

**ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES
Y CONSERVACIÓN BIOLÓGICA**

**CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA - SILVÍCOLA DE
Podocarpus oleifolius D. Don, BAJO CONDICIONES DE
BOSQUE MADURO DE ALTURA, EN EL CERRO
UYUCA, HONDURAS**

**Tesis presentada como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Agrónomo en el grado
académico de licenciatura**

Por

Juan Luis Cortés Cardona

Honduras, 18 de Abril de 1997

Caracterización ecológica - silvícola de *Podocarpus oleifolius* D. Don, bajo condiciones de bosque nublado maduro, en el cerro Uyuca, Depto. de Francisco Morazán, Honduras

Por

Juan Luis Cortés Cardona

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana y a la Organización Mundial de las Maderas Tropicales (OIMT) permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Juan Luis Cortés Cardona

Honduras, 18 de Abril de 1997.

Esta tesis fue preparada bajo la dirección del consejero principal del comité de profesores que asesoró al candidato y ha sido aprobada por todos los miembros del mismo. Fue sometida a consideración del jefe de Departamento, Decano y Director de la Escuela Agrícola Panamericana y fue aprobada como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo.

Nelson Agudelo, M.Sc.
Consejero Principal

Silvia Chalukian. M.Sc.
Coordinador PIA.

George Pilz, Ph. D.
Asesor

George Pilz. Ph.D.
Jefe de Depto.

Antonio Molina, Ph. D.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano Académico.

Keith Andrews, Ph.D.
Director.

18 de Abril de 1997.

DEDICATORIA

A los que debo en su totalidad la realización de este trabajo, a Dios y a la Virgen María, que me dieron la voluntad y la fuerza para lograrlo.

A mi tío Rufino Antonio Cardona Argüelles (Q. D. D. G.), que se merece dedique este y todos los trabajos todos los que llegue a realizar en mi vida.

A mi Betita, que con sus rezos ha logrado que se culmine este trabajo.

A mis padres María del Socorro y Luis Amilcar, que con su comprensión, dulzura y cariño tranquilizaban mis momentos de preocupación.

A mis hermanos, Luis Carlos, Lucy y Tuti, que me han acompañado siempre.

A Pamela Reyes, por ser tan especial y oportuna.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su aprecio a las siguiente personas e instituciones que se vieron involucrados en este trabajo:

A mi asesor principal, Ing. Nelson Agudelo, que con sus lineamientos y acertados consejos me guió hasta culminar este trabajo.

A mi asesor, Ph.D. Antonio Molina, por su esfuerzo y tiempo invertidos en este trabajo.

A mi asesor, Ph.D. George Pilz, por el apoyo logístico brindado.

A la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (**OIMT**), por proporcionar el financiamiento para realizar este trabajo.

A Richard Knab y Mercedes de Knab, por las atenciones que me brindaron.

A los colegas de promoción PIA `97, por este año que hemos compartido

RESUMEN

La actual tendencia de reducción de los bosques naturales del mundo, a razón de 18 - 20 millones de has por año, según informes de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos de América, representa un grave problema para la permanencia de los bosques a través del tiempo, a parte, menos de un 10% de esta área es reforestada anualmente, lo que agrava la situación. Dejando a un lado los problemas políticos, económicos y sociales, que son una fuerte limitante para el desarrollo del manejo adecuado de los bosques, el factor determinante para que este desarrollo no se lleve a cabo es la falta de conocimientos sobre los procesos dinámicos y del verdadero temperamento de las especies que son sometidas a tratamientos silvícolas, lo que obliga a que se sigan manteniendo los lineamientos actuales de trabajo, erróneamente enfocados, del uso de este recurso. Por lo tanto, es de vital importancia, para revertir esta situación, conocer los procesos dinámicos y los temperamentos de por lo menos las especies de mayor valor económico. Los estudios florístico estructurales arrojan suficiente información para agrupar las especies presentes en el área de estudio de acuerdo a los grupos ecológicos a que pertenecen, con lo que se conoce el temperamento de estas. El presente estudio, se realizó en el bosque latifoliado de altura del cerro Uyuca y tuvo como objetivos: a) Caracterizar florística y estructuralmente el bosque latifoliado maduro de altura del cerro Uyuca, b) Determinar el peso ecológico de *Podocarpus oleifolius* D. Don en el seno de la comunidad y c) Determinar el grupo ecológico al que pertenece *Podocarpus oleifolius* D. Don. Con el cumplimiento de los objetivos anteriores se busca realizar un aporte para el desarrollo de la silvicultura de los bosques latifoliados de altura de los trópicos y sub trópicos húmedos, con el fin de que se establezcan tratamientos silvícolas adecuados de acuerdo al uso que se le da al recurso bosque. La permanencia de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, en los ecosistemas forestales donde habita, es en extremo dudosa, a pesar del amplio patrón de distribución que tiene y de no tener una demanda establecida en los mercados de la madera. Con la caracterización ecológico silvícola de *Podocarpus oleifolius* D. Don, se obtiene la información necesaria para poder asegurar la permanencia de esta especie a través del tiempo en los ecosistemas donde se encuentra presente. El bosque en estudio es dominado por individuos de la familia FAGACEAE y LAURECEAE, siendo los que tienen mayor peso ecológico *Quercus aata* y *Persea americana* var. *Nubigena*, con valores en el IVI de 36.36 y 25.98 respectivamente. La distribución del No. de individuos por clases diamétricas permite apreciar que el bosque es relativamente maduro, con pequeñas perturbaciones de origen natural propias de los ecosistemas de este tipo. La especie *Podocarpus oleifolius* D. Don ocupa el octavo lugar en cuanto al IVI, con un valor de 15.92. Mediante el análisis de los parámetros de abundancia, dominancia y frecuencia, relacionados con el análisis de la distribución del No. de árboles por clases diamétricas, se pueden apreciar las características propias de las especies con temperamento esciófito, por lo que es muy probable que este sea precisamente el grupo ecológico al que pertenece la especie.

Índice

TITULO.....	i
APROBACIÓN.....	ii
DERECHOS DE AUTOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. LOS BOSQUES LATIFOLIADOS DE LOS TRÓPICOS Y SUBTRÓPICOS DEL MUNDO Y ESTADO ACTUAL DE SU MANEJO.

Es interesante, pero no sorprendente, que la destrucción de los bosques tropicales causen tanto trastorno en el planeta. La razón principal es que éstos constituyen la mitad de los bosques del mundo y albergan al 70 % de las especies de plantas y animales del planeta. (Lugo, 1988)

Según estudios realizados por Singh (1993), la cubierta forestal -en toda la zona tropical- abarcaba 1756 millones de ha., es decir, aproximadamente el 37 % de la superficie total de tierras en el mundo. América Latina posee la mayor extensión forestal con 918 millones de ha., seguida por África, con 528 millones de ha. y Asia, con 311 millones de ha. Alrededor de 1544 millones de ha. (88 %) se encuentran en tierras bajas y las restantes 204 millones de ha. (12 %) en tierras altas (Cuadro 1).

América Latina y el Caribe poseen más de la mitad de la superficie total de bosques tropicales densos del mundo, con 680 millones de ha. y tienen, también, la zona más extensa de plantaciones forestales de los países en desarrollo, con siete millones de ha. y más de 250 millones de ha. en otros tipos de bosques.

Mientras que otros estudios indican que la deforestación en 1980 correspondía -aproximadamente- a 11,4 millones de hectáreas por año. Por otra parte, en los países tropicales la deforestación aumentó en los últimos años e incluso se ha acelerado hasta alcanzar -entre 1981 y 1990- un área aproximada de 154 millones de ha. que han sido deforestadas, dando un promedio de 15,4 millones de ha. por año (Janz, K. 1993). Singh (1993) afirma que la deforestación entre 1981 y 1990, en el conjunto de la zona tropical, fue de 7,4 millones de ha. por año, en América Latina; 3,9 millones de ha. por año, en Asia; y 4,1 millones de ha. por año, en África (Cuadro 2).

A escala mundial, los recursos forestales -en el decenio de 1980-1990- disminuyeron sustancialmente; pero en los países industrializados aumentaron ligeramente en términos de superficie total y -en medida considerable- en términos de madera en pie (Contreras, A. 1988).

Cuadro 1 Estimaciones de la superficie de la cubierta forestal y la deforestación por subregiones geográficas.

Región /subregión geográfica	Países evaluados	Superficie (millones de ha)	Cubierta Forestal		Deforestación anual 1981-1990	
			1980	1990	Millones de ha	(%)
			Millones de ha			
Africa	40	2236,1	568,6	527,6	4,1	0,7
América Lat. y El Caribe	33	1650,1	922,2	918,1	7,4	0,7
América Central y México	7	239,6	79,2	68,1	1,1	1,4
Caribe	19	69,0	48,3	47,1	0,1	0,3
América del Sur Tropical	7	1341,6	864,6	802,9	6,2	0,7
Asia y el Pacifico	17	892,1	349,6	310,6	3,9	1,1
Total	90	4778,3	1910,4	1756,3	15,4	0,8

La opción de manejo que plantea Lamprecht (1990) es, tomar como base el estado actual del bosque, en el que se pretende dar un manejo ordenado. Éstos se pueden dividir someramente en bosques primarios, bosques secundarios, bosques explotados y mosaicos de agricultura semi nómada y de bosque primario.

Existen diferentes sistemas que se aplican en el manejo de los bosques tropicales, entre los más importantes están (Lamprecht, 1990).

1. Fijación de diámetro mínimo de corta (DMC). Permite el aprovechamiento de árboles gruesos; para las especies de importancia económica se fija un DMC. Este sistema sólo puede ser viable si existe un suficiente número de árboles gruesos para un aprovechamiento rentable. El DMC tiene que ser fijado en un grosor suficientemente alto y las especies explotadas presentar una distribución diamétrica regular para asegurar su perpetuidad.
2. Mejoras en el Grosor. Es un sistema mejorado de DMC que pretende que, con el tiempo, resulten estructuras del bosque que permitan el manejo de entresaca selectiva.
3. Sistemas de conversión. Se basan en la modificación gradual y sucesiva de la composición y/o de la estructura de un bosque. Entre ellos encontramos:

Cuadro 2. Estimaciones de la superficie de cubierta forestal y la deforestación por principales zonas ecológicas.

Formación Zona/Climax	Superficie (millones de ha)	Cubierta forestal 1990		Deforestación anual 1981- 1990	
		millones de ha	% de su- perficie	millones de ha	%
Zona Forestal	4186,4	1748,2	42	15,3	0,8
Formaciones de tierras bajas	3845,6	1543,9	44	12,8	0,8
-Bosque hidrofítico	947,2	718,3	76	4,6	0,6
-Bosque húmedo caducifolio	1289,2	587,3	46	6,1	0,9
-Bosque seco caducifolio	706,2	178,6	25	1,8	0,9
-Bosque muy seco	543,0	59,7	11	0,3	0,5
Formaciones de tierras altas	700,9	204,3	29	2,5	1,1
-Bosque húmedo	528,0	178,1	34	2,2	1,1
-Bosque seco	172,8	26,2	15	0,3	1,1
Zona no forestal (desierto y mesetas)	591,9	8,1	1	0,1	0,9
TOTAL TROPICAL	4778,3	1756,3	37	15,4	0,8

La opción de manejo que plantea Lamprecht (1990) es, tomar como base el estado actual del bosque, en el que se pretende dar un manejo ordenado. Éstos se pueden dividir someramente en bosques primarios, bosques secundarios, bosques explotados y mosaicos de agricultura semi nómada y de bosque primario.

Existen diferentes sistemas que se aplican en el manejo de los bosques tropicales, entre los más importantes están (Lamprecht, 1990).

1. Fijación de diámetro mínimo de corta (DMC). Permite el aprovechamiento de árboles gruesos; para las especies de importancia económica se fija un DMC. Este sistema sólo puede ser viable si existe un suficiente número de árboles gruesos para un aprovechamiento rentable. El DMC tiene que ser fijado en un grosor suficientemente alto y las especies explotadas presentar una distribución diamétrica regular para asegurar su perpetuidad.
2. Mejoras en el Grosor. Es un sistema mejorado de DMC que pretende que, con el tiempo, resulten estructuras del bosque que permitan el manejo de entresaca selectiva.

Sistemas de conversión. Se basan en la modificación gradual y sucesiva de la composición y/o de la estructura de un bosque. Entre ellos encontramos:

- a) Sistema de mejoramiento en el que se hacen intervenciones a la masa en pie para mejorar rendimientos futuros.
- b) Enriquecimiento, se da cuando el número de árboles con valor comercial en el bosque es insuficiente o malo; entonces se plantea un enriquecimiento.
- c) Conversiones mediante regeneraciones -combinando con explotaciones forestales- trata de lograr una homogeneización florística y estructural del bosque original mediante la aplicación del Malayan Uniform System (MUS), TSS, TSS Trinidad, Methode Martineau, etc.
- d) Sistemas de conversión en bosque económico entresacado, crear bosques multietáneos entresacados es el objetivo, se logra mediante Philippine Selective Logging System (PSLS), Indonesian Selective Logging System (ISLS), etc.

Los bosques densos son considerados como adecuados para el manejo forestal convencional por la alta productividad que presentan (Cuadro 3). Se considera que aproximadamente unas 881 millones de ha. son potencialmente productivas. De este potencial, sólo una superficie aproximada de 41 millones de ha se encuentran bajo manejo forestal (Lamprecht, 1990).

Cuadro 3. Superficies de bosques latifoliados densos, según áreas productivas y no productivas, y volúmenes de maderas para el conjunto de árboles con DAP > 10 cm.

Región	Bosques densos latifoliados					
	Superficie en millones de ha.			Volumen en fustal (pie en miles de millones de m ³)		
	Productivo	No productivo	Total	Productivo	No productivo	Total
América	506	147	653	77.45	12.20	89.65
Africa	162	53	215	38.75	6.15	44.90
Asia	191	100	292	30.65	13.10	43.75
Total	860	300	1160	146.85	31.45	178.3

Fuente: Lugo, 1993

2.1.1 Bosques de tierras bajas

Los bosques de tierras bajas, según Agudelo (1994), se encuentran desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm en los trópicos y entre el nivel del mar hasta los 1000 msnm en los subtrópicos. La precipitación promedio anual fluctúa entre los 1000 y 8000 milímetros. La temperatura media anual mayor es de 17 y 18°C; en algunos casos puede bajar hasta 0°C y en otros alcanzar los 40°C.

