Res.& Manag. Rao, A. y Macintosh, D. (eds.). University of Malaya. Kuala Lumpur, Malasya. pp. 86-105.
- Chong, P. 1988a. Propuesta de Manejo Forestal, planeamiento y utilización integrada de los recursos de mangle en la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe, Costa Rica. Informe Técnico preparado para el Gobierno de Costa Rica. FAO/COS/6652. San José, Costa Rica. 190 p.
- , 1988b. Forest management plan for Playa Garza pilot area: Térraba-Sierpe Reserve, C.R. San José, C.R. FAO/DGF (TCP/COS/6652. Technical Report). 73 p.
- Dawkins, H. 1958. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Imperial Forestry Institute (G.B.). Paper N°34. Oxford, G.B. 135 p.
- Dixon, R. 1959. Ecology and silviculture. Mimeograph. 14 p.
- Draper, N. y Smith, H. 1981. Applied Regression Analysis. Second edition, John Willey & Sons, Inc. New York, USA. 709 p.
- Du, L. V. Ecology and Silviculture of Mangrove. Mimeograph. 28 p.

- FAO. 1981. Manual of forest inventory with special reference to mixed tropical forests. FAO Forestry Paper Nº27. FAO, Roma, Italia. 200 p.
- . 1982. Management and Utilization of Mangroves in Asia and the Pacific. FAO Environmental Paper Nº3. Roma, Italia. 160 p.
- . 1985. Ordenación de Manglares en Tailandia, Malasia e Indonesia. Estudio FAO del Medio Ambiente Nº4. Roma, Italia. 38 p.
- . 1986. Ordenación integrada de los manglares. Síntesis de siete Seminarios Nacionales en América Latina. FAO, Roma, Italia. 100 p.
- Finegan, B. 1991. Bases ecológicas para la Silvicultura. Apuntes de clases (mimeo). Catie, Turrialba, C.R. s.p.
- Ferrán, F. 1991. Los restos de la opulencia: estudio socio-ambiental del Refugio de Vida Silvestre, Barras de Cuero y Salado. CATIE, Programa de Manejo Integrado de Recursos Naturales, Proyecto RENARM/Man. de Cuencas. Turrialba, Costa Rica. 73 p.
- Flores-Verdugo, F.; Day, J. and Briseño-Dueñas, R. 1987. Structure, litter fall, decomposition, and detritus dynamics of mangroves in a Mexican coastal lagoon with an ephemeral inlet. Marine Ecology-Prog. Ser.35:83-90.
- Freese, F. 1962. Elementary Forest Sampling. Handbook 232, USDA Forest Service, Washington, USA. 91 p.
- Gilchrist, L. y Gilchrist, M. 1978. Inventarios Forestales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Manual Nº1. 2a. ed. Stgo., Chile. 77 p.
- Greigh-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. U. de California Press, USA. 3a. ed. 395 p.
- Hamilton, L. y Snedaker, S. 1984. Handboock for Mangrove Area Management. Ed. by L. Hamilton and S. Snedaker. 123 p.
- Hawley, R. y Smith, D. Silvicultura Práctica. Trad. por J. Terradas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 544 p.
- Holdridge, L. et. al. 1971. Forest environment in tropical life zones; a pilot study. Pergamon Press. Oxford (G.B.). 747 p.
- Hou, D. 1960. A review of genus *Rhizophora*. In: Blumea, 2:625-644.

- Husch, B. et al. 1982. Forest Mesuration. John Willey & Sons, Inc. New York, USA. 402 p.
- Hutchinson, I. 1991. Las operaciones para el tratamiento silvícola (mimeo.). III Curso intensivo internacional en Silvicultura y manejo de bosques tropicales. CATIE, Turrialba, C.R. 18 p.
- Ives, P. y Moon, R. 1987. Sampling theory and protocol for insects. In: Crops Loss Assesment and Pest Management. Edit by P.S. Teng. APS Press.
- Jiménez, J. 1981. The mengroves of Costa Rica: a physionomic characterization. Tesis Mag. Sc. U. of Florida, USA. 130 p.
- , 1987. A clarification of the existence of *Rhizophora* species along the Pacific Coast of Central America. *Brenesia*, (28):25-32.
- , 1988 a. The dynamics of *Rhizophora racemosa* forests on the pacific coast og C.R. *Brenesia*(C.R.) 30: 1-12.
- , 1988 b. Floral and fruiting phenology of trees in a mangrove forest on dry pacific coast of Costa Rica. *Brenesia*(C.R.) 29:33-50.
- , 1990 a. Estructura, crecimiento y fenología de *Avicennia*. *Estuaries*(USA) 13(2).
- , 1990 b. Estructura y función de manglares de la costa seca del pacífico de Costa Rica, con énfasis en *Avicennia*. *Estuaries*(USA) 13(2):182-192.
- y Soto, R. 1985. Patrones de estructura y composición florística de manglares. *Rev. Biol. Trop.* (USA) 33(1):25-37.
- Kershaw, K. 1985. Quatitative and Dymanic Plant Ecology. Edward Arnold, London, G.B. 3a. Ed. 277 p.
- Komiyama, A.; Ogino, K.; Aksornkoe, S. and Sabhasri, S. 1987. Root biomass of a mangrove forest in southern Thailand. 1. Estimatin by the Trench method and the zonal structure of root biomass. *Journal of Tropical Ecol.*, 3:97-108.
- Lahmann, E.; Snedaker, S. and Brown, M. 1987. Structural comparisons of mangrove forest near shrimp ponds in southern Ecuador. *Interciencia* (12):240-243.
- Lahmann, E. 1992. La Reserva Forestal de Térraba-Sierpe: un ejemplo de uso adecuado del manglar (en prensa). In:

- Ecosistemas de Manglar en América Tropical: Estructura, Función y Manejo. EPOMEX/UICN. Edit. por A. Yañez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Trad. por A. Carrillo. Cooperación Técnica R.F. Alemania (GTZ). Verlag, Hamburg, R.F.A. 335 p.
- Letourneau, L. y Dixon, R. 1982. Mangrove management and harvesting. Working Document N082/44, Project RLA\77\019. FAO, Tegucigalpa, Honduras. 13 p.
- Loetsch, F. et al. 1973. Forest Inventories. Vol. II. Trad. by K. Panzer. Verlagsgesellschaft mbH, Munchen, Germany. 469 p.
- Ludwig, J. y Reynolds, J. 1988. Statistical Ecology: a primer on methods and computing. John Willey & Sons, Inc. New York, USA. 337 p.
- Lugo, A. 1980. Mangrove ecosystem: successional or steady state?. Tropical Succession (9):65-95.
- Lugo, A. and Patterson Zucca, C. 1977. The impact of low temperature stress on mangrove structure and growth. Trop. Ecol. Vol 18:149-161.
- Lugo, A. y Snedaker, S. 1974. The Ecology of Mangroves. Annual Review of Ecology and Systematics, 5:39-64.
- Luna, A. 1976. Aprovechamiento de manglares. Un caso particular en Venezuela. Caracas, Venezuela. Curso Intensivo sobre Manejo y Aprovechamiento de Bosques Tropicales. Mimeograf. 9 p.
- Malleux, J. 1982. Inventarios Forestales en Bosques Tropicales. Universidad Agraria de La Molina, Depto. de Manejo Forestal. Lima, Perú. 414 p.
- Marín, M. 1991. Estudio de caso sobre el uso actual de la Reserva Forestal Térraba-Sierpe y evaluación de la rentabilidad de un proyecto de maricultura y silvicultura para Coopemangle. Tesis M Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 154 p.
- Mateucci, S. y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Serie de Biología, Monografía N022. Secretaría General de la OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington D.C. 168 p.
- Menéndez, E. 1989. Inventario Forestal. Resumen de Métodos y Técnicas apropiadas para el ecosistema de manglar. Experiencias prácticas en el área del Guanabacoa, Cienfuegos.