Los árboles pueden alcanzar hasta 60 m de altura, cerrándose el dosel a los 30 a 35 m en bosques húmedos y hasta 40 m, cerrándose el dosel a los 20 m en bosques secos. Los bosques húmedos presentan un alto número de especies arbóreas, 100-160, con 500-700 árboles por ha, un área basal por hectárea de 24-40 m² para árboles con un DAP mayor a 10 cm. En bosques secos presentan hasta 50 especies arbóreas, con 80 a 400 árboles por ha, un área basal de 16-20 m² para árboles con un DAP mayor a 10 cm.

Los bosques de bajura se dividen en bosques hidrofíticos, bosque húmedos caducifolios, bosques secos caducifolios y bosques muy secos. Según Singh (1993), entre las formaciones de tierras bajas (Cuadro 2), la mayor parte corresponde al bosque hidrofítico, con 718 millones de ha (41 %). Los bosques húmedos caducifolios y los bosques secos caducifolios y muy secos abarcan 587 millones de ha (33 %) y 238 millones de ha. (14 %), respectivamente. El resto, casi ocho millones de ha, se reparten entre zonas no forestales (desiertos y mesetas).

Actualmente se considera que en las tierras forestales de zonas bajas los bosques todavía cubren, en promedio, el 76 % del territorio (Singh, 1993). En esta misma zona la tasa de deforestación fue de 4,6 millones de ha por año en las zonas del bosque hidrofítico, de 6,1 millones de ha por año en las zonas del bosque húmedo, alrededor de 2,1 millones ha por año en las zonas secas y muy secas (Cuadro 2); dando una tasa de deforestación anual del bosque de 0,6 % en el bosque hidrofítico, 0,9 % en el bosque húmedo y 0,9 % en los bosques caducifolios secos y muy secos.

2.1.2 Bosques de altura o montanos

Agudelo (1994) define a los bosques de altura o montanos como formaciones boscosas que se encuentran entre los 2000-4000 msnm, en el trópico; mientras que en el subtrópico se encuentran entre los 1000-3000 msnm, se pueden encontrar bosques montanos a menor altitud, incluso a menos de 1000 msnm. La precipitación promedio anual es superior a 500 milímetros y en zonas muy húmedas puede alcanzar hasta los 4000 milímetros por año; ésto se puede explicar ya que en muchos bosques de altura se presenta un contacto frecuente de las nubes o neblinas con el suelo, produciendo la precipitación horizontal.

Los árboles presentan una altura máxima de 50 m de altura y un dosel que se eleva hasta los 20 o 30 m., los helechos arborecentes son muy comunes junto con un alto número de especies epifitas. Estos bosques presentan cierto número de árboles por hectárea que van desde los 450 a 1300 y un área basal entre 20 y 54 m² por ha. para árboles con un DAP mayor a 10 cm.

Los bosques de altura o montanos se dividen en bosques húmedos y bosques secos. Cubren una extensión aproximada de 700,9 millones de ha, que equivale al 14 % del total de la superficie de las tierras tropicales del globo. El área cubierta con bosques de altura es sólo el 204,3 millones de ha (el 29 % de la tierras de altura), donde el bosque húmedo de altura y el bosque seco de altura ocupan 178,1 y 26,2 millones de ha., respectivamente.

La deforestación fue de 2,5 millones de ha. por año en las zonas montañosas (Cuadro 2). Alcanzando una tasa superior a la de los bosques de tierras bajas, con un valor de 1,1 y 1,4 % en los bosques húmedos de altura y en los bosques secos de altura, respectivamente. Estos bosques tienen los mayores índices de deforestación, posiblemente debido a que se trate de zonas con índices relativamente altos en crecimiento y densidad demográfica (Singh, 1933).

2.2 DINÁMICA

Se entiende por dinámica o proceso de renovación a la forma cómo el bosque o una especie en particular responde a las perturbaciones. Tales perturbaciones producen claros. El estudio de la dinámica del bosque es de suma importancia para poder hacer silvicultura y manejo del bosque.

2.2.1 Los cambios en los bosques tropicales

El bosque tropical es, generalmente, de tal estructura y complejidad que parece permanente y estático. Esto es ilusorio, ya que está cambiando constantemente: una masa equivalente a la de todo el bosque muere y se renueva cada 40 a 100 años (UNESCO et al, 1980).

Este cambio dinámico y continuo en el tiempo se debe, en parte, al crecimiento y muerte de los árboles. Por lo tanto, el dosel del bosque es un mosaico de claros, parches de árboles juveniles creciendo y bosque maduro, donde domina la estabilidad, (Whitmore, 1991). Este mosaico de claros se encuentra, entonces, en diferentes estados de construcción (Lamprecht, 1990).

Los cambios que se operan son muy complejos y se efectúan mediante diferentes procesos que operan a distintas escalas. Algunos afectan a árboles individuales, poblaciones específicas, la totalidad del bosque o parte de él (Whitmore, 1991).

Todo el bosque cambia gradualmente por la interacción de la parte viva con el medio. Lo que se observa hoy es el producto de una secuencia de acontecimientos, unos fortuitos y otros predeterminados. Esta secuencia determinará, en gran manera, la composición y tipo de cambio, tanto en el futuro próximo como en el lejano. La distribución de las especies y de los bosques variará también en el espacio y en el tiempo, según los límites impuestos por factores ambientales (UNESCO et al, 1980).

2.2.2 Ambiente biótico

La dinámica del bosque debe basarse en el concepto de la cubierta arbórea, como entidad siempre cambiante (Whitmore, 1991). El clima por encima de la cubierta arbórea varía a diario según la época del año; pero estacionalmente es relativamente homogéneo en lo que respecta a temperatura, esta estacionalidad puede manifestarse en precipitaciones, pero no siempre (UNESCO et al, 1980).

La estructura y densidad de la cubierta arbórea varía con la edad, dependiendo de la forma de las especies que la constituyen. Por lo tanto, varían también la transmisión, reflexión, absorción y conversión de la radiación solar que llega a la cubierta. El camino de la luz, su composición espectral hasta llegar al suelo determinará la estructura vertical (UNESCO et al, 1980).

Las unidades de cambio espacial están determinadas por un cambio cíclico natural, que inicia con la formación de claros. Este proceso viene acompañado por una secuencia de especies que, en cada estadio, tienen en común una serie de características biológicas. Las especies, según sus características biológicas comunes, pueden agruparse en los llamados grupos ecológicos de especies. Cualquier espacio puede, a la vez, estar ocupado por especies arbóreas pioneras, sucesionales o maduras. Estos cambios espaciales se basan, entonces, en el grado de apertura de la cubierta arbórea (Lamprecht, 1990).

El bosque presenta mecanismos intrínsecos para producir cambios, además de los puramente ecológicos y fenológicos. Si sólo se producen cambios fenológicos la cubierta se mantendría cerrada sin ningún cambio y sólo sobrevivirían bajo ella las plántulas tolerante a la sombra (UNESCO et al, 1980). Por lo tanto, los mecanismos que producen cambios están constituidos por varios tipos de perturbaciones (Cárdenas, 1986):

- Muerte parcial o total de árboles sobremaduros o enfermos (caída o ruptura de grandes ramas).
- Factores biológicos y, en general, los de orden entomológico.
- Interacción con el hombre.
- Fuerzas físicas como vientos, tormentas, huracanes, deslizamiento de tierras, la acción de grandes mamíferos, etc.

Todas las anteriores perturbaciones producen claros. De ahí, entonces, que está en continuo movimiento a diferentes escalas de tiempo y espacio, donde el cambio es el que constituye el equilibrio dinámico del bosque (Hopfins et al, 1980, Cárdenas, 1986, Whitmore, 1991).

Un claro es un espacio abierto en el dosel del bosque, donde la luz es capaz de llegar al nivel del suelo o cercano a él (Whitmore, 1991). La colonización del mismo depende de los siguientes factores:

- Período de ocurrencia del claro, la caída natural de árboles ocurre con la frecuencia de 1 árbol/ha/año y ocurre otro claro en el mismo sitio en promedio cada 118-200 años.
- La proximidad de las fuentes de semilla y los agentes dispersores. Dentro del bosque húmedo tropical los principales agentes para la dispersión de semillas son por medio de animales y viento, siendo el viento el más efectivo (Baur, 1962 y Whitmore, 1984 citado por Cárdenas, 1986).
- El tamaño del claro, dependiendo de éste factor se producen diferentes condiciones ambientales dentro del claro que benefician a ciertas especies que los colonizan, donde la luz es el principal factor ambiental pues las especies tienen diferentes requerimientos de luz germinar y establecerse exitosamente (Lamprecht, 1990).
- La existencia de plántulas y arbolillos jóvenes presentes en el lugar de la formación del claro (Poore, 1968 citado por UNESCO et al, 1980).
- El azar desempeña un papel importante y que los agregados monoespecíficos resultan de la proximidad de un árbol productor de semillas a un claro reciente de la cubierta (Van Steenis, 1958 citado por UNESCO et al, 1980).

La composición final del claro es el resultado de la interacción de muchos factores. Por tanto, la composición final es esencialmente aleatoria, porque hacen falta más estudios para establecer la importancia comparativa de los múltiples factores que influyen la composición final de la vegetación en los claros (Webb et al, 1972 citado por UNESCO et al, 1980).

Ahora bien, el tamaño de los claros producidos es el factor principal que determina fundamentalmente el tipo de regeneración, la intensidad y el sentido de los cambios resultantes de la alteración (UNESCO et al, 1980). Según esto, a continuación se presenta un análisis a groso modo de lo que sucede en la formación de claros pequeños y grandes.

Los claros pequeños son los más frecuentes en los bosques que no son sometidos a vientos fuertes, corrimientos de tierra u otras catástrofes. Estos claros se producen debido a dos causas principales:

- Muerte natural de los árboles emergentes de la cubierta forestal: Por lo general, la copa va muriendo al irse pudriendo el interior del tronco y el árbol finalmente cae. La caída produce un espacio descubierto más o menos ancho en la cubierta arbórea. La regeneración responde rápidamente al aumento de iluminación con aumentos de altura; la dominancia apical se mantiene hasta que el individuo dominante emerja de la cubierta, momento en el cuál la ramificación simpodial -generalmente asociada al comienzo de la floración- conduce al desarrollo de la formación definitiva de la copa. Mientras tanto, el número de individuos que crecen en el claro se va reduciendo por autoclareo competitivo. Las especies que colonizan éstos claros son de la fase madura, donde los individuos de crecimiento rápido tienen ventajas competitivas y los de crecimiento lento, que toleran sombra, van abriéndose paso hacia la cubierta principal bajo la protección de los individuos de crecimiento rápido. Es de esperarse que tales claros, de escaso tamaño, no provoquen cambios en la composición florística de la cubierta; pero pueden inducir cambios en la distribución horizontal, dado que es poco probable que un individuo sea sustituido por otro de su misma especie (UNESCO, 1980).
- Caída de rayos: Los emergentes son alcanzados y generalmente muertos en el acto, pero también los arbolillos jóvenes y el sotobosque resultan afectados. Algunos árboles de la cubierta pueden morir o quedar parcialmente afectados en un radio de unos 20m a partir de la base del tronco. Este efecto es más devastador que el anterior, pero ambos producen claros de tamaños similares en la cubierta. La regeneración ha sido eliminada por el rayo, entonces el claro dejado permanece vacío durante largos períodos y pueden quedar como semipermanentes en lugares donde, por razones fisiográficas, su frecuencia es grande. Generalmente, estos sitios son colonizados, primero, por plantas herbáceas -incluyendo gramíneas forestales y helechos- después, por plantas de especies heliófitas de la fase madura, acompañadas a veces por algunas especies leñosas pioneras, generalmente transitorias (UNESCO, 1980).

Los grandes claros pueden ser producidos por varios factores:

- Efectos localizados del viento.
- Corrimientos de tierras.
- Vulcanismos.
- Tifones.
- Intervención antropogénica.

Los efectos localizados del viento y la intervención antropogénica difieren de los otros factores en que no eliminan totalmente la regeneración, pero pueden afectar la regeneración de ciertas especies según su estrategia de sobrevivencia.

Los grandes claros difieren de los pequeños en dos aspectos:

- Duración.
- Cantidad de luz que penetra a los estratos inferiores.

Las especies heliófitas pioneras son las que tienen más éxito en los claros de gran tamaño. Estos claros pueden cubrirse solamente por individuos pertenecientes a un estrato inferior y existe la posibilidad de que un individuo crezca de forma ininterrumpida desde el estado de plántula hasta la cubierta, con su copa recibiendo luz solar directa (UNESCO, 1980).

2.2.3 Procesos de renovación y el ciclo de desarrollo del dosel del bosque.

Rollet (1971), citado por Cárdenas (1986), llama regeneración natural al conjunto de procesos mediante los cuales el bosque consigue establecerse por medios propios. El conocimiento de la regeneración sirve como base a la solución de problemas para la formación de rodales, pues permite comprender los mecanismos de cambio en la composición florística, fisonómica y estructural.

La regeneración del bosque ha sido llamada **dinámica de la fase de claros**. Estos juegan un papel fundamental en el crecimiento de un bosque, pues lo que crece dentro de un claro determina la composición del bosque por mucho tiempo (Lamprecht, 1990 y Whitmore, 1991).

La regeneración del bosque ocurre en el tiempo y el espacio. Este término tiene dos significados:

- En el primero se debe reconocer una restauración de la biomasa y nutrientes en un claro, mientras el dosel se reconstruye.
- En el segundo, el restablecimiento de la diversidad florística y estructural lleva a un estado clímax con la autoperpetuación de las especies (Whitmore, 1991).

La renovación es un proceso ecológico por medio del cual los individuos que salen son sustituidos por otros, con el fin de perpetuarse (Bazzaz, 1991). Cada bosque presenta una dinámica interna que garantiza los procesos de renovación (Lamprecht, 1990). Se puede afirmar, según lo anterior, que la dinámica de la fase de claros, la fase de regeneración y procesos de renovación son expresiones similares.

El establecimiento de las diferentes especies y el tipo de sucesión al que éstas pertenecen, depende de la interacción entre varios factores: entre ellos: El período de ocurrencia, tamaño y forma de claros, la flora de los alrededores, el período de producción de semillas de la vegetación de los alrededores, los agentes dispersores de semillas, el clima (en particular la dirección y velocidad de vientos, como agentes dispersores de semilla y precipitación necesaria para la germinación), el suelo, las relaciones planta - herbívoros y las características y estrategias de las especies para el establecimiento (Cárdenas, 1986).

Según Lamprecht (1990), el éxito de la regeneración depende de las siguientes condiciones: Cantidades suficientes de semillas viables, condiciones (micro) climáticas y edáficas, adecuadas para la germinación y el desarrollo. Las condiciones locales de insolación son decisivas, puesto que, por regla general, las especies tienen suficiente producción de semilla que -garantiza la existencia de material germinativo viable-.

Para el éxito de todas las formas de regeneración por semilla, juegan un papel muy importante no sólo el agua, la temperatura y la luz, sino también otros factores bióticos y abióticos (Lamprecht, 1990).

Varios estudios sobre regeneración indican la existencia de abundante semillas en el suelo, es decir una regeneración latente está más o menos omnipresente. El problema radica en que esta regeneración corresponde a las especies del bosque que poseen una estrategia de sobrevivencia que permite a su semilla persistir en latencia dentro del suelo (Lamprecht, 1990).

El número de especies que potencialmente pueden establecerse en el momento de la formación de un claro es substancialmente bajo porque pocas especies tienen mecanismos de latencia o una producción casi permanente de semillas. Puede ser que una especie diferente a la de la composición florística del bosque colonice el claro, pero esto no va a cambiar la composición florística total del bosque (Cárdenas, 1986).

Se considera que la abundante presencia de plántulas no significa que sea una regeneración establecida, pues muchas veces ésta es efímera y desaparece a corto plazo (Cárdenas, 1986).

Para analizar el ciclo de desarrollo del dosel, se tiene que considerar que cualquier ecosistema natural está sometido a un ciclo, sea cual sea su composición florística. Según Whitmore (1975) citado por UNESCO et al (1980), éste ciclo atraviesa por tres fases consecutivas:

- Fase de claro: Consecutiva a la apertura del dosel (en la práctica forestal se considera que ésta se presenta cuando los árboles que regeneran el bosque tienen menos de 2,7m de altura).
- Fase de regeneración: Durante la cual los árboles crecen logarítmicamente y los incrementos, tanto en altura como en diámetro, están relacionados en forma casi lineal (generalmente, en silvicultura, cuando los árboles tienen de 0,3 - 0,9 m de DAP).
- Fase madura: Cuando el incremento de altura disminuye hasta que se alcanza el máximo, aunque el incremento en diámetro prosigue, aunque de manera decreciente.

Lamprecht, (1990) diferencia cuatro fases en la dinámica del bosque maduro:

- Fase de regeneración: Iniciada por la apertura de un claro. En ella puede estar ya incluida la regeneración en estado de espera y ha sido activada con el aumento de luz y/o una regeneración nueva, establecida después de la apertura del claro.
- Fase de surgimiento o estructuración: Es la de mayor dinámica y relativamente corta, donde las especies heliófitas oportunistas pueden alcanzar el piso superior mediante el potencial de crecimiento vertical que es decisivo para el éxito o derrota por sobrevivir.
- Fase de madurez u óptima: Se inicia cuando las especies sobrevivientes alcanzan posiciones de dominancia y codominancia; una vez alcanzada esta posición el crecimiento en altura se va deteniendo y se producen incrementos diamétrico y una ampliación de copas muy notoria. Esta fase es relativamente estacionaria y puede durar decenios o siglos.
- Fase de degradación: Caracterizada por la alteración de la estructura vertical, con la consiguiente formación de un claro. Por lo tanto, el ciclo se inicia otra vez.

Dada su longevidad, la fase madura ocupa el área más extensa de la superficie forestal. La fase de claros ocupa menos del 5 - 10 % de la superficie (Cárdenas, 1986 y UNESCO et al, 1980). En general, el área total que cubren los claros y el tamaño de éstos depende de:

- La madurez de la cubierta arbórea.
- Estructura y perfil aereodinámico.
- Sensibilidad del bosque a los daños producidos por el viento y las tormentas.

Oldeman (1990) explica que el medio ambiente, que rodea a cada árbol del bosque, puede ser interpretado como una unidad de regeneración y puede ser definida como toda superficie sobre la cual, en un momento del tiempo, el desarrollo de la vegetación ha empezado, donde la arquitectura, funcionamiento ecofisiológico y la composición de especies está ordenada por un grupo de árboles hasta el final. El desarrollo de la unidad de regeneración atraviesa por la fase de invasión (fase de claros), fase de construcción, fase biostática (fase madura) y fase de degradación.

La siguiente clasificación se base en los estudios realizados por Marmillo en la amazonía peruana y en otros bosques latifoliados¹, la cual establece límites mínimos y máximos para describir las fases por las que atraviesa un bosque maduro. Por lo tanto, permite dividir el área del bosque a caracterizar en tres unidades de levantamiento y muestrear el bosque:

- Brinzales o individuos de corta edad del ecosistema (unidad de levantamiento 1): Se refiere a la regeneración natural ya establecida y considera a los individuos cuyo DAP, en mayor o igual a los 5 cm. y menor a los 10 cm o que tienen una altura mayor a los 6 m. y ocupan el 15% de el área.
- Latizales o individuos de edad media del ecosistema (unidad de levantamiento 2): Se caracteriza por un aumento fuerte en la altura y considera a los individuos con un DAP mayor o igual a los 10 cm y menor a los 50 cm. Ocupan el 35% del área.
- Fustales o individuos de gran edad (unidad de levantamiento 3): Se caracteriza porque el incremento de altura disminuye hasta que alcanza el máximo y el aumento en DAP aumenta para luego ser decreciente. Esta fase ocupa, por su longevidad, el área más extensa de la superficie del bosque que es de un 50% del área.

En los bosques no han sufrido catástrofes periódicas, la cubierta arbórea impone cierto orden y uniformidad a la estructura, que conforma a menudo una estratificación comprobable (UNESCO et al, 1980).

Esta heterogeneidad intrínseca de la cubierta arbórea varía con el clima en las tres regiones tropicales más importantes; igualmente varía con las condiciones del suelo. El concepto de un bosque pluvial tropical determinado climáticamente, uniforme y monolítico, es tan cómodo que dificulta la comprensión detallada de los factores responsables de la dinámica forestal (Ashton, 1964 citado por UNESCO et al, 1980).

La diversidad de especies es tan grande que, especialmente en los climas sin estaciones, muchas especies parecen ser espacialmente complementarias dentro de una fase del ciclo forestal. Esta renovación de especies, con el tiempo y los mecanismos que mantiene poblaciones de escaso número de individuos pero estables, constituyen un aspecto especial de la dinámica.

¹ Agudelo, N. Comunicación personal.

2.2.4 Grupos ecológicos de especies.

Para un bosque estable o maduro, se puede agrupar a las especies por su afinidad o por presentar un comportamiento similar en grupos ecológicos. Este concepto indica que se pueden agrupar las especies según ciertas características comunes en cuanto a sus estrategias de sobrevivencia.

Se puede realizar una clasificación de las especies arbóreas de acuerdo a sus requerimientos de luz y largo de vida, según Lamprecht (1990), de la siguiente forma:

- Especies arbóreas de luz o heliófitas: Se dividen en las oportunistas (oportunistas de claros) y pioneras. Las especies oportunistas (hemisciófitas, oportunistas u oportunistas de claros), que son capaces de regenerarse tanto a la luz como a la sombra; pero ya a una edad temprana requieren plena luz, cuando menos desde arriba. Estas, a su vez, se dividen en las de crecimiento rápido (30-40 años) y las de crecimiento regular (80 años) y requieren de claros de tamaño medio. Las especies pioneras (fugaces o secundarias tempranas) que requieren plena insolación durante toda su vida; son de vida corta 15 -20 años y requieren claros grandes.
- Especies arbóreas de sombra o esciófitas: Se regeneran a la sombra del vuelo y poseen la capacidad de efectuar allí todo su desarrollo o requieren sombra, cuando menos en su juventud. Estas, a su vez, se dividen en esciófitas parciales (requieren alta intensidad de luz antes de la madurez) y esciófitas totales (no requieren gran cantidad de luz durante su crecimiento).

Otro temperamento que ha sido incluido por Oldeman (1990) es el de tolerante tardío, que son árboles cuya semilla germina, quedan establecidos y maduran a la luz de los claros, pero sobreviven el resto de su vida a la sombra de los árboles más altos del dosel.

Las especies heliófitas pioneras son colonizadoras a campo abierto, es decir, inician la repoblación y caracterizan las primeras fases del bosque secundario, requieren claros grandes, donde la insolación es plena. Estas especies alcanzan precozmente el estado reproductivo, fructifican abundantemente con regularidad, la semilla es adecuada para el transporte (liviana, alada, capaz de flotar, envuelta en fibra algodonosa y otras), es decir, adecuada para llegar a grandes distancias, generalmente por efecto del viento. Su poder germinativo se puede conservar por períodos largos (Gómez-Pompa et al, 1976).

Las especies esciófitas pueden sobrevivir en el interior del bosque durante decenios, prácticamente sin crecer. En estado latente conservan la capacidad de reaccionar con un fuerte crecimiento ante cualquier mejora en las condiciones de luz. La producción de semilla no es alta y los intervalos a veces se alargan. Los frutos son, a menudo, grandes y su dispersión ocurre básicamente por la fuerza de la gravedad. Las especies representantes de este grupo son las familias de lauráceas, mirtáceas, mimosáceas y moráceas (Lamprecht, 1990).

Las especies oportunistas son capaces de reproducirse dentro del bosque. Sin embargo, la tolerancia a la sombra de las plantas jóvenes está limitada por tiempo y en caso de que la cantidad de luz recibida no aumente, a más tardar, después de algunos años, éstas perecen. Entonces, el éxito de la regeneración de estas especies depende de los claros que se vayan formando en distintos sitios. Las semillas cuentan con dispositivos que facilitan su dispersión. En todo caso, la producción de semillas debe ser abundante para garantizar su supervivencia, pues el poder germinativo se pierde con rapidez. Estas son capaces de regenerarse en áreas deforestadas grandes, pero enfrentan el poder competitivo de las pioneras (Lamprecht, 1990).

La forma de reconocer el grupo ecológico al que corresponde una especie se realiza por medio de la distribución del número de árboles por clases diamétricas. Esta forma de clasificación pretende caracterizar el comportamiento silvícola de un grupo dentro del ecosistema. Cuando los logaritmos del número de árboles se presentan según las clases diamétricas de 10 cm, las especies pueden dividirse en dos grupos. La separación entre ambos se realiza por una línea correspondiente a la especie teórica por la cual se duplica el número de individuos cuando se pasa de una clase a la inmediata inferior (UNESCO, 1980).

Si se estudia cada especie del bosque mediante el número de árboles por clases diamétricas, suele observarse una gran diversidad de comportamientos. Cuando los logaritmos del número de árboles se representan según clases diamétricas de 10 cm, las especies pueden dividirse en dos grupos donde la separación de ambos se realiza por una línea correspondiente a la especie teórica; la cuál se duplica el número de individuos cuando se pasa a una clase diamétrica superior.

Algunas especies presentan estructuras diamétricas erráticas (figura 1, tipo 1), en forma de campana aplanada (figura 1 tipo 2) o con individuos poco numerosos. Estas últimas disminuyen progresivamente el número de individuos al aumentar el diámetro, obteniéndose una línea con ligera pendiente negativa (figura 1 tipo 3). Otras siguen el modelo exponencial y, utilizando coordenadas semilogarítmicas, dan una línea casi recta, cuya pendiente puede ser muy variada (figura 1 tipo 4): las fuertes pendientes corresponden a especies sin ejemplares gruesos, pero con numerosos individuos de pequeño diámetro (figura 1, tipo 5). Otras, en coordenadas semilogarítmicas, presentan una concavidad dirigida hacia arriba o hacia abajo. Las que presentan concavidad dirigida hacia arriba, cuando el diámetro aumenta el número de árboles, decrece con mayor rapidez que en el modelo exponencial y para las que presentan una concavidad dirigida hacia abajo ocurre lo contrario. Así, las especies pertenecientes a los tipos 1 y 2 -y gran parte del tres- son especies de luz (nómadas); las pertenecientes a los tipos 4 y 5 son especies de sombra (esciófitas).

Existen especies que no pueden representarse por ninguno de los tipos anteriores: tal sucede con las que muestran un vacío relativo en la zona de diámetros intermedios y una acumulación aparente de individuos de diámetros gruesos.

El cociente entre el número de especies perteneciente a los tipos 4, 5 y las que presentan concavidades hacia arriba y hacia abajo en la distribución del logaritmo del número de árboles por clases de altura y el número total de especies constituye una medida del grado de equilibrio. Este cociente puede expresarse en función del número de individuos, área basimétrica, volumen o biomasa. Así se pueden comparar poblaciones distintas, un ejemplo es 0,75, expresado en área basimétrica, típico de una población en equilibrio.