- Provincia Pinar del Río. Proyecto TPC/CUB/8851. Manejo Integrado del Ecosistema de Manglar. 38 p.
- MIRENEM, 1990. Estrategias de conservación para el desarrollo sostenible en Costa Rica. MIRENEM, San José, C.R. 163 p.
- Noakes, D. 1951. Notes on the silviculture of the mangrove forest of the Matang, Perak. *The Malaysian Forester*, 14:183-196.
- , 1955. Methods of increasing growth and the obtaining natural regeneration of the Mangrove Tipe in Malaya. *Malayan Forester*, 18:23-30.
- Odum H.; Kemp, W.; Sell, M.; Boyton, W. and Human, M. 1977. Energy analysis and coupling of man and estuaries. *Env. Mang.* 1 (4):297-315.
- Odum, E. 1988. *Ecología*. Editorial Interamericana, México. Trad. por C. Ottenwaelder. 639 p.
- Pannier, F. and Pannier, R. 1980. Estructura y dinámica del ecosistema de manglares: Un enfoque global de la problemática. *Memorias del Seminario sobre el Estudio Científico e Impacto Humano en el Ecosistema de manglares*. Cali, Colombia. pp 46-55.
- Pool, D. Snedaeker, S. y Lugo, A. 1977. Structure of mangrove forest in Florida, Puerto Rico, Mexico and Costa Rica. *Biotropica* 9(3):195-212.
- Rojas, F. 1987. Estudio de posibilidad, viabilidad y utilidad cooperativa autogestionaria de producción de leña, carbón y mangle (Coopemangle R. L.). Instituto Nacional de Fomento Cooperativo. Departamento Fomento y Educación. San José, Costa Rica 26 p.
- Rollet, B. 1974. L'architecture des forets denses humides sempervirens de plaine. Nogent-sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.), París, France. 298 p.
- Rutzler, K. 1969. The Mangrove Community: aspects of its Structure, Faunistics and Ecology. In: *Lagunas Costeras. Un Simposio*. Castanares, A. y Phleger, F. (eds.). Mem. Sim. Internac. Lagunas Costeras, Nov. 28-30, 1967. UNAM-UNESCO. México D.F., México.
- Saenger, P. and Robson, J. 1977. Structural analysis of mangrove communities of the Central Queensland coast line. *Marine Research in Indonesia* (18):101-118.

- Sánchez, R. 1986. Metodología descriptiva para determinar los usos de las áreas de manglares y su aplicación en Coronado-Sierpe, C.R. Tesis Mag. Sc. San José, C.R. U. de Costa Rica/CATIE. 216 p.
- SAS Institute Inc. 1989. Lenguaje and Procedures:usage, version 6.0. SAS Institute Inc., Cary, N.C.,USA. 637 p.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1983. Ecuador: desarrollo de infraestructuras nacionales y regionales y capacitación de Recursos Humanos en Ciencias Marinas. Inventario de los biorecursos del manglar en la costa ecuatoriana. UNESCO, Oficina Regional para la Ciencia y Tecnología para A.L. y el Caribe (ROSTLAC), Montevideo, Uruguay. 39 p.
- Smith, R. 1986. The practice of silviculture. J. Willey and Sons. 8th. ed. New York, USA. 527 p.
- Snedaker, S. and Getter, C. 1985. Coastal Resources Management Guidelines. Renewable Resources Information Series Coastal Management Publication. 2:1- 205 p.
- Society of American foresters. 1984. Forest handboock. Ed. by K. Wenger. John Willey and Sons. 2nd. ed. N. York, USA. 1335 p.
- Soto, R. y Jiménez, J. 1982. Análisis fisionómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 30(2):161-168.
- Srivastava, P. Sani, A. and Kamis, D. 1980. Status and dispersal of natural regeneration in Matang mangrove Reserve of Peninsular Malasya. In: Furtado, J.I. (ed.). Tropical Ecology and development: Proc. Vth Int. Symp. Trop. Ecol. International Society of Tropical Ecology. Kuala Lumpur, Malasya. pp 1113-1120.
- , 1982. Environmental Trade-off in mangrove forests management. Mimeograph. 20 p.
- Steel, R. y Torrie, J. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. Trad. por R. Martinez. 1a ed. McGraw-Hill, New York, USA. 621 p.
- Synnot, T. 1990. Manual de procedimientos de parcelas permanentes para Bosque Húmedo Tropical. Trad. por Valerio, J. Documentos Forestales Tropicales Nº14. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Depto. de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 103 p.
- Tang, H. y Cheah, P. 1981. Mangrove forest of Peninsular Malaysia -a review of management and research objectives

- and priorities. The Malaysian Forester (Malasia) 44(1): 77-86.
- Thom, B. 1982. Mangrove Ecology; A Geomorphological Perspective. In: Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management. Clough, B. (Ed.). Australian National University Press, Canberra, Australia. pp 3-17.
- Thomas, G. 1985. Weed survey system used in Saskatchewan for cereal and oilseed crops. Weed Science (USA) 1, (33): 34-43.
- UNA, 1990. VII Laboratorio organizativo forestal Reserva Forestal del manglar Sierpe-Térraba. Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales, Heredia, Costa Rica, 142 p.
- UNESCO, 1980. Organization In: ecosistemas de los bosques tropicales: informe sobre el estado de los conocimientos. UNESCO/PNUMA/FAO. Roma, Italia. pp 126-162.
- Walsh, G. 1974. Mangroves: a review. In: Ecology of Halophytes. Edit. by R. Reimhold and Queen, W. Academic Press Inc, New York pp 51-173.
- Whitmore, T . 1990. Tropical Rain Forests. Clarendon Press, Oxford, G.B. 227 p.
- Yáñez Arancibia, A. 1986. Lagunas costeras y estuarios: cronología, criterios y conceptos para una clasificación ecológica de sistemas costeros. In: Ecosistemas costeros. Academia de Ciencias. Sao Pablo, Brasil. Publ. ACIESP 54 (3):1-38.