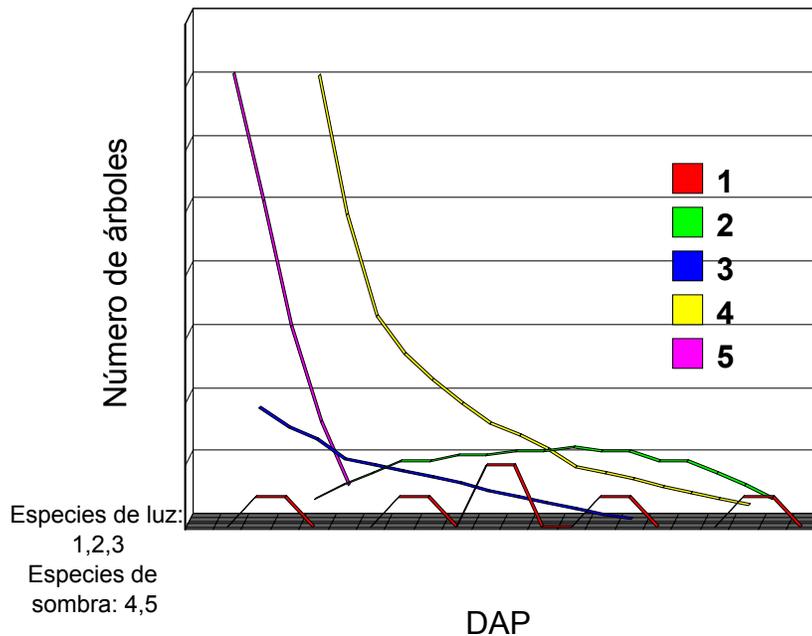


Figura 1. Distribución del número de árboles por clases diamétricas para distintos grupos ecológicos.

Otra clasificación del temperamento juvenil de los árboles es alcanzada por medio de la combinación de la historia vegetativa y las estrategias de reproducción desarrollada por Oldeman et al (1990), pues en la anterior clasificación de temperamentos, la estrategia de reproducción es usada para definir extremos y entre éstos son de mucha importancia las características de la copa y de las hojas. La siguiente es la nueva clasificación de temperamentos.

- a. “Hard Strugglers”: La descendencia es producida con poca frecuencia y en números pequeños. Las características de la copa permiten que el árbol complete su ciclo de vida en una sombra espesa dentro de unidades de regeneración bajo un dosel cerrado. Su tolerancia a la sombra es alta durante el ciclo de vida. Si se incrementan los niveles de luz es beneficioso -pero no indispensable- mientras que bruscas exposiciones a intensidades altas de luz es letal.
- b. “Strugglers”: La descendencia es producida con poca frecuencia y en pequeños números. Las características de las hojas y de la copa son flexibles, permitiendo un desarrollo tolerante a la sombra en estadios de plántula, pero esta tolerancia va reduciéndose hasta los estadios tardíos de desarrollo. Puede o no crecer hasta el dosel alto. A menudo, exposiciones abruptas a luz directa es perjudicial.
- c. “Gambling strugglers”: La descendencia es producida frecuentemente y en alto número. Las plántulas toleran sombra pero las demandas de luz se incrementan a medida que el individuo va creciendo. Crecen rápidamente y completan su ciclo de vida bajo el dosel.

- d. “Struggling gamblers”: La descendencia es producida frecuentemente y en alto número. Las características de las hojas y de la copa son flexibles, permitiendo que las plántulas toleren sombra, pero -inmediatamente después- éstas pasan a una fase de demanda de luz que es irreversible. Entonces éstos sólo pueden completar su ciclo de vida en la cubierta superior del dosel y si son cubiertos por otros árboles, mueren.
- e. “Gamblers”: La descendencia es producida en forma frecuente y en alto número. Las características de la copa y de las hojas no están adaptadas a la sombra, durante el crecimiento de plántulas a juveniles no toleran sombra pero más tarde son capaces de sobrevivir en cantidades muy bajas de sombra.
- f. “Hard gamblers”: La descendencia es producida frecuentemente y en enormes números. Las características de las hojas y de la copa son dadas desde la etapa de plántulas. Estos árboles sólo pueden sobrevivir y crecer con luz directa durante todo su ciclo de vida.

La fonología, especialmente la del componente de la cubierta arbórea, desempeña un papel importante en la dinámica del bosque, especialmente en las zonas con alternancia de estaciones. El brote y la caída de las hojas afectan el clima bajo la cubierta, la fenología floral afecta a los sistemas de reproducción y la fenología de la fructificación afecta los medios de dispersión (indirectamente a los medios de reproducción), y a las condiciones de germinación y establecimiento de las plántulas.

2.2.5 Estrategias de reproducción de los bosque tropicales (Bawa et al, 1991)

Las especies del trópico tienen mucha variación en cuanto al momento, duración y frecuencia de la floración. A nivel de comunidad, hasta un bosque húmedo sin estaciones muestra algún tipo de estacionalidad en cuanto a floración. La floración de congéneres o especies relacionadas es secuencial, si son polinizados por el mismo grupo de polinizadores.

Si la floración declina de un año a otro, también es posible que la competencia entre polinizadores aumente y que al final tengamos una mejor polinización y se equilibre la cantidad de semilla entre los dos años.

La fructificación en el bosque tiene mucha variación respecto al momento, duración y frecuencia; aunque a nivel de comunidad el nivel de fructificación es extremadamente estacional. El problema se encuentra cuando el modo en que el ciclo de vida de un individuo está ligado a la ecología de otra especie vegetal o animal y dificulta el desarrollo de una estrategia de manejo.

En el caso de los polinizadores, si una especie tiene una adaptación muy específica con un polinizador, entonces, el estudio de la población de polinizadores es tan necesario, como el estudio del temperamento de dicha especie.

La información sobre la fonología de la floración y fructificación, la interacción entre planta y polinizador, sistemas sexuales y de apareamiento al nivel de especies individuales y comunidades es crítico para el éxito en las prácticas de manejo y para crianza de árboles en el vivero.

2.2.6 Aspectos sobre la ecología de las semillas (Janzen et al, 1991).

El hábitat determina la relevancia de cualquier aspecto particular de la ecología de las semillas. El conocimiento actual sobre la biología de las semillas es improbable que provea respuestas para un tipo particular de manejo.

Cada semilla tiene una larga y compleja historia fisiológica -el momento de la fructificación, tamaño de las reservas, duración del desarrollo, propiedades químicas de defensa, genética, etc.- pero una semilla tiene también un complejo futuro -dispersores, condiciones de germinación, predadores, dormancia, micro demografía y microdemografía de deposición y sobrevivencia, entre otros-.

Los patrones de producción de semillas varían con el individuo, población, año, estación y hábitat. Como regla general se tiene que los árboles del dosel superior tardan mucho tiempo de una producción de semilla a otra y tienden a ser más sincronizados al nivel de población y hábitat que las especies de sucesión secundaria.

La semilla del bosque es usualmente producida por polinización cruzada. La polinización por viento casi no existe. La polinización cruzada por animales es en extremo variable. La dispersión por animales se da en el 75% de las especies maderables. Como los animales se mueven largas e irregulares distancias, realizan la polinización de flores y la dispersión de semillas. Bajo tales condiciones los individuos son genéticamente más mezclados.

En el 90% de las especies de árboles, el 50% de la semilla es predada entre fructificación y germinación por animales y hongos. Esta predación ha sido parte de los ecosistemas por años. Es evidente que cualquier cambio podría modificar el equilibrio, pues éstos remueven gran parte de la descendencia antes de que ésta pueda mostrar sus características de competitividad, y muchas de estas especies de predadores son dispersores de semilla. Entonces, para poder hacer manejo del bosque hay que saber manejar los predadores.

La dispersión de semillas por distintos agentes es esencial para que las áreas perturbadas del bosque vuelvan a su estado original. Las semillas deben poder llegar a los claros o estar seguras en algún sitio antes de que traten de sobrevivir y crecer.

La mayoría de las especies del bosque tropical no presentan o presentan una corta dormancia, razón por la cual una gran cantidad de árboles no son mantenidos en el banco de semillas del suelo. Por tal razón, se tiene que poner especial atención en la localización de los árboles padres, árboles jóvenes, predadores y agentes dispersores.

2.2.7 Proceso del ciclo de nutrimentos (Jordan et al, 1991).

Tres procesos son especialmente importantes en regular el ciclo de nutrimentos en los ecosistemas: producción primaria, descomposición y respiración del suelo. En el trópico hay mayor y continua fotosíntesis y producción de madera, que en otras regiones. Hay también descomposición continua, lo que conlleva a que exista menos materia orgánica que en regiones más frías. La respiración en el suelo se da por la actividad de las raíces y de la descomposición, o sea que los patrones de respiración del suelo siguen los patrones de producción primaria y descomposición.

Los ecosistemas tropicales tienen una gran capacidad de pérdida de nutrimentos. La alta respiración en el suelo lo acidifica continuamente fijando -entre otros- al fósforo. El clima cálido y la humedad favorece la volatilización de nutrimentos, la volatilización del nitrógeno es gobernado por los microorganismos del suelo.

El ecosistema sobrevive a estas pérdidas mediante varios mecanismos que minimizan las mismas. Entre estos mecanismos, tenemos:

- Gran biomasa de raíces.
- Concentración de raíces cerca a la superficie, mecanismos por los cuales compiten mejor con los descomponedores de nutrientes.
- Los árboles toman nutrientes antes que lleguen al suelo mineral.
- Raíces aéreas.
- Micorrizas.
- Tolerancia a suelos ácidos.
- Especies adaptadas a baja disponibilidad de nutrientes.
- Pueden tomar más nutrientes de los que necesitan durante la época de abundancia.
- Larga vida de hojas por su morfología y fisiología.
- Alelopatía
- Rápida translocación de nutrientes antes de la abscisión que produce la caída de hojas.
- Uso eficiente de los nutrimentos.
- No producen gran cantidad de semilla.
- Gran concentración de sílica en muchos ecosistemas que reemplaza el fósforo fijado al hierro y al aluminio.
- Corteza gruesa que protege contra heridas y plagas.

2.2.8 Desarrollo de las especies arbóreas.

La falta de anillos de crecimiento dificulta sobremanera la investigación sobre el desarrollo de determinadas especies arbóreas o grupos de ellas.

Investigaciones histoquímicas realizadas por Fink (1982), citado por Lamprecht (1990), muestran que la madera nueva de 10 especies decíduas, formada en la época lluviosa, carece por largo tiempo de almidón. Por consiguiente, se podrían utilizar las zonas libres de almidón para determinar la edad, pero aún falta experiencias al respecto.

Aunque las especies formen anillos de crecimiento, el conteo de éstos puede inducir errores sobre su edad aproximada, porque estudios realizados reportan que ciertas especies no reportan crecimiento alguno en diámetro por ciertos períodos de tiempo, según su temperamento (FAO, 1974).

El método para determinar la edad aproximada empleado se basa en el lapso de tiempo promedio que requieren los árboles para pasar de una determinada categoría diamétrica a la próxima superior. Para ello se miden periódicamente los diámetros, luego es calculado el incremento anual para cada clase diamétrica por separado. Después de unas cuantas repeticiones, es posible estimar el tiempo promedio de paso por cada clase diamétrica y determinar aproximadamente la relación diámetro/edad. La confiabilidad de los resultados depende de la homogeneidad del sitio, el tamaño de la población y su distribución en categorías diamétricas, el número de repeticiones, la duración total de la investigación y la exactitud de las mediciones. (Lamprecht, 1990).

Para árboles carentes de anillos anuales, el análisis del crecimiento vertical es aún más problemático que el del crecimiento diamétrico. Resultados confiables sólo pueden obtenerse con mediciones periódicas directas, durante muchos años. Los resultados obtenidos de plantaciones no son extrapolables al bosque natural (Lamprecht, 1990).

Según Whitmore (1975), citado por Lamprecht (1990), la altura final es alcanzada en un período que tiene una duración que va desde $1/3$ a $1/2$ del tiempo total necesario para llegar al diámetro final.

A continuación se esbozan los procesos de desarrollo correspondientes a las heliófitas pioneras, heliófitas oportunistas y esciófitas, en lo que respecta a su relación entre el tiempo y su desarrollo diamétrico o en altura (Lamprecht, 1990).

Para las especies heliófitas pioneras se puede determinar de forma bastante sencilla su desarrollo en el tiempo pues, a menudo, se puede determinar la fecha de la destrucción del bosque original o la fecha de la repoblación y así se obtiene la edad del rodal. Los estudios relacionados con estas especies pioneras indican que los géneros de pioneras colonizadoras típicas en América son *Ochroma*, *Cecropia* y *Trema*.

El crecimiento de las heliófitas pioneras, tanto en diámetro como en altura, está influenciado por las condiciones del medio ambiente. Pero en cualquier situación observamos un crecimiento sorprendentemente rápido en la juventud. En general, el crecimiento en diámetro se reduce notoriamente a partir de los diez años y concluye aproximadamente a los 20 años, este es el caso de *Ochroma lagopus*, por ejemplo.

Las especies de los bosques clímax, generalmente, presentan las siguientes características: crecen muy lentamente, con más lentitud de lo que podría esperarse de acuerdo a las condiciones favorables de temperatura y precipitación. Sin embargo, hay que considerar que entre los individuos existen grandes diferencias entre el más rápido y más lento crecimiento. Para una misma especie, los individuos con igual diámetro pueden presentar diferencias considerables de edad. La fase de crecimiento se puede prolongar hasta varios siglos. Las especies de los pisos inferiores presentan el menor crecimiento vertical y diamétrico y también pueden alcanzar edades muy altas.

Por lo anteriormente expuesto, existen tres fases:

- Fase joven, con muy poco crecimiento, que puede durar hasta 100 años.
- Fase de crecimiento acelerado, con incrementos diamétricos acelerados, que puede durar de 200 a 400 años
- Fase de crecimiento de reducción, originada por la edad, la cual concluye con la muerte y vejez.

Se puede asumir que las especies heliófitas oportunistas muestran un patrón de comportamiento similar a las esciófitas de primer porte. Se diferencian en que las oportunistas toleran menos y por muy poco tiempo la sombra, pero también por una fase joven mucho más corta y un surgimiento más rápido. Si se producen suficientes condiciones de insolación, alcanzan posiciones dominantes o predominantes mucho más rápido que las esciófitas y las pueden mantener por igual tiempo que éstas.