A N E X O S

Anexo N°2: Pauta de Terreno

1.- Dosel Principal

a) Etapa de desarrollo

ETAPA	DAP (cm)
Regeneración natural	DAP < 2,5
Brinzal	$2,5 \leq \text{DAP} < 5,0$
Latizal	$5,0 \leq \text{DAP} < 10,0$
Fustal	DAP $\geq 10,0$

b) Clases de iluminación	c) Clases de forma de copa
(1) : emergente	(1) : círculo completo
(2) : plena ilum. superior	(2) : círculo irreg.
(3) : alguna ilum. superior	(3) : medio círculo
(4) : iluminación lateral	(4) : menos que medio círculo
(5) : ninguna ilum. superior	(5) : solamente pocas ramas
	(6) : vivo, sin copa

d) Daños

Posición	Causa más importante
(1) : Ningún daño	(1) : Ningún daño visible
(2) : Raíces, fuste inferior	(2) : Debido a tormenta (viento, rayos)
(3) : Fuste superior	(3) : Debido a hongos, etc.
(4) : Copa	(4) : Deb. a insectos, etc
(5) : 2+3	(5) : Caída otros árboles
(6) : 2+4	(6) : 2+3+4
(7) : 3+4	(7) : 2+5
(8) : 2+3+4	(8) : 3+4+5
	(9) : 2+3+4+5
	(10) : Varias (s/identif.)

e) Pudrición

Posición
(1) : Ningún daño
(2) : Raíces, fuste inferior
(3) : Fuste superior
(4) : Copa
(5) : 2+3
(6) : 2+4
(7) : 3+4
(8) : 2+3+4

2.- Pauta de evaluación regeneración natural

a) Estado

- | |
|-------------------------------|
| (1) : Planta sana |
| (2) : Planta enferma o dañada |
| (3) : Muerta |

b) Categorías de tamaño

(Ver Anexo N°6)

c) Enfermedad/daño Causa

(ver pauta dosel principal)

d) Observaciones

- N° de cotiledones
- N° de hojas verdaderas
- Posición del daño (ver pauta dosel principal).

f) Usos
(1) : Poste para alumbrado eléctrico
(2) : Poste para fincas
(3) : Corteza
(4) : Leña
(5) : Carbón
(6) : Madera para construcción
(7) : Otros usos (1)

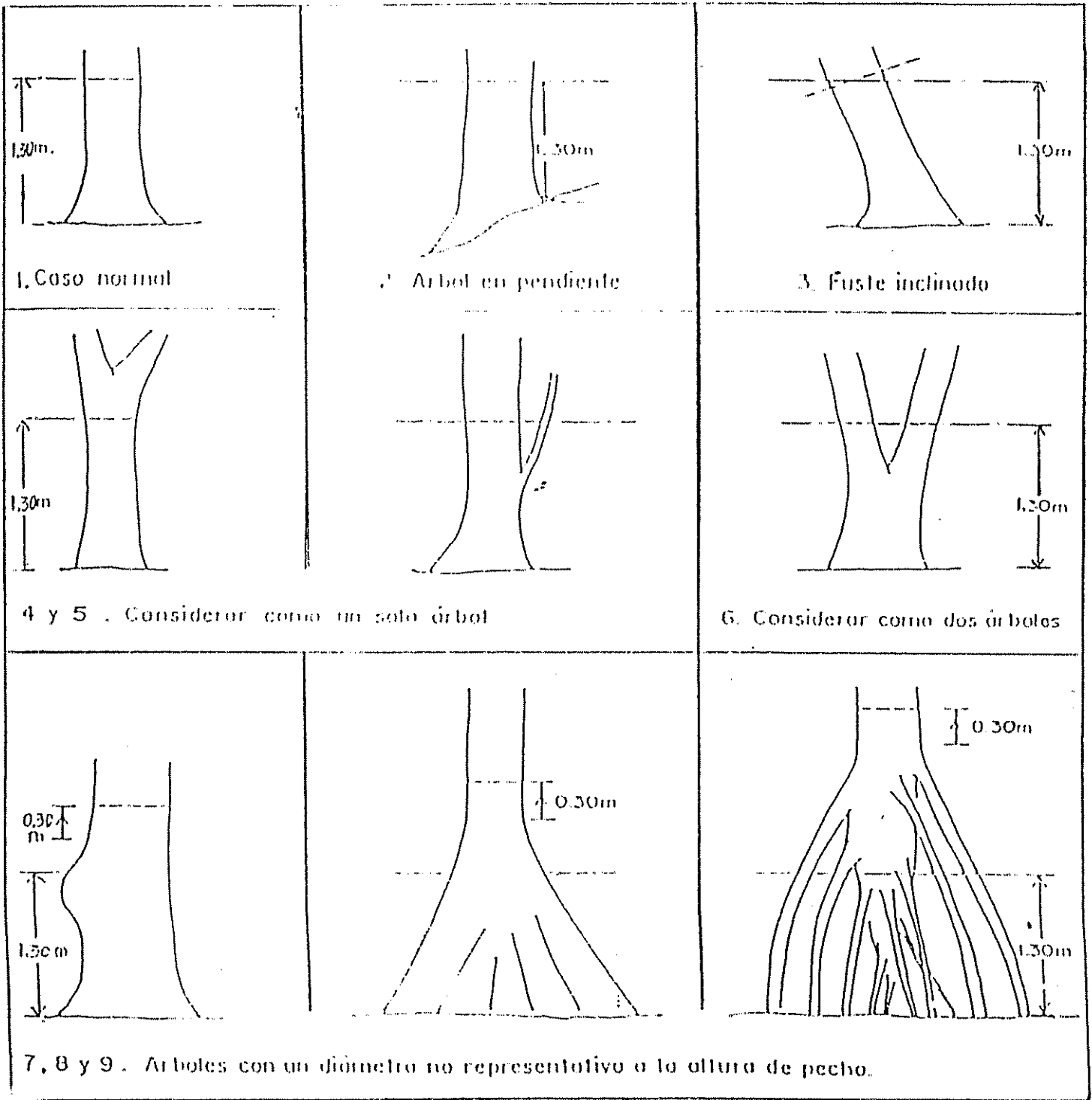
NOTAS:

(1): Turístico, ecológico, investigación, etc

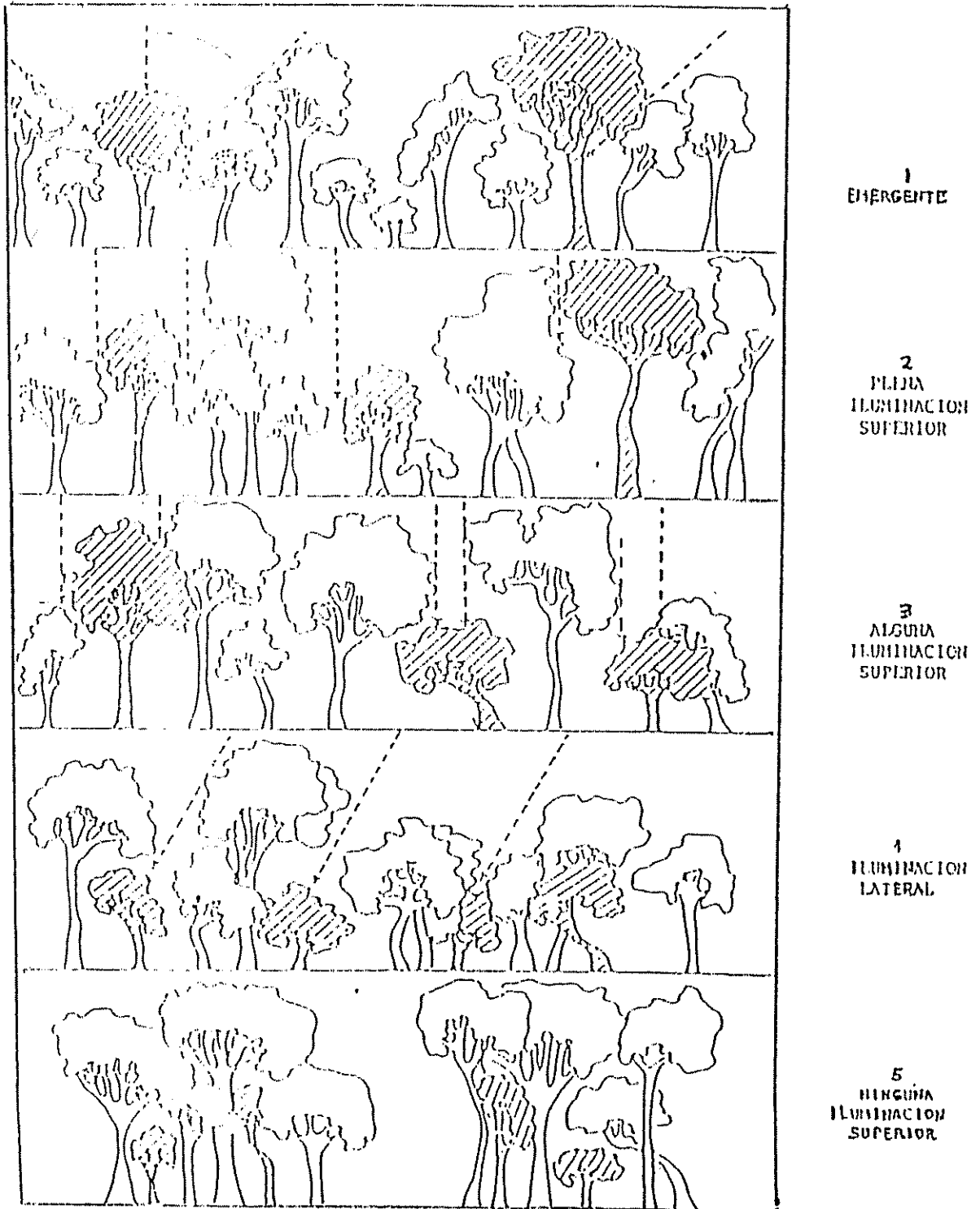
g) Observaciones

- Historial del sector
- Identificación agente causal del daño (insecto, cangrejo, monos, hongo, etc)
- ¿ árbol en floración, fructificación, o ambas ?
- ¿ Sirve de árbol semillero ?

Anexo II^o2: Normas para la medición de diámetro a la altura de pecho (DAP) con corteza en árboles en pie

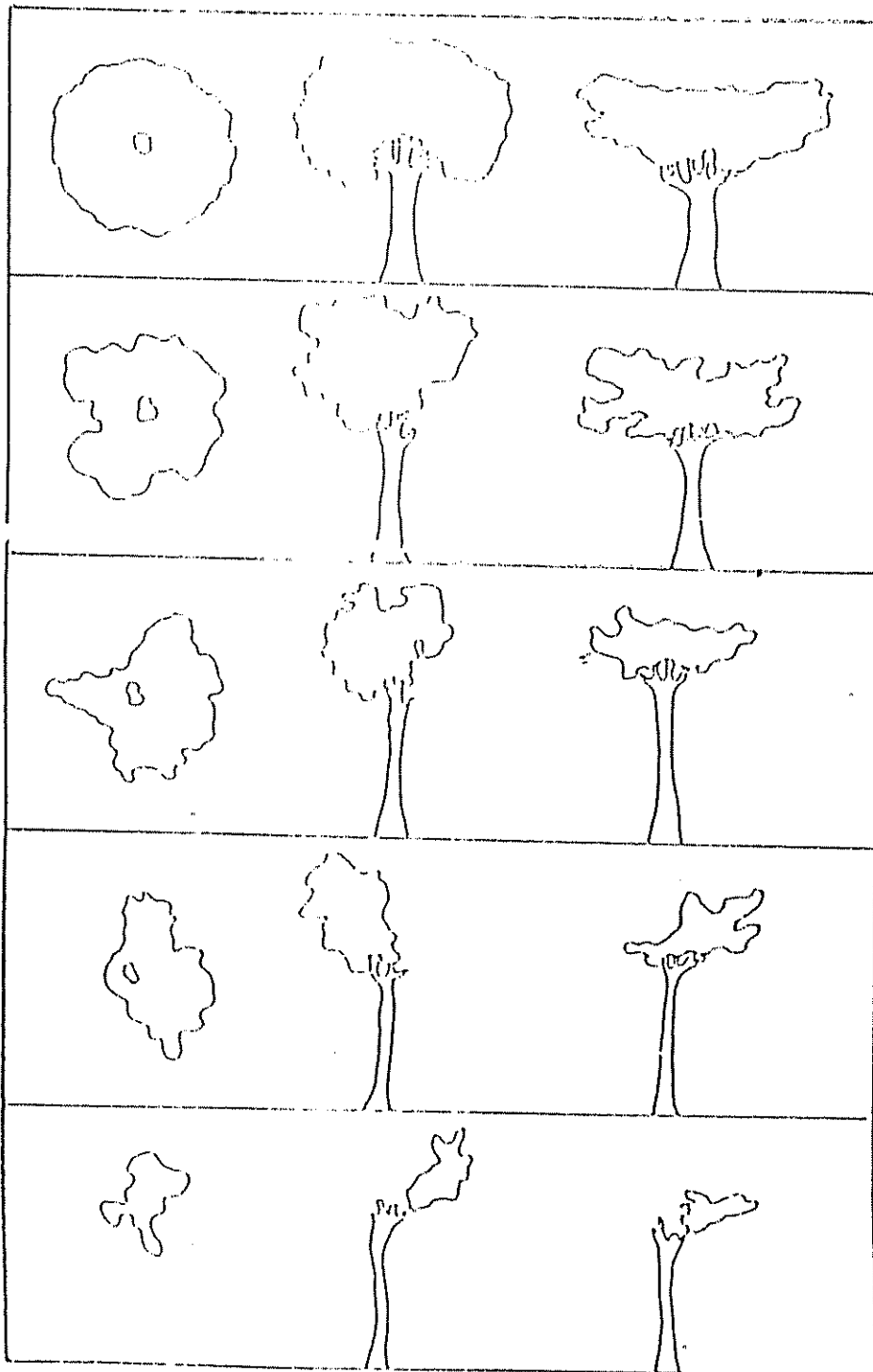


Anexo N° 4: Clases de iluminación de copas



BASE: Dawkins (1958)

Anexo N°4: Forma de la copa



1
CIRCULO
COMPLETO

2
CIRCULO
IRREGULAR

3
MEDIO
CIRCULO

4
HEIOS QUE
MEDIO
CIRCULO

5
SOLAMENTE
POCAS
RAMAS

BASE: Synnot (1990)

CLASLS 1-5

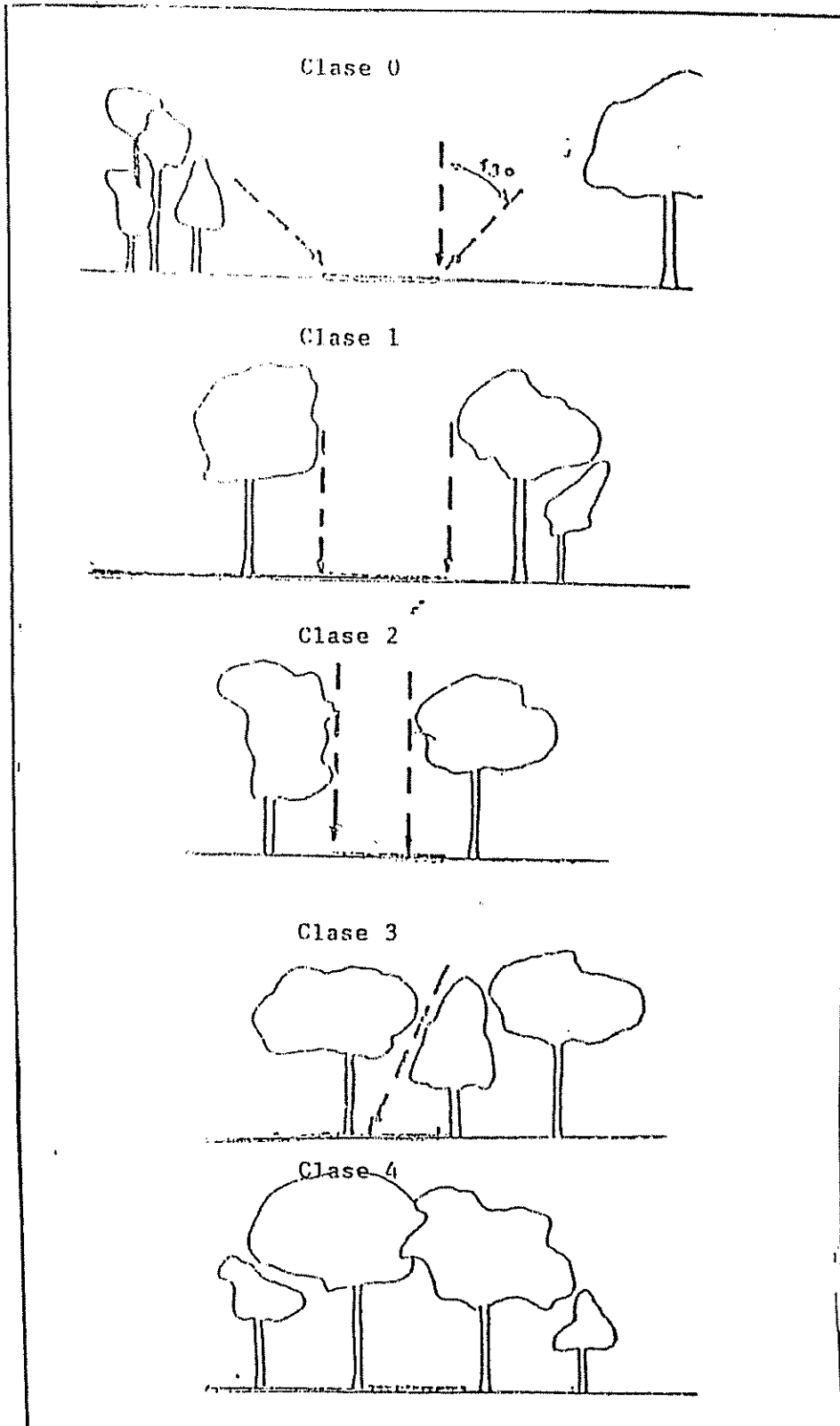
**Anexo N°6: Categorías de tamaño
(Regeneración Natural)**

Todos los individuos de DAP < 2.5 cm y que se encontraban en el interior de las subparcelas, fueron encasillados dentro de algunas de las siguientes categorías de tamaño:

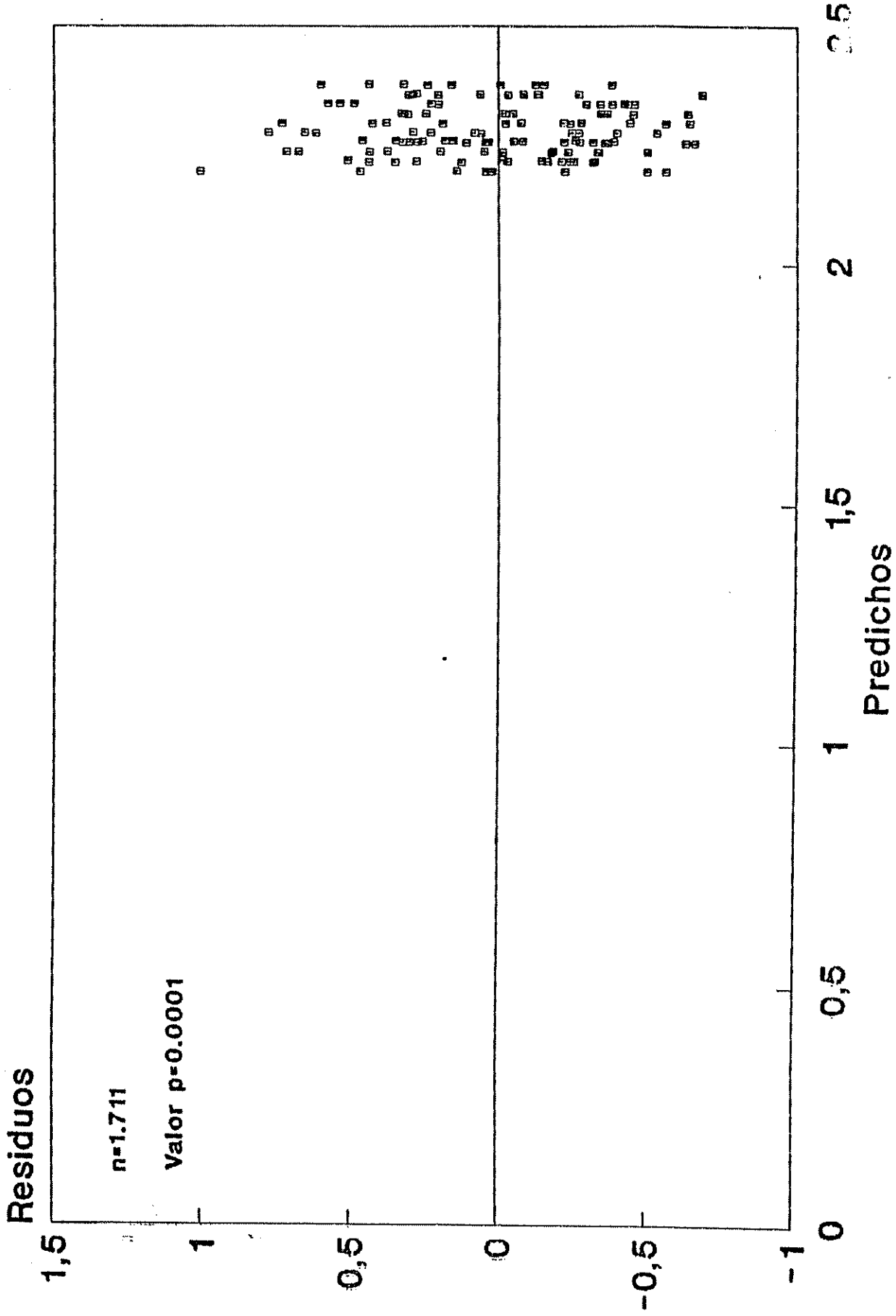
1) 0.4 - 1.0 m: a los 40 cm de tamaño, las plántulas de los distintos géneros ya se encuentran plenamente arraigadas en el sustrato y tienen por lo menos un par de hojas verdaderas y el proceso de lignificación se ha iniciado.