Comportamientos típicos de especies oportunistas presentan *Cedrela*, *Cordia alliodora*, *Agathis*, *Araucaria* y otras. El comportamiento regenerativo de algunas especies oportunistas corresponde al de las secundarias tardías y pioneras longevas. Ésto es válido también para su desarrollo posterior.

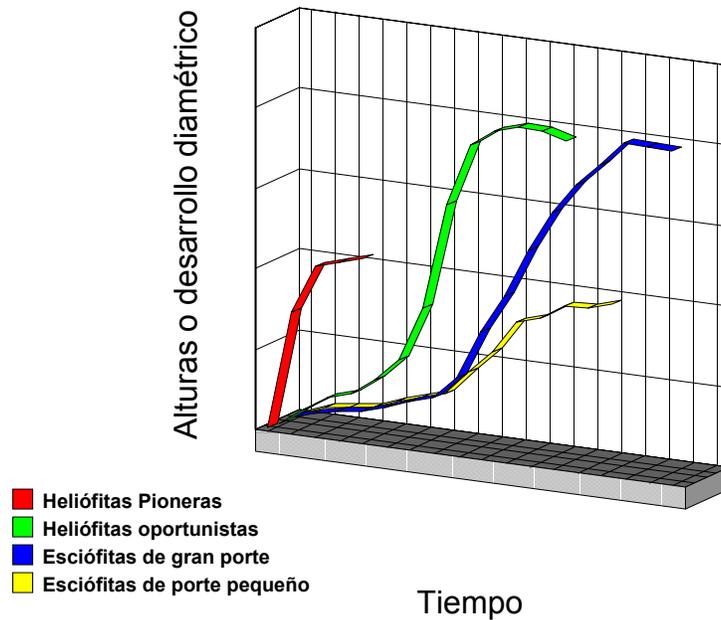


Figura 2. Los diferentes esquemas de desarrollo de las especies en los bosques húmedos, tomado de Lamprecht (1990).

2.2.9 Dinámica del vuelo

Los criterios de clasificación de las etapas sucesionales se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Algunas características del componente arbóreo de las etapas sucesionales en los bosques húmedos del trópico americano.

	Pioneras	Secundaria temprana	Secundario tardío	Clímax
Edad de las comunidades observadas	1 - 3	5 - 15	20 - 50	Más de 100
Número de especies leñosas	Pocas, 1 - 15	Pocas, 1 - 10	30 - 60	Hasta 100 ó algo más
Composición florística de los árboles dominantes	Euphorbiaceae, <u>Cecropia</u> , <u>Ochroma</u> , <u>Trema</u>	<u>Ochroma</u> , <u>Cecropia</u> , <u>Trema</u> , <u>Heliocarpus</u> los más frecuentes	Mezcla, muchas Meliaceae, Bombacaceae, Tiliaceae	Mezcla, excepto asociación edáfica
Lapso de vida de los árboles dominantes	Muy corto, menos de 10 años	Corto, 10 - 25 años	Usualmente 40 - 100 años, algunos más	Muy largo, 100 - 1000, algunos probablemente más
Hojas de los dominantes	Siempre verde	Siempre verde	Muchas decíduas	Siempre verde

Tomado de Budowski (1965), citado por Salcedo (1986).

El desarrollo inicial del bosque en una superficie deforestada y libre de remanentes de bosque primario se puede diferenciar en las tres siguientes fases (Lamprecht, 1990):

- Matorral pionero: Caracterizado por una vegetación arbustiva densa, composición florística casual compuesta por sobrevivientes, plántulas de semillas existentes y por especies inmigrantes (pioneras).
- Bosques secundarios: Dominados por especies arbóreas agresivas de rápido crecimiento y heliófitas. Su ventaja se debe a la omnipresencia de semillas y al crecimiento vertical acelerado. La abundancia relativa de los pioneros aumenta más de cuatro veces. Tiende a la formación de un vuelo de dos pisos, donde el piso superior es denso y casi puro. Del sotobosque ascienden especies menos exigentes a la luz y la estructura vertical se estratifica.
- La tercera fase se caracteriza por la eliminación de muchos árboles por competencia intra específica e inter específica. Se suman al piso superior las especies oportunistas, con un comportamiento poco agresivo.

Investigaciones sobre el desarrollo del bosque de transición coinciden en los siguientes resultados:

- El número de especies por área se incrementa con el progreso de la sucesión, las abundancias se reducen, los cocientes de mezcla son altos y luego decrecen y se aproximan a valores del bosque clímax.
- Las especies de bosque primario con semillas pesadas adquieren mayor importancia en la composición.
- Los bosques se vuelven florísticamente más heterogéneos.
- El retorno de especies del bosque clímax depende del tipo de dispersión de semillas, así por ejemplo, las que se transporta por el viento. El alcance de su dispersión depende de la distancia a la que se encuentran los árboles padres.
- El número de especies con árboles semilleros fértiles y con regeneración aumenta con el desarrollo del bosque, es decir, inmigración de especies y retorno de especies prácticamente concluye.
- El porcentaje de especies sin regeneración aumenta con la edad del bosque, las más afectadas son las pioneras.

La fase tardía del desarrollo de los bosques de transición dura entre 60 y 80 años. Se encuentran muchas semejanzas fisonómica con los bosques clímax. Poseen tres o más pisos, gran heterogeneidad florística y en dimensiones. Muchas veces, la gran cantidad de especies oportunistas ubicadas en posiciones dominantes y predominantes permite reconocer el carácter secundario del bosque. Los pisos inferiores del dosel están compuestos por especies esciófitas, en su mayor parte. La regeneración -si es que existe- está compuesta por especies tolerantes a sombra por largos períodos.

El bosque secundario se puede reconocer más fácilmente por el vestigio de anteriores intervenciones antropogénicas que por la fisonomía del vuelo en sí.

Es difícil determinar en forma confiable el tiempo que requiere un bosque de sucesión para alcanzar el estado clímax, además que, a menudo, el retorno es irreversible. La restitución del equilibrio dinámico requiere de mucho tiempo, que pueden ser hasta siglos (Quevedo, 1986).

La alta estabilidad de los bosques clímax se debe a la diversidad en cuanto a especies, edad, dimensiones, longevidad de muchos de sus miembros, entre otros.

Las características de los bosques clímax son -entre otros- la abundancia de especies, algunas de las cuáles son endémicas o de distribución bastante restringida. En general pueden encontrarse más de 100 especies arbóreas diferentes en una sola comunidad. La ocupación del espacio es muy completa y el reconocimiento de estratos de la estructura vertical a menudo se hace difícil, aunque por lo general se reconocen entre cuatro o cinco. El dosel superior alcanza más de 30 a 45m, con algunos árboles emergentes de mayor tamaño con copas de forma variada. La madera es moderadamente densa, pesada y de crecimiento lento. La distribución del número de árboles por clases de diámetro en forma de J invertida (UNESCO et al, 1980).

En los bosques maduros la colonización de los claros con un área mayor a 1000 m² se produce por las especies pioneras, pues con su crecimiento vertical agresivo inhiben el crecimiento de las especies primarias, las cuales también están presentes. La colonización en claros menores a 1000 m² se produce por las especies oportunistas y favorecen a las especies esciófitas que necesitan de algo de luz, por lo menos en alguna etapa de su crecimiento (Whitmore, 1991).

Casi 2/3 de todas las especies arbóreas existentes en el piso superior de un bosque maduro son oportunistas. Su regeneración necesita de claros o aperturas.

Como las condiciones ecológicas se transforman -incluso dentro de claros con dimensiones reducidas- entonces, también en pequeñas áreas se producen diferencias marcadas en las condiciones para la regeneración en crecimiento y la que está en estado de espera.

En el centro de los claros grandes muchas veces se extiende con rapidez una cobertura de maleza, la cual al principio impide el desarrollo de las especies arbóreas. Las condiciones más favorables para el establecimiento de la regeneración se encuentran probablemente en las semisombras de los márgenes del claro. Ésto es válido para la regeneración de especies oportunistas aptas para el desarrollo.

Es poco probable que especies oportunistas conquisten una posición dominante cuando la insolación desde arriba se intensifica suficientemente, debido a que es poco probable que se presenten todos los factores favorables y que persistan desde la germinación hasta su total desarrollo. Ésto explica por qué los representantes de éste grupo no son muy frecuentes en el bosque clímax. Su abundancia elevada en el piso superior se puede explicar por la longevidad de individuos que conquistaron posiciones dominantes.

Las especies esciófitas se distinguen de las oportunistas en los siguientes aspectos:

- Requieren menos insolación para una propagación exitosa.
- Pueden persistir por mucho más tiempo en estado de espera, sin perder su capacidad de reacción.
- Reaccionan con un crecimiento vertical acelerado a leves aumentos de luz.
- No sólo pueden permanecer por más tiempo en el piso inferior, sino también en el medio.
- Crecen de una forma lenta a medianamente rápida y continua, demorando más tiempo en alcanzar una posición dominante.

2.3 TIPOLOGÍA FORESTAL CON FINES DE MANEJO

Se entiende por tipología, el estudio de las características morfológicas de los individuos a tipificar y sus rasgos más importantes (Larousse, 1993).

Según Budowski (1970), "clasificar es parte esencial de cualquier ciencia y se basa en el arreglo ordenado de datos o hechos conocidos. Una clasificación bien comprendida y aplicada correctamente constituye una base para muchos estudios científicos". El autor también considera que la clasificación de la vegetación representa hoy en día un dilema en la definición, descripción y delimitación de las comunidades vegetales; ello ha conducido a que, desafortunadamente, no exista una clasificación universal que sea reconocida.

Matteuci (1982), señala que el objetivo más importante de los estudios de vegetación es el de llegar a establecer correlaciones o asociaciones entre los parámetros de ordenamiento espacial de la vegetación y los factores ambientales y formular hipótesis acerca de las relaciones causales entre las respuestas de la vegetación y los factores del ambiente.

En la actualidad, existen muchos sistemas de clasificación, los que se utilizan a nivel mundial, regional o local; pero hasta el momento no hay un sistema de aplicación generalizada que permita determinar unidades taxonómicas de menor escala de bosques húmedos tropicales que permitan desarrollar planes de manejo forestal (Salgado, 1986).

El grado de tipificación deseado dependerá de las finalidades que se pretendan obtener y dentro de cada finalidad será de forma diferente. Una tipificación para fines de manejo extensivo, como, por ejemplo, bajo un sistema de diámetro mínimo de corta será muy diferente a una tipificación para fines de investigación ecológica detallada. (Vincent, 1970).

Seth (1955), afirma que el grado de conocimiento influye sobre el grado de tipificación. Cuando se empieza a estudiar un bosque no es posible tipificar, sino en un grado muy reducido. A medida que se obtiene información, el grado aumentará hasta llegar al nivel que concuerda con la intensidad de manejo que se desee.

De manera general, se pueden reconocer -por lo menos- cuatro grandes enfoques utilizados para clasificar la vegetación: fisionómico, ecológico o climático, florístico y evolutivo o dinámico. De estos cuatro grandes enfoques se puede obtener un sinnúmero de combinaciones, como lo son los enfoques eco-fisionómicos de Yangambi en África (Aubreville, 1965), o fisio-climáticos de Holdridge (1982), en la clasificación de zonas de vida (Salcedo, 1986).

Tosi (1976), ha desarrollado una metodología con base en las consideraciones teóricas hechas por Holdridge, que se basa en un estudio pedológico detallado y -en ciertos criterios- florísticos permitiendo identificar y delimitar asociaciones. Esta metodología se puede resumir en:

1. Delimitación de agrupaciones naturales de asociaciones determinadas por la integración de tres parámetros ecológicos: bioclima, material parental o litología de la superficie y forma terrestre mayor o paisaje morfológico.
2. Verificación en el campo mediante análisis de vegetación y suelo.
3. Mapificación de las asociaciones identificadas.

Muchos autores coinciden con Holdridge (1977) y Tosi (1976), al considerar los parámetros fisiográficos para el reconocimiento de las asociaciones. Lieberman et. al. (1985), considera a la topografía -variaciones edáficas- como las principales variables para diferenciar las comunidades vegetales o tipos de bosque en una zona de estudio.

En América tropical se han desarrollado tres sistemas de clasificación basados en criterios geomorfológicos y fisiográficos, que son los sistemas de Tosi, Malleux y el Centro Internacional de Fotointerpretación (Valencia, 1986), los dos últimos no reconocen unidades fisiográficas por sólo abarcar formas terrestres visibles en fotografías aéreas, sin tomar en cuenta los demás factores físicos del medio ambiente, como clima, suelos, etc.

Publicaciones realizadas por la ONU (1974), afirman que, con fotografías aéreas de gran escala (1/200 ó 1/3000), se pueden estimar parámetros de la masa. En bosques templados, con un número limitado de especies a reconocer, se puede medir la altura de los árboles dominantes y codominantes, la densidad de la cubierta de copas, el diámetro de copas individuales, etc. Se usan escalas pequeñas o medias (1/10000 o 1/25000), se usan generalmente sólo para estratificación y estimación de superficies arboladas en los inventarios forestales, donde todos -o la mayor parte de las mediciones- se harán en trabajo de campo. En resumen, la escala más apropiada dependerá del refinamiento que se desee hacer la estratificación.

Para Braun-Blanquet (1979), las fotografías aéreas no pueden -de ningún modo- sustituir el trabajo que se realiza desde el suelo, pero constituyen una buena base y podrían ser útiles si a la fotointerpretación se la acompañan de estudios acerca de las características del suelo.

Vincent (1970), desarrolló una metodología propia para delimitar los tipos de bosque con fines de manejo silvicultural en los llanos accidentales venezolanos, que se basa en los siguientes parámetros: estratificación, altura de cada estrato, cobertura de cada estrato y total, caducifolia de cada estrato y total y composición florística de cada estrato, también integró aspectos edáficos y topográficos. El mismo autor indica que existen varias limitantes en su metodología y es difícilmente generalizable por las siguientes razones:

1. El reconocimiento de los estratos es arbitrario y subjetivo.
2. Para la clasificación es fundamental área basal y caducifolia, este último fenómeno no ocurre en los bosques tropicales siempre verdes, en donde la precipitaciones generalmente se distribuyen regularmente a lo largo del año.