2) 1.0 - 4.0 m : para los efectos del presente estudio, se consideró a las plántulas de esta categoría como regeneración en estado de crecimiento avanzado (UICN/UNESCO/UNEP, 1984; FAO, 1982; FAO, 1985).

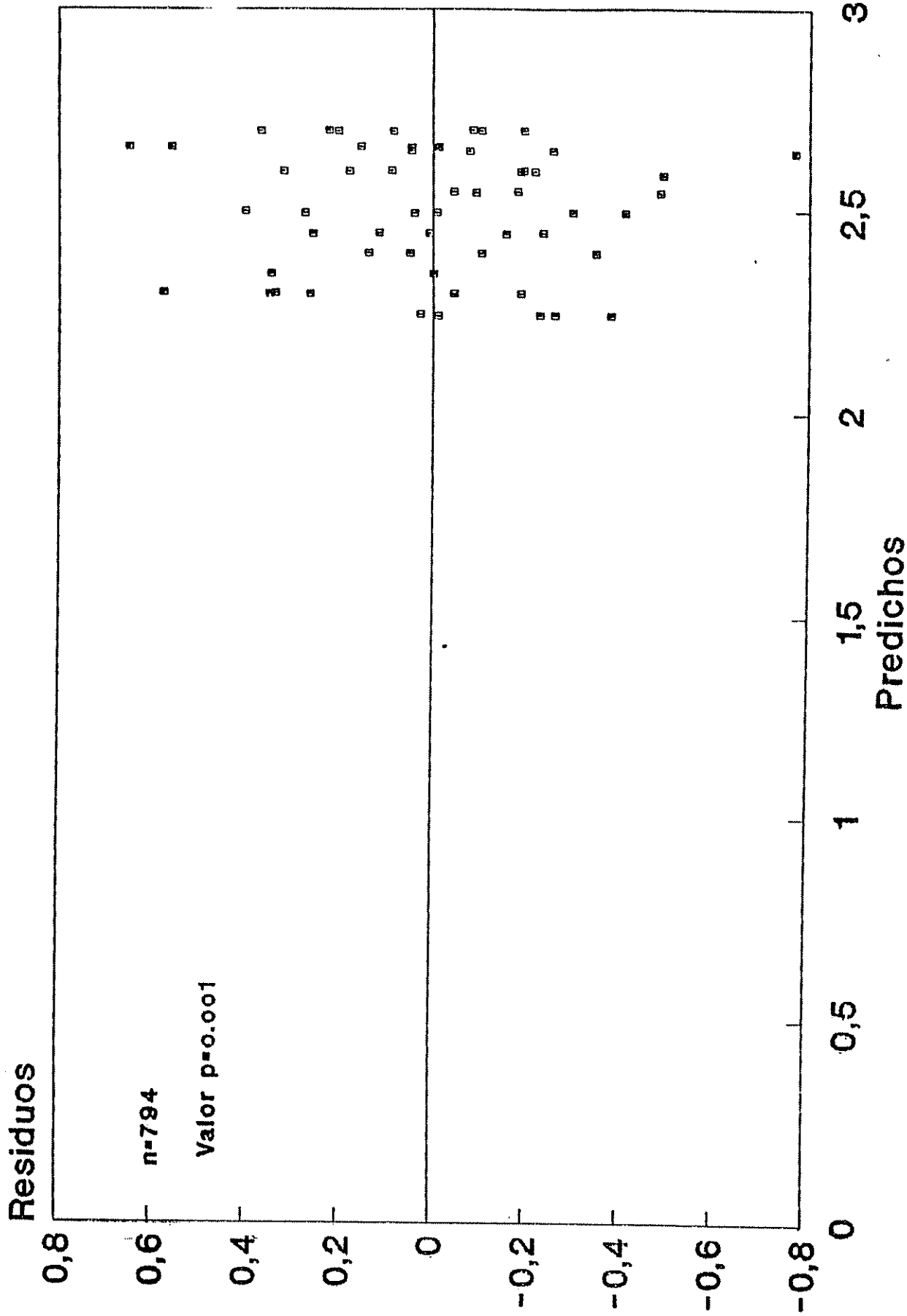
Anexo N° 7: Clases de iluminación de la subparcela



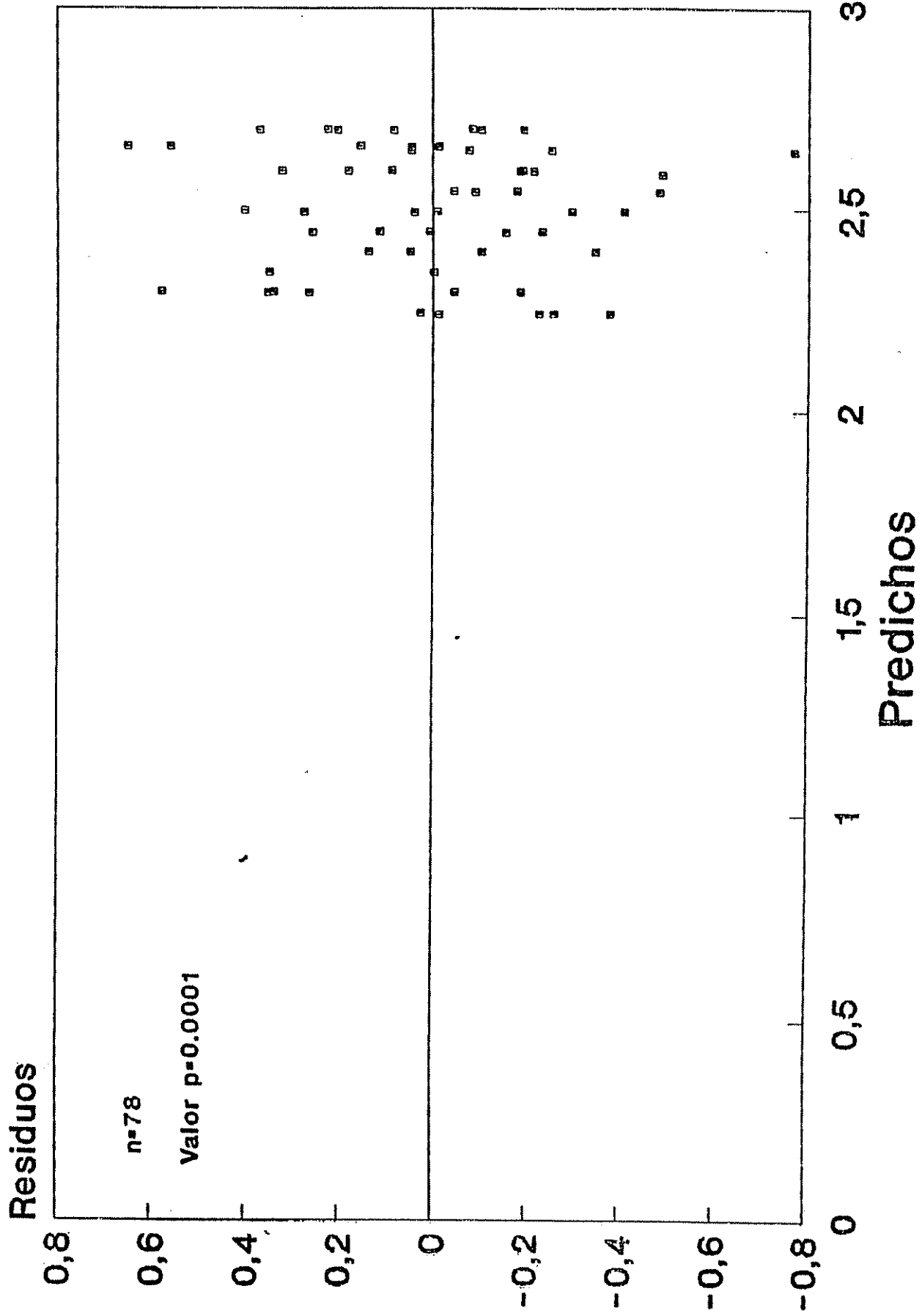
BASE: Daukins (1959)