En resumen, no existe una metodología comprobada que se pueda aplicar para la delimitación de asociaciones boscosas tropicales o para el establecimiento de los linderos entre uno y otro tipo de bosque, pero se llegó al consenso de que el relieve, el suelo y la flora -cuando existen condiciones climáticas homogéneas y variaciones de vegetación sobre cortas distancias- son parámetros útiles para una clasificación acertada (Salcedo, 1986).

2.3.1 Características de los bosques latifoliados maduros de alta precipitación de los trópicos y subtrópicos.

La composición florística en los bosques maduros de los trópicos y subtrópicos se caracteriza por la abundancia de especies, donde algunas son endémicas o de distribución restringida. En general, la mayoría de todas las especies tienen un crecimiento lento (Budowski, 1965).

El mismo autor menciona que la ocupación del espacio es completa y el reconocimiento de estratos en la estructura vertical se hace difícil por encontrarse de cuatro a cinco. El piso superior tiene individuos emergentes solitarios -que sobresalen del dosel promedio- que se encuentran entre 30 a 45 metros de altura. La mayoría de las especies son tolerantes a la sombra hasta que pueden alcanzar un estrato superior, existe un índice de cobertura del 80 a 90%. Generalmente, el estrato inferior está ocupado por palmas, regeneración natural, helechos, bejucos, plantas perennes y herbáceas, etc.. Sus semillas o frutos son pesados y caen cerca de los árboles padres, los otros son diseminados por el viento, mamíferos y pájaros. Su madera es moderadamente densa y pesada.

2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS BOSQUES LATIFOLIADOS MADUROS

A continuación se hace una descripción de la metodología utilizada para caracterizar los bosques latifoliados maduros

2.4.1 SUPERFICIE DE MUESTREO

En la mayoría de los estudios sobre vegetación no es factible enumerar y medir todos los individuos de la comunidad. Por ésto hay que realizar muestreos de la misma y estimar el valor de los parámetros de la población. Aunque fuera posible localizar y medir todas las unidades de la población, la información que se obtendría no sería más útil ni más significativa que la derivada de un muestreo adecuado (Matteucci; Colma, 1982).

Para que un estudio del bosque tenga realmente validez, es necesario seleccionar adecuadamente el tamaño de la muestra a evaluarse, es decir determinar el área mínima a muestrear. El área mínima es aquella que, por debajo de la misma, toda comunidad no puede expresarse como representativa. Esta área mínima ha sido tradicionalmente determinada mediante la aplicación de un criterio: la relación especies-área. Por ejemplo, Cain, citado por Matteucci; Colma, 1982, fija como área mínima la superficie a partir de la cual, hay un aumento inferior a 10 por ciento del número de especies registradas, cuando se aumenta el área de levantamiento en un 10 por ciento.

El tamaño del área mínima dependerá, en gran parte, de la homogeneidad del bosque, de las variaciones de suelo (especialmente retención de agua y cercanía de la capa freática) y de la pendiente que pueda aparecer cuando se extiende el área de muestreo (Quevedo, 1986).

Otro aspecto fundamental para la validez de este tipo de estudios es la uniformidad de las unidades de muestreo. Para que éstas sean realmente representativas del área total, deben establecerse con la mayor homogeneidad posible en el suelo, ubicándolas selectivamente en áreas representativas de la comunidad y con la mayor uniformidad posible, en cuanto a topografía, suelos y otras características que influyen en el hábitat de desarrollo de la vegetación (Matteucci y Colma, 1982).

Según Lamprecht (1964), además de la ubicación correcta de las parcelas de muestreo, el número y las dimensiones de las mismas son de importancia primordial para la validez, la significancia y la comparabilidad estadística de los resultados.

Matteucci y Colma (1982), listan una serie de características que debe llenar el muestreo para que sea representativo y maximice el uso del tiempo y los recursos. Tales características son las siguientes:

- Selección y delimitación de la zona de estudio.
 Este paso es necesariamente subjetivo y depende de los objetivos del estudio. Los criterios para delimitar y seleccionar la zona varían, van desde los de índole administrativo hasta los ambientales o vegetacionales.
 Es de vital importancia expresar claramente cuál es el criterio de selección utilizado, puesto que los resultados y conclusiones obtenidos sólo serán aplicables para la zona delimitada.
- Situar la muestra y las unidades muestrales.
 El método a seguir para ubicar la muestra y las unidades muestrales se refiere al patrón espacial que ellas tendrán, una vez ubicadas dentro de la zona de estudio. Este patrón puede ser preferencial, aleatorio, sistemático o aleatorio restringido.
- Determinación del tamaño de la muestra.
 Cuanto mayor sea el área de muestreo, más precisa será la estimación de los resultados. Sin embargo, dado el gran costo de muestreo (especialmente en tiempo y esfuerzo) es necesario llegar a un compromiso tal, que el tiempo invertido sea equiparable a la cantidad y calidad de la información recuperada.
 Existen varios criterios para decidir el tamaño de la muestra. En algunos estudios se ha utilizado la relación entre la superficie muestreada y la superficie total, escogiéndose como tamaño de muestra un porcentaje de la superficie total. En estudios que requieren mayor rigurosidad estadística, se exige determinado nivel de precisión de la media. Cuando ésto ocurre es posible predecir el número de unidades muestrales necesarias para obtener determinado nivel de precisión.
 Un criterio más sencillo se basa en el grado de fluctuación de la media de las unidades de muestreo. Se grafica la media de la variable en función del número de unidades muestrales, con pocas unidades, a medida que aumenta el número de unidades muestrales, el valor de la media se estabiliza y es aquí donde se considera el punto óptimo de unidades muestrales para realizar el estudio.
 Algo similar ocurre al utilizar la relación especies-área para determinar el tamaño óptimo de muestra. Se grafica el número de especies que se encuentran en relación al área. Al comienzo, a medida que crece el área de muestreo, fluctua grandemente el número de especies encontradas, pero luego se va estabilizando, llegando a un punto donde varía relativamente muy poco y es aquí donde se toma el tamaño óptimo de muestra.
- Determinación de unidades muestrales.
 Estas deben satisfacer tres requisitos importantes:
 - 1-. Deben distinguirse claramente.
 - 2-. Las reglas de inclusión y exclusión del material vegetal a medir deben establecerse de antemano y deben ser respetadas durante la obtención de los datos.
 - 3-. Una vez seleccionados el tamaño y la forma de las unidades deben mantenerse tan uniformes como sea posible a lo largo del trabajo.

El tamaño de las unidades muestrales muchas veces se determina de acuerdo a las características de los individuos que se van a medir. Si estos individuos que se van a medir son pequeños o muy abundantes es preferible utilizar unidades pequeñas; en cambio, si son individuos muy grandes o muy espaciados las unidades de medición grandes son las más adecuadas.

Las unidades muestrales varían mucho de forma. Éstas pueden ser circulares, cuadradas, rectangulares o bien se pueden utilizar transectas. En realidad, muchas veces la forma de las parcelas está determinada directamente por el criterio del investigador.

2.4.2 PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN A LAS COMUNIDADES ARBOREAS, MADURAS DE LOS TRÓPICOS Y SUBTRÓPICOS

A continuación se detallan los parámetros más utilizados para caracterizar las comunidades arbóreas maduras.

2.4.2.1 Estructura

La palabra estructura es un término bastante vago, debido ha que a ido adquiriendo diferentes significados a través del tiempo. Se ha utilizado al hablar de distribución de árboles en clases diamétricas (Meyer et al, 1943, Meyer, 1952, Lenger, 1954, Turnbull, 1963, White, 1963, Rollet, 1969 y Mervart, 1971 citados por UNESCO et al, 1980), de la distribución del área basimétrica en clases diamétricas (Turnbull, 1963 citado por UNESCO et al, 1980), de los componentes de la biomasa (Golley et al, 1969 citado por UNESCO et al, 1980), distribución de los individuos en tipos biológicos o en estratos (Richards, 1939 citado por UNESCO et al, 1980), para designar la arquitectura del bosque, para determinar las comunidades vegetales (Golstein et al, 1972 citado por UNESCO et al, 1980), arquitectura de la cubierta arbórea (Bruning, 1970 citado por UNESCO et al, 1980) y a este mismo término se le ha agregado el concepto de distribución en clases de edad (Jones et al, 1945 citado por UNESCO et al, 1980).

Por lo tanto, es posible hablar de estructura de diámetros, estructura de alturas totales, de copas o de cubierta arbórea, de estructura espacial global (gregaria, homogénea), de estructura espacial de una especie, de estructuras de riqueza florística (curva área-especies), de diversidad florística, de asociaciones de especies o de estructura equilibrada (UNESCO et al, 1980).

Estructura es cualquier situación estable o evolutiva no anárquica de una población o comunidad en la cual, aunque mínima, puede detectarse algún tipo de organización representable por un modelo matemático, una ley estadística de distribución, una clasificación o un parámetro característico (UNESCO et al, 1980).

En cualquier caso, la vegetación de los bosques tropicales presenta, evidentemente, ciertas agrupaciones preferentes de especies. Por ejemplo, dominancia de tipos biológicos, determinadas asociaciones de especies o rodales de árboles en ciertas situaciones topográficas. Existen, además, tipos más sutiles de agregación cuya detección exige un tratamiento profundo de los datos .

-Distribución de diámetros por especies.

Esta distribución sirve para clasificar las especies dentro de grupos ecológicos, lo que se discute con mayor detalle a continuación.

Según UNESCO et al, 1980, el área basimétrica es la suma de las secciones de los fustes a la altura de 1,3 m sobre los suelos (DAP), pertenecientes a todos los árboles de una superficie determinada y mayores a cierto diámetro. Esta área nos da una idea del grado de ocupación del espacio por los árboles en un área determinada y a varios límites inferiores de diámetros. Generalmente se expresa referente a una hectárea y a varios límites inferiores de diámetros, por ejemplo, mayores o iguales a 10 cm de DAP.

Según Lamprecht (1990) los bosques montanos ombrófilos presentan áreas basimétricas mayores que los de tierras bajas. Las magnitudes oscilan entre 40 - 60 m²/ha para los primeros y entre 30 - 40 m²/ha para los segundos. Sin embargo, esta generalización debería confirmarse con un muestreo más amplio.

En los bosques tropicales el concepto de área basimétrica es algo arbitrario porque, debido a las raíces tabulares, los diámetros se miden a alturas variables del fuste.

La fluctuación en la distribución de árboles por clases dimétricas presenta como consecuencia áreas basimétricas con fuerte variabilidad, ya sea entre muestras de la misma región, entre regiones o entre varios países. Si se consideran parcelas pequeñas, la variación es mayor. En la práctica, la distribución de las áreas basimétricas toma la forma de una campana asimétrica con una larga cola para los diámetros gruesos (UNESCO et al, 1980).

-Distribuciones espaciales (UNESCO et al, 1980).

Estos estudios definen con precisión los conceptos de homogeneidad y gregarismo referidos a la vegetación. Por definición, se dice que una especie presenta una distribución espacial homogénea si sus individuos se hallan esparcidos al azar. En tal caso, la probabilidad de encontrarla en una parcela es constante (concepto de homogeneidad) e independiente de su ausencia o presencia en parcelas contiguas (ausencia de gregarismo).

Existen diversas aproximaciones posibles, unas consideran la presencia o ausencia de una especie en cada parcela muestra (frecuencia); otras el número de individuos que existe de una especie (abundancia).

-Distribución de presencias o ausencias por especies.

Se ha utilizado pocas veces en bosques tropicales, pues para su aplicación debe disponerse de largas bandas continuas o de grandes superficies de muestreo. La homogeneidad en la distribución se cuantifica mediante el número de sucesiones continuas de su presencia o ausencia, a lo largo de parcelas adyacentes. La influencia del tamaño de parcela se estudia agregando sistemáticamente parcelas contiguas para formar nuevas muestras (UNESCO et al, 1980).

-Distribución espacial del número de árboles por especie.

Existen varios modelos, como el de distribución al azar de Poisson, el de distribución contagiosa de Neyman y el de Thomas. Todos ellos para diversos tamaños de parcela y diámetros. Existen algunas dificultades a la hora de interpretar los resultados: las conclusiones varían irregularmente con las diferentes dimensiones mencionadas y las preferencias de unos y otros modelos pueden parecer arbitrarias. Skellam citado por UNESCO, et al, 1980 demostró que modelos distintos pueden dar distribuciones idénticas. Estos modelos proporcionan resultados satisfactorios a la hora de aceptar o rechazar la hipótesis de una distribución aleatoria, siendo el de Poisson el más riguroso y refinado.

El que los individuos de una especie muestren tendencias gregarias en parcelas de un determinado tamaño no significa, necesariamente, que la especie forme agregados o rodales en el sentido de un silvicultor. Por lo tanto, es posible analizar la distribución espacial utilizando simples criterios de presencia o ausencia, ya sea en parcelas, o con el método de sucesiones continuas. Los estudios se realizan para un cierto tamaño de parcela y un límite inferior determinado de alturas o diámetros normales (UNESCO et al, 1980).

Los estudios acerca del gregarismo (ausencia de homogeneidad) manifiestan el comportamiento de las especies respecto a la regeneración natural y a la competencia interespecífica (UNESCO et al, 1980).

-Expresiones cuantitativas de la diversidad y riqueza florística.

La composición florística del bosque cambia gradualmente cuando se consideran superficies cada vez mayores y diámetros o alturas cada vez menores. Por ello, es necesario precisar tanto las superficies como el tamaño de los individuos y comparar áreas de las mismas dimensiones (UNESCO et al, 1980).

Se llama riqueza florística al número total de especies de cualquier tamaño que viven en un área dada (UNESCO et al, 1980).

La diversidad florística viene dada por la distribución de los individuos entre las especies presentes (UNESCO et al, 1980).

Siempre ha sido difícil representar de manera adecuada el lugar que una especie ocupa en la naturaleza. De ahí, los diversos sistemas de ponderación: el número de individuos, el volumen, la biomasa, el índice de complejidad de Holdridge, el índice biotaxonómico de Vareschi, el índice de significación ampliada de Finol o el índice de valor de importancia de Curtis y McIntosh (UNESCO et al, 1980).