Anexo N°8: valores residuales vs predichos para LDAP (Rodal I)



Anexo N°9 valores residuales vs predichos para LDAP (Rodal II)



Anexo N°10: valores residuales vs predichos para LDAP (Rodal III)

Anexo NC11: Existencias por hectárea, desglosadas por Rodal, Género y Estado de Desarrollo

Géneros	Rodal I		Rodal II		Rodal III		Total	
	Brinzales	Fustales	Brinzales	Fustales	Brinzales	Fustales	Brinzales	Fustales
Pelliciera	373.58	225.36	274.98	469.86	18.39	91.70	666.95	498.19
Rhizophora	167.99	199.71	87.46	165.79	5.18	20.72	260.63	386.22
Otros	3.15	0.79	3.52	3.52	7.86	12.95	14.53	17.26
Total	544.72	425.86	365.96	638.67	31.43	125.37	942.11	1183.90

NOTAS :

(Otros): Mora, Avicennia y Leguminaria

Brinzales: 2.5 <DAP< 5.0 cm Incluye la clase diámetro de 3.73 cm)

Latizales: 5.0 <DAP< 10.0 cm Incluye las clases diámetros de 6.35 y 8.25 cm)

Fustales: DAP > 10.0 cm Incluye las clases diámetros de 14.45 cm en adelante)

ANEXO No12: Códigos utilizados

CLASES DE ILUMINACION DE LA COPA

- (1): emergente
- (2): plena iluminación superior
- (3): alguna iluminación superior
- (4): Iluminación lateral
- (5): ninguna iluminación superior

FORMA DE LA COPA

- (1): círculo completo
- (2): círculo irregular
- (3): medio círculo
- (4): menos que medio círculo
- (5): solamente pocas ramas

POSICION DAÑOS

- (1): ningún daño
- (2): raíces, fuste inferior
- (3): fuste superior
- (4): copa
- (5): 2+3
- (6): 2+4
- (7): 3+4
- (8): 2+3+4

CAUSA DEL DAÑO

- (1): ningún daño visible
- (2): debido a tormentas (vientos, rayos, etc.)
- (3): debido a flora (hongos, bacterias, etc)
- (4): debido a fauna (insectos, monos, etc)
- (5): 2+3+4
- (6): 2+5
- (7): 3+4+5
- (8): 2+3+4+5
- (9): varios (no identificados)

PUDRICION (POSICION)

- (1): ningún daño
- (2): raíces, fuste inferior
- (3): fuste superior
- (4): copa
- (5): 2+3
- (6): 2+4
- (7): 3+4
- (8): 2+3+4

Anexo N°12-A: Tabla de Existencias por Hectárea (Rodal I)

CATEGORÍAS	SHIZOPHORA				PULICIERA				USOS			
	Iluminación	Forma	Posición	Causa	PURICION Posición	USOS	Iluminación	Forma		Posición	Causa	PURICION Posición	USOS
1	88.0	46.4	435.2	485.5	480.0	191.20	80.8	51.6	752.0	595.0	887.2	391.70
2	101.6	100.8	20.0	4.9	3.0	52.60	161.6	20.8	52.0	4.8	10.4	92.60
3	167.2	115.0	4.8	33.5	2.4	27.98(M)	344.8	164.8	10.4	60.0	0.9	-
4	103.2	135.2	34.4	16.8	10.4	-	215.2	365.6	44.8	46.4	24.0	12.0
5	37.27	69.5	-	35.47	1.27	300.80	60.0	115.0	0.9	55.7	0.5	355.20
6	-	29.27	-	-	-	22.40	-	50.8	-	-	-	6.40
7	-	-	-	-	-	30.07	-	-	0.8	-	-	4.0
8	-	-	2.87	-	-	-	0.5	-	2.1	-	-	-
TOTALES	497.27	497.27	497.27	497.27	497.27	497.27	852.90	852.90	852.90	852.90	852.90	852.90

NOTAS:

(M): La frecuencia de esta categoría no se incluye en la suma total, debido a que el Uso Potencial "3" (concreta para tanto) es compatible con otros tipos de uso, en forma simultánea.

Anexo N012-B: Tabla de Existencias por Hectáreas (Rodal I)
(Continuación)

Categorías	OTROS						TOTALES						
	Iluminación	COPA	Forma	Posición	DAROS	PUBLICACION	USOS	Iluminación	COPA	Forma	Posición	DAROS	PUBLICACION	USOS
1	0.8		0.8	8.0	7.2	8.72	8.0	169.6	108.8	1195.2	1108.8	1315.88	590.90
2	1.60		-	-	-	-	0.72	264.8	181.6	72.0	9.6	13.6	147.12
3	3.2		0.8	-	0.8	-	-	515.2	301.6	15.2	94.4	3.20	27.98(CM)
4	0.8		3.2	-	0.72	-	-	319.2	507.2	79.2	64.0	34.40	12.0
5	2.32		3.92	-	-	-	-	99.2	189.6	0.89	92.09	1.81	556.06
6	-		-	-	-	-	-	-	80.09	-	-	-	28.80
7	-		-	-	-	-	-	-	-	0.8	-	-	34.07
8	-		-	0.72	-	-	-	0.09	-	5.6	-	-	-
TOTALES	8.72		8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	1368.89	1368.89	1368.89	1368.89	1368.89	1368.89

NOTAS:

1) La frecuencia de esta categoría no se incluye en la suma total, debido que el uso de esta categoría es compatible con otros, en forma simultánea.