A continuación detallamos los aspectos más importantes de la riqueza y diversidad florística:

- Riqueza florística

Número de especies en una superficie determinada. Curva especies-área.

Consiste en contar el número de especies presente en los primeros “n” individuos enumerados. El valor “n” varía según los autores; Brunig, considera los 100 primeros individuos; Rollet, utiliza un número inferior. El método es algo artificioso, ya que los “n” individuos ocupan una superficie variable, por lo tanto resulta preferible considerar un área determinada. Para comparar la riqueza florística en distintas muestras, es preciso considerar superficies iguales e idénticos límites de tamaño mínimo en los árboles considerados. De esta manera nace la idea de representar un gráfico, la curva que relaciona el número de especies con la superficie muestreada. También pueden establecerse curvas referidas a una misma región, pero considerando diferentes límites de tamaño de los individuos incluidos en el censo (UNESCO et al, 1980).

Se presentan problemas de muestreo acerca de la colocación de las parcelas para establecer la curva. Es evidente que el número de especies encontradas será mayor si las parcelas, en lugar de contiguas se hallan muy alejadas unas de otras. Por consiguiente, el muestreo con bloques, bandas alargadas, cuadrícula con malla más o menos ancha, introducen modificaciones en la curva teórica (UNESCO et al, 1980).

- Diversidad florística

La diversidad florística se obtiene relacionando matemáticamente el número de individuos con el correspondiente número de especies. El cociente de mezcla de Jentsch (1911), consiste en la razón, número de individuos y número de especies. En realidad, carece de significado si no se precisa la superficie de muestreo y el límite inferior de diámetro considerado. Como su valor aumenta de manera constante con la superficie, no resulta de gran interés (UNESCO et al, 1980).

UNESCO et al, 198, propone aproximaciones más interesantes propuestas por Fischer et al, 1943, Preston, 1948 y 1962, Williams, 1964 y el uso de la teoría de la información.

2.4.2.2 Caracterización de la organización horizontal

A continuación estudiaremos los parámetros más importantes de la organización horizontal.

- Riqueza y diversidad florística.

La riqueza y diversidad de la flora arbórea son dos de las características más sobresalientes de los bosques tropicales (Lamprecht, 1964).

La riqueza trata del incremento de especies en superficies crecientes, a partir de un diámetro mínimo considerado. Se evalúa a través de la curva especies-área, la cual proporciona información para detectar en qué superficie el incremento de nuevas especies no es significativo.

La diversidad florística trata la intensidad de mezcla del bosque, es decir, la distribución de los individuos entre el total de especies. Una forma de evaluarla es utilizando el cociente de mezcla propuesto por Jentsh (1911), citado por Cárdenas (1986), el cual es el resultado de la división del número total de árboles encontrados por el valor total de las especies encontradas, a partir de un diámetro mínimo considerado y en una superficie dada.

Varios autores concuerdan en que una forma simple de expresar la riqueza florística de una comunidad vegetal consiste en relacionar el número de especies con el área.

Sin embargo, para poder comparar la riqueza florística de distintas muestras, es preciso considerar datos referidos a superficies iguales e idénticos límites inferiores del conjunto de árboles considerados.

Se han propuesto diversas expresiones matemáticas para describir las curvas área-especies. Fisher (citado por Cardenas, 1986), propuso que el número de especies es proporcional al logaritmo del número de individuos y, en consecuencia, aproximadamente proporcional al logaritmo de la especie muestreada.

Preston (citado por Cardenas, 1986), propuso una ley log-normal para describir las distribuciones de las especies en función del número de individuos agrupados en clases, cuyos límites forman una progresión geométrica. Esta hipótesis supone que el logaritmo del número de especies aumenta de manera lineal con el logaritmo de la superficie.

Rollet (citado por Cardenas, 1986), demuestra que ninguno de estos modelos es totalmente adecuado. Llega a afirmar que para describir las curvas área-especie, el modelo más cercano a la realidad ocuparía un lugar intermedio entre el desarrollado por Fisher y el desarrollado por Preston.

Uno de los rasgos más llamativos en la estructura de los bosque tropicales sin lugar a duda, es su composición florística. Ésta ha sido objeto de varios intentos para caracterizarla. Uno de los primeros y de los más sencillos es el cociente de mezcla, el suministra una idea global sobre la intensidad media de la muestra de una comunidad.

Este cociente se representa de la siguiente manera:

$$C_{ma} = N_a / n_a$$

en donde ; C_{ma} = Cociente de mezcla del área de tamaño "a".

N_a = Número de especies en el área "a".

n_a = Número de individuos en el área "a".

Este cociente carece de significado si no se precisa la superficie de muestreo y el límite inferior de diámetros considerados.

- Cuadro de la vegetación.

Según Braun-Blanquet (citado por Salcedo, 1986), el objetivo de los estudios florísticos es reconocer la significancia de las especies y su forma de vida, así como también la determinación de las leyes que regulan las relaciones de los organismos con la forma de vida de las especies. No es posible llegar a una definición precisa de las unidades fitosociológicas si se deja en segundo término la consideración de la composición florística.

Los estudios florísticos incluyen parámetros como abundancia, dominancia y frecuencia de cada especie. Estos tres parámetros son integrados en el índice de valor de importancia propuesto por Curtis y McIntosh (1950). Este índice proporciona el reconocimiento de la importancia ecológica de una especie en el seno de la comunidad, sintetizando la información sobre la presencia, cobertura y distribución de cada especie y se representa mediante la siguiente expresión:

$$IVI = Ab \% + D \% + Fre \%$$

en donde:

IVI = Índice de valor de importancia

Ab % = Abundancia relativa

D % = Dominancia relativa

Fre % = Frecuencia relativa

La abundancia relativa indica la presencia de cada especie en por ciento del número de árboles levantados en la parcela de estudio.

La dominancia relativa corresponde a un estimado de la cobertura, que equivale a la sumatoria de la proyección horizontal de las copas de los árboles (Lamprecht, 1964). Sin embargo, su determinación en los bosques tropicales resulta muy difícil, debido a la complejidad de su estructura vertical y horizontal. Por esta razón, se ha utilizado el área basal en sustitución de la proyección de las copas para determinar la dominancia relativa y se expresa como el área basal de cada especie con respecto al área basal total.

La frecuencia relativa está relacionada con el patrón de ocurrencia de los miembros de una población de especies dentro de una comunidad (Cain, 1956). Determina la regularidad de la distribución horizontal de cada especie, sobre la base de su presencia o ausencia en las subparcelas ubicadas dentro de la comunidad, constituyendo un indicador de la diversidad o de la complejidad florística de la misma (Vega, 1968; Sabogal, 1980). Se expresa como el porcentaje de subparcelas en que se presenta una especie, en relación al número total de subparcelas de la muestra. El valor de interpretación de este parámetro depende del tamaño de la subdivisión del área. Debido a la falta de normalización en el tamaño de las subdivisiones utilizadas para el cálculo de la frecuencia, Marmillod (1982) propone eliminar este parámetro y determinar el peso de cada elemento de la comunidad con base en el Índice de Valor de Importancia Simplificado, utilizando sólo la abundancia y dominancia relativas, calculado de la siguiente manera:

- **Parámetros dasométricos.**

Dentro de los parámetros dasométricos, el número de árboles, el área basal y el volumen han sido reconocidos como elementos de gran importancia para caracterizar o comparar las comunidades vegetales.

La interpretación de la distribución total de individuos por clases diamétricas permite precisar efectos de los principales factores ambientales sobre la organización del bosque, da información sobre el estado de equilibrio poblacional de la comunidad y permite detectar actividades antropogénicas realizadas en el bosque. Por otra parte, la distribución del número de individuos por clase diamétrica da valiosas indicaciones sobre su estrategia de regeneración o requerimientos de luz durante el transcurso de su vida, lo que ayuda a diseñar prácticas silviculturales para un manejo racional.

- **Arreglos espaciales.**

El conocimiento del hábitat específico o dispersión de las especies constituye parte de la caracterización del comportamiento silvícola de éstas, así como permite definir las complejas interrelaciones entre componentes del bosque, como población. Por la importancia de este conocimiento, se han venido realizando estudios tendientes a detectar las causas o factores que determinan que ciertas especies adopten un patrón típico de distribución en la comunidad forestal (Cardenas, 1986).

Hubbel y Foster (1983), consideran que el estudio de dispersión de las especies arbóreas (mayores a 20cm de dap) suministra importantes características, tales como: especies que aparecen distribuidas aleatoriamente sobre la muestra, especies que se presentan agrupadas y cuyos parches son fácilmente reconocibles por las características topográficas del terreno y especies que se encuentran agrupadas pero sus parches no están correlacionados con las condiciones topográficas.

2.4.2.3 Caracterización de la organización vertical

La distribución vertical de los organismos vegetales dentro de los bosques tropicales debe ser el punto central en el estudio de la estructura de estas comunidades y su regeneración.

Existen tres factores dentro de los bosques tropicales húmedos que hacen que el estudio de los patrones verticales sea más importante que en los bosques templados: la alta diversidad de especies de cualquier tamaño, el alto número de individuos en cualquier estrato del bosque y la altura de los árboles dominantes (UNESCO, et al, 1980).

- **Estratificación.**

Existe una discordancia en la determinación del número de estratos presentes en un bosque maduro, debido a las diferentes percepciones que se tienen de la palabra estrato . Se toman en cuenta consideraciones florísticas, también se toman acumulaciones o no de individuos entre dos alturas y algunos consideran variaciones en gradientes microambientales.

Estas controversias dan a entender que todavía no están bien definidos los parámetros para el estudio de la estratificación de los bosques, lo que sí está claro es que existe y es de vital importancia estudiarla.

- Organización florística.

Lamprecht (1964), muestra que la composición florística presenta-con alturas crecientes-diferencias, no sólo en la combinación de las especies, sino también en la importancia de las mismas.

Existen diferencias marcadas en la estructura florística entre uno y otros estratos y que, por lo general, las especies de mayor importancia abundan en todos los estratos.

Para reconocer el patrón de organización florística de la estructura vertical, Newman (1954), propone omitir los individuos inmaduros que puedan todavía alcanzar un estrato superior, en la definición de un estrato inferior. Holdridge (1977), utiliza el concepto anterior, como base para definir su perfil idealizado de la estructura vertical de los bosques. Lamprecht (1964), en cambio, proporciona los resultados de sus estudios por capas, al igual que Finol (1971), que también estratifica de la misma manera, pero éste prefiere incluir esta información en el índice de valor de importancia, como nuevo parámetro que llama "posición sociológica". Reduce la información a una sola cifra, mediante un procedimiento de cálculo basado en el criterio, discutible, de que una especie determinada tiene su lugar asegurado en la estructura y composición del bosque, cuando se encuentra representada en todos los estratos. Marmillod (1982), considera que este índice, aparte de complicado para calcular, oculta mucha información y estima mejor realizar una descripción por especies y estratos, basada en las variaciones de los parámetros naturales, como número de especies, de árboles u ocupación de las copas y concluye que tal definición refleja los rasgos más importantes de la estratificación natural.

- Organización arquitectónica.

Los diagramas de perfiles han sido útiles para medir aspectos cualitativos de la estructura vertical de los bosques como imágenes puntuales. Han sido fuertemente criticados después de que varios investigadores los utilizaron para tratar de detectar posibles estratos. Rollet (1980), argumenta que los perfiles parecen describir bien aspectos importantes de la geometría de población y de la densidad del sotobosque, además de contener información valiosa sobre las características morfológicas del bosque y así caracterizar las principales formaciones tropicales o sus arquitecturas. Bruning (1983), asegura que los parámetros estadísticos son más eficientes que los perfiles para caracterizar y comparar estructuras forestales, hace énfasis en que el principal uso es ilustrar la caracterización de la estructura de la masa, particularmente el ámbito de variación, debido a la fase de claro, construcción y de madurez, cambios en los patrones de agregación y dispersión y diferencias de sitios.

Algunos parámetros han conllevado a establecer métodos cuantitativos para caracterizar los estratos del bosque húmedo tropical; altura total o hasta la base de la copa de los árboles, diámetro a la altura del pecho, área basal, volumen, geometría de las copas. Todos estos parámetros varían dentro de la masas boscosas y entre asociaciones forestales o unidades de sitios.

Marmillod (1982), utilizó los parámetros anteriores para tratar de reconocer el patrón de organización arquitectural de un bosque estudiado en la Amazonía. Primero, demostró que las distribuciones tradicionales del número de árboles-por clases de altura total y por clases de altura hasta la base de la copa-así como la distribución del número de copas, muestran una continua disminución del número de individuos (o copas) a medida que aumenta la altura; no permite detectar estratos. Seguidamente identificó dos características muy significativas para el reconocimiento del patrón: 1) la disminución del número de árboles por altura creciente no sigue una ley exponencial y cambios de la gradiente pueden interpretarse como cambios del juego de factores ambientales relevantes para el desarrollo de la vegetación; 2) la ocupación del espacio por el volumen de copas define estratos de densidad diferente. Utiliza estos parámetros en complemento a criterios florísticos para definir una estratificación teórica de estudio de la organización vertical.

2.4.3 Descripción de *Podocarpus oleifolius* D. DON

El género *Podocarpus* pertenece a la familia *PODOCARPACEAE* que, a su vez, pertenece a las gimnospermas de la clase de las coníferas. Se caracteriza por tener en los estambres dos sacos polínicos, polen con vesículas aeríferas y las flores femeninas con un solo carpelo y un solo rudimento seminal. Tiene una semilla drupacea, por volverse carnosas las escamas seminíferas o las regiones próximas a la flor, ya de naturaleza axial o foliar. Tiene hojas escuamiformes o lineales, a veces con filóclados (Font Quer, P., 1979).