Anexo NQ13-A: Tabla de Existencias por Hectárea (Rodal II)

GENEROS Categorías	RIZOPHORA			DAROS			PUBRICION			USOS			PELLICIERA			USOS	
	Iluminación	COPA	Forma	Posición	Causa	PUBRICION	Posición	Forma	Iluminación	COPA	Forma	Posición	Causa	PUBRICION	Posición		Forma	Posición
1	48.42		21.42	200.02	300.25	442.87		72.87	133.50		824.60		771.09	928.24			267.52
2	76.78		60.71	21.42	3.57	1.78		137.50	207.14		73.21		5.35	8.92			182.14
3	107.14		85.71	-	41.07	-		191.07	219.64		7.14		78.57	-			8.92
4	103.57		112.50	35.71	16.06	17.85		294.64	219.64		25.71		67.65	8.92			442.85
5	110.57		114.28	-	3.23	1.78		212.50	175.0		5.35		32.14	5.35			41.07
6	-		49.65	5.35	-	-		46.42	-		1.78		-	-			12.05
7	-		-	-	-	-		-	-		1.78		-	-			-
8	-		-	1.78	-	-		-	-		5.35		-	3.57			-
TOTALES	444.28		444.28	444.28	444.28	444.28		955.0	955.0		955.0		955.0	955.0			955.0

NOTAS:

(*) La frecuencia de esta categoría no se incluye en la suma total, debido a que el uso potencial y, corteza para tanino) es compatible con otros tipos de uso, en forma simultánea.

Anexo N213-B: Tabla de Existencias por Materia (Rodal II)

Categorías	COPH				OTROS				TOTALES				USOS			
	Iluminación	Forma	Posición	Causa	Iluminación	Forma	Posición	Causa	Iluminación	Forma	Posición	Causa		Iluminación	Forma	Posición	Causa
1	5.21	5.22	6.99	2.42	10.56	8.69	8.51	121.62	185.21	89.51	121.62	1154.86	1361.67	1361.67	1361.67	253.10
2	-	-	2.57	-	-	-	198.21	8.93	283.92	198.21	96.21	8.93	10.71	10.71	10.71	216.06
3	1.79	1.79	-	2.57	-	-	379.57	123.21	328.57	379.57	7.14	123.21	-	-	-	24.96
4	2.57	1.79	-	2.57	-	-	406.92	87.50	326.79	406.92	71.43	87.50	26.79	26.79	26.79	8.92
5	-	-	-	-	-	1.76	326.76	25.24	285.26	326.76	5.26	25.24	7.14	7.14	7.14	726.41
6	-	-	-	-	-	-	97.85	-	-	97.85	1.74	-	-	-	-	67.85
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.74	-	-	-	-	37.50
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.08	-	3.53	3.53	3.53	-
TOTALES	10.56	10.56	10.56	10.56	10.56	10.56	1409.84	1409.84	1409.84	1409.84	1409.84	1409.84	1409.84	1409.84	1409.84	1409.84

NOTAS:

1) La frecuencia de esta categoría no se incluye en la suma total, debido a que el Uso Potencial "B" Corresponde para terreno "B" compatible con otros, en forma simultánea.

Anexos NS14-A: Tabla de Existencias por Hectárea (Rodal IIX)

GEMEROS	RIZOPHORA				PELLIERA				USOS	PUDRICION Posición	DAROS Causa	PUDRICION Posición	USOS
	Iluminación	COPR Iluminación	Forma	Posición	Posición	Forma	Posición	Forma					
1	10.52		7.89	33.67	33.67		13.12	25.78	15.27	128.4	117.88	13.66	60.02
2	10.52		7.89	-	-		2.59	34.21	13.15	2.63	-	-	5.18
3	10.52		10.52	-	-		36.78000	42.10	31.57	-	10.52	-	-
4	-		2.63	-	-		-	26.31	47.36	2.63	5.26	-	-
5	2.11		4.74	-	-		13.16	5.26	26.31	-	-	-	65.78
6	-		-	-	-		-	-	-	-	-	-	2.68
7	-		-	-	-		4.8	-	-	-	-	-	-
8	-		-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
TOTALES	33.671		34.67	33.67	33.67		33.67	133.66	133.66	133.66	133.66	133.66	133.66

NOTAS:

(*) La frecuencia de esta categoría no se incluye en la suma total, debido a que el uso potencial "3" (cortiza para tanino) es compatible con otros tipos de uso, en forma simultánea.

Anexo NS14-B: Tabla de Existencias por Hectáreas (Rodal III)
(Continuación)

Categorías	OTROS						TOTALES					
	COPA		DAROS		USOS		COPA		DAROS		USOS	
	Illuminación	Forma	Posición	Causa	Posición	USOS	Illuminación	Forma	Posición	Causa	Posición	USOS
1	7.55	4.92	22.85	22.85	22.85	22.29	43.85	26.06	195.92	185.4	201.18	96.43
2	-	2.63	-	-	-	-	44.79	23.66	2.63	-	-	7.78
3	10.52	-	-	-	-	-	63.15	42.10	-	10.53	-	36.70 (M)
4	7.69	7.69	-	-	-	7.97	34.21	57.86	2.63	5.26	-	7.86
5	7.69	18.42	-	-	-	2.59	15.24	49.47	-	-	-	81.50
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.67
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.94
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES	33.85	33.85	33.85	33.85	33.85	33.85	201.18	201.18	201.18	201.18	201.18	201.18

NOTAS:

(1) La frecuencia de esta Categoría no se incluye en la suma total, debido a que el uso potencial "3" (Corteza para laminar) es compatible con otros, en forma simultánea.

Anexo N°15: Distribución de Frecuencia del Rodal I
(Regeneración Natural)

Densidad (1)	Frecuencia
0	23
1	22
2	24
3	14
4	16
5	8
6	6
7 - 11	12
TOTAL	125

(1) N° de plántulas por subparcela

NOTA: La amplitud de las diferentes categorías fueron definidas de manera tal que la sumatoria de los valores esperados correspondientes a una distribución Binomial Negativa sea ≥ 5.0 (Ludwig and Reynolds, 1988).

Anexo N°16: Distribución de Frecuencia del Rodal II
(Regeneración Natural)

Densidad (1)	Frecuencia
0	14
1	6
2	7
3	6
4	4
5	4
6	6
7	2
8	1
9	1
10	2
11	1
12	1
13	1
TOTAL	56

(1): N° de plántulas por subparcela

NOTA: La amplitud de las diferentes categorías fueron definidas de manera tal que la sumatoria de los valores esperados correspondientes a una distribución Binomial Negativa sea ≥ 5.0 (Ludwig and Reynolds, 1988).

Anexo N^o17: Distribución de Frecuencia del Rodal III
(Regeneración Natural)

Densidad (1)	Frecuencia
0	37
1	1
TOTAL	38

(1): N^o de plántulas por subparcela

NOTA: La amplitud de las diferentes categorías fueron definidas de manera tal que la sumatoria de los valores esperados correspondientes a una distribución Binomial Negativa sea ≥ 5.0 (Ludwig and Reynolds, 1988).