El género *Podocarpus* es el más importante de la familia, con más de 100 especies, dentro de las cuales la mayoría no son muy bien conocidas. El género es más importante en el hemisferio Sur. Una cuarta parte de estas especies son americanas, las cuales se extienden desde México hasta el Norte de Argentina y el Sur de Chile. La otra parte está concentrada en el Sur de Africa y en Nueva Zelandia, teniendo aquí su mayor desarrollo y mayor importancia comercial. En América algunos de los árboles son grandes y bien desarrollados, generalmente las especies que presentan estas características se desarrollan de forma no gregaria en las montañas altas. Por lo tanto, son de poca importancia como una fuente comercial de madera, existiendo también algunas especies de menor desarrollo, que tienen un hábito semi gregario, de las cuales se pueden obtener volúmenes comerciales considerables de madera (Record, S. J.; Mell, C., 1924). La madera de este género, generalmente, es de un color amarillo claro lustroso, es de textura fina y uniforme, fácil de trabajar y bastante estimadas para los mismos propósitos que el *Pinus pseudostrabus*, L.. Es usada para carpintería, fabricación de gaveteros, tallado y otros, siendo generalmente su acabado en color natural. Algunos de los nombres comunes de este género son los siguientes: Cobola (Costa Rica), Pina blanca (Panamá), Chaquera, Pino y Pino de pacho (Colombia), Pino y Pino veti (Venezuela), sabina cimarróna (Cuba), Pinheirinho (Brasil) pino (Argentina), mañiu (Chile) (Record, S. J.; Hess, R., 1943). En Centro América es llamado Ciprés de montaña, Chilca o Ciprés (Benitez, R. F.; Montesinos, J. L., 1988).

2.4.3.1 Características del *Podocarpus oleifolius* D. Don. Según Benitez, R. y Montesinos, J.L., 1988, el *Podocarpus oleifolius* presenta las siguientes características:

Es de las especies de este genero que su distribución natural abarca un área enorme, desde México hasta Bolivia. Esta presente entre los 1500 y 3200 metros de altitud, creciendo en los bosques muy húmedos y nublados

Es un árbol de tamaño mediano a grande , llegando a alcanzar alturas de 25m y diámetros a la altura del pecho de hasta 100cm. Presenta gambas al pie del fuste, siendo este recto y cilíndrico, la corteza es de color café amarillenta y lisa. La copa es rala y reducida; las hojas son simples, alternas lineales y enteras. Las flores estaminadas son solitarias o en conos pequeños axilares. El fruto es globoso con una cresta suprimida.

Propiedades de la madera

No presenta diferencia entre albura y duramen cuando la madera está seca. El color de la madera es castaño claro. No presenta olor ni sabor característicos. El hilo es recto, textura de fina a mediana, brillo bajo y de veteado suave.

Propiedades físicas

Gravedad específica 0.53 gr./cm³ (pesada). Contracción tangencial total de 6.15%, contracción radial total de 3.22%, relación contracción tangencial-radial 1.90. Contracción volumétrica de 9.0%.

Propiedades mecánicas

Flexión estática (verde y seco respectivamente): Esfuerzo máximo 302 y 492 kg./cm².

Compresión paralela (verde y seco respectivamente): Esfuerzo al limite proporcional 57 y 93 kg./cm².

Cizalle o corte (verde y seco respectivamente): Esfuerzo máximo 78 y 115 kg./cm².

Dureza Janka (verde y seco respectivamente): lateral 425 y 509 kg./cm², extremos 365 y 645 kg.

Trabajabilidad

Es fácil de trabajar con maquinaria para carpintería y es fácil de clavar y atornillar. El pintado y barnizado son satisfactorios.

Durabilidad

En general, es de baja resistencia al biodeterioro y de moderada resistencia al ataque de insectos. En bosques de exposiciones tropicales y en contacto con el suelo, es considerada una madera de baja resistencia.

Secado

Es de buen comportamiento al secado, secando con rapidez al aire libre y presentando ligeros defectos. En el secado convencional pueden emplearse programas moderados.

Preservado

Es fácil de ser tratada por los sistemas de baño caliente-frío y vacío-presión.

Usos

Carpintería en general, parquet, gabinetes, contrachapados, muebles, estructuras y armaduras, ebanistería, madera aserrada, molduras, componentes de muebles, cajas y embalajes, pulpa y papel.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en la zona núcleo del bosque de Uyuca (Anexo 1) y se describe a través de los aspectos políticos y físicos.

3.1.1 Aspectos políticos

Los aspectos políticos tomados en cuenta son ubicación geográfica y límites.

3.1.1.1 Ubicación geográfica. El bosque objeto de estudio está ubicado entre los 14°00'11'' y los 14°01'49'' N y entre los 87°01'40'' y los 87°05'00'' W, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, Centro América (Anexo 1).

3.1.1.2 Límites. El cerro Uyuca limita al norte con la quebrada Agua Amarilla, ejidos del municipio de San Antonio de Oriente, aldea Joya Grande y con varios propietarios particulares. Al sur, con terrenos ejidales del municipio de Tatumbla, Cerro Cacouletepe y Aldea El Chaguite. Al este, con tierras de la Escuela Agrícola Panamericana. Al oeste, con ejidos del Municipio de Tatumbla (Agudelo, 1988).

3.1.2 Aspectos físicos

Los aspectos físicos tomados en cuenta son superficie y altitud, viento, clima, vegetación, geología y suelos, y ecología.

3.1.2.1 Superficie y altitud. El bosque latifoliado de altura de Uyuca tiene aproximadamente 29 ha, el cual está dentro de la reserva biológica o zona núcleo de aproximadamente 130 ha. El bosque latifoliado se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo montado bajo subtropical (bmh-MBS) y se encuentra a una altitud, aproximada, entre 1700-2000 msnm (Anexo 3).

3.1.2.2 Viento. Casi la totalidad del bosque latifoliado maduro de altura está en posición barbolento con respecto a la dirección de los vientos predominante. Por lo tanto, la vegetación presente es influenciada en alto grado por los vientos.

3.1.2.3 Clima. El bosque latifoliado maduro de altura tiene una precipitación total anual que varía entre los 2000 y 4000 mm de precipitación anual tanto de precipitación vertical como de horizontal². Registros de corta duración indican que en el año 1955 la precipitación anual fue de 2050 mm (no incluye la precipitación horizontal), estos están disponibles en la Escuela Agrícola Panamericana .

Respecto a la temperatura estudios hechos por Agudelo (1988) señalan que en el bosque nublado la temperatura media anual varía entre 12 - 18 °C . A los 1500 msnm las temperaturas de los termómetros seco y húmedo son 21 y 15,7 °C respectivamente, mientras que a los 2000 msnm las temperaturas son de 17,2 y 14,3 °C.

3.1.2.4 Vegetación. Las especies más comunes en el bosque latifoliado nublado según Agudelo (1988), identificadas por el Dr. Molina, son: *Synardisia venosa*, *Hedyosmum mexicanum*, *Quercus peduncularis*, *Quercus trichodonta*, *Dendropanax gonatopodus*, *Persea schiedeana*, *Ilex chiapensis*, *Podocarpus oleifolius*, *Alsophila salvinii*, *Ilex williamsii*, *Olmediella betshleriana*, *Gaultheria odorata*, *Bejeria aestuans*, *Citharexylum caudatum*, *Oreopanax xalapensis*, *Parathesis vulgata*, *Persea americana*, *Phoebe helicterifolia*, *Phyllonoma laticuspis*, *Trophis chorizantha*, *Inga nubigena*, *Carpinus caroliniana*, *Cleyera theaoides*, *Cornus disciflora* y *Lippia substrigosa*.

3.1.2.5 Geología y suelos. De acuerdo al mapa geológico de Honduras citado por Agudelo (1988), el Uyuca consiste de rocas volcánicas del Terciario Tardío de la Formación Jutiapa, entre las que se encuentran ignimbritas, tobas y rocas piroclásticas asociadas, de tipo riolítico y andesítico (Anexo 4 y 5).

Dos series de suelos ocupan las tierras del bosque nublado (Agudelo, 1988):

- “La primera serie de suelos se clasifica como Andeptic Troorthents, familia mixta isotérmica, con régimen de humedad údico. Se encuentra en terrenos con un relieve con pendientes entre 50% y 75% y suelos relativamente profundos, bien drenados, permeabilidad moderada y ácidos. La textura es variable: franco arenoso hasta los 51 cm de profundidad; franco, de los 51cm - 64cm; franco limoso, de los 64cm - 91cm; franco arenoso, de los 91 cm - 117 cm; arcilla de los 117cm - 161cm o más. La presencia de raíces se registra hasta los 117cm de profundidad. El color en húmedo, varía entre negro (10 YR 2/1h) y pardo oscuro (7,5 YR 3/4h) en los dos primeros horizontes, pardo rojizo negrusco (2,5 YR 3/4h), pardo oscuro (7,5 YR 3/4h) y pardo intenso (7,5 YR 4/6h) en los cuatro horizontes siguientes. El material parental está constituido por basalto”.
- La segunda serie de suelos se clasifican como Lithic Troorthents, familia mixta isotérmica, con régimen de humedad ústico. Se encuentra en terrenos con un relieve entre 50% y 75% de pendiente. Los suelos son bien drenados, permeabilidad moderada y ácidos. La textura es franco y franco limosa, con raíces en los dos primeros horizontes (40 cm). El color en húmedo varía entre negro (10 YR 2/1h) y pardo intenso (7,5 YR 4/6h). El material parental es riolita.”

² Agudelo comunicación personal

3.1.2.6 Ecología. Tres zonas de vida están presentes en el bosque del Uyuca (Anexo 6): bosque húmedo subtropical (bh-S), bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MBS) y bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MBS). El bosque latifoliado de altura se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo subtropical.

3.2 METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO

Esta metodología incluye establecimiento del área de estudio, delimitación de parcelas y levantamiento de la vegetación.

3.2.1 Establecimiento de área de estudio

Para la selección del área de estudio no hubo necesidad de tipificar el bosque pues Agudelo (1988) hizo la delimitación de los tipos de bosque de la siguiente manera:

- Fotointerpretación, con el uso de fotografías aéreas a escala 1:20000, del Instituto Geográfico Nacional de Honduras (I.G.N.) de 1982.
- Uso de claves de grado de mezcla y cobertura de copas.
- Delimitación final, comprobada y corregida en el campo.

Para el presente estudio se usó la delimitación anterior y en el área de bosque maduro latifoliado se reconoció directamente y se buscó un área, mayor a 1.5 ha, que reuniera las siguientes características:

- Existencia de un bosque maduro sin perturbaciones antropogénicas visibles o comprobadas históricamente.
- Ausencia de claros de gran tamaño (mayor de 1000 m²).
- Homogeneidad edáfica y florística.
- El sitio debería ser representativo del piso altitudinal al que corresponde y las comunidades vegetales deberían ser normales, no excepcionales.

3.2.2 Delimitación de parcelas

Seleccionado el sitio, se eligió un rumbo de N37°E, de acuerdo con la topografía del terreno y la forma del área a estudiar. Con fundamento en éstos criterios se delimitó una parcela de 1.5 ha, comprendida en un solo bloque. Luego ésta parcela se dividió en 30 subparcelas de 20m *25m (500m²) (Figura 2a).

Las esquinas de cada subparcela fueron demarcadas con estacas de madera a nivel del suelo, en la que se indicó su numeración, la que estará compuesta por dos números separados por una línea inclinada (por ejemplo 5/4); el primer número corresponde a la fila y el segundo a la columna (Figura 2a).

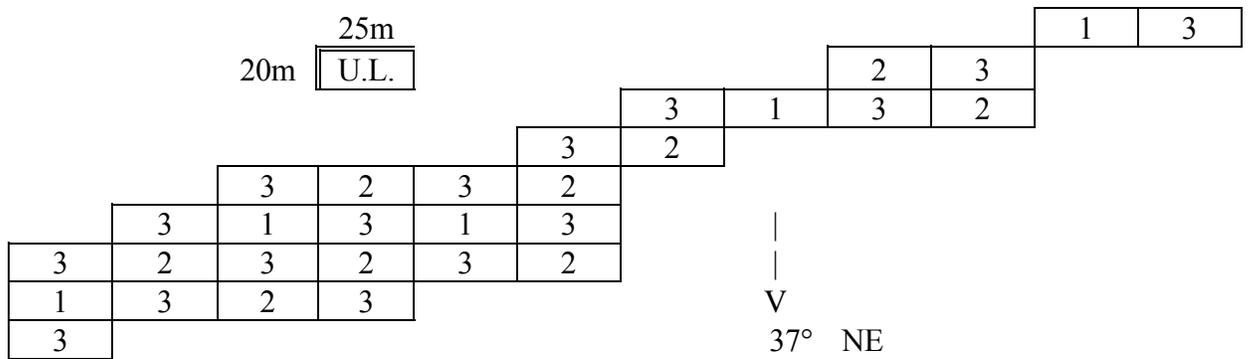


Figura 2a. Arreglo de parcelas y Unidad de Levantamiento a la que corresponde cada una de ellas asignación hecha al azar.

3.2.3 Levantamiento de la vegetación

Dentro de cada subparcela se registraron todos los individuos vivos según la Unidad de Levantamiento a la que ésta subparcela correspondía. Árboles que estaban en el borde de la subparcela fueron incluidos dentro de la misma, si el centro de su sección basal a nivel del suelo estaba dentro de la línea de demarcación y se excluyeron en caso contrario. De cada árbol medido se recolectó muestras botánico para ser identificado.

Las muestras botánicas se identificación en el herbario Paul C. Standley de la Escuela Agrícola Panamericana con la colaboración del Dr. Molina. Como la mayoría de ellas venía

sin flores ni frutos entonces su identificación se hizo por análisis dendrológico³. Los especímenes de éste estudio serán conservados en el Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica de la E.A.P.

Para definir la estructura vertical del bosque no se requiere medir los parámetros que la caracterizan de manera uniforme en todo el bosque. Para éste fin se dividió las 30 subparcelas en tres unidades de levantamiento:

- Unidad de levantamiento 1 (Brinzal): abarca el 15 % del total de las 30 subparcelas, donde se consideró los individuos que tenían entre los 5 cm y 9,9 cm de DAP, también se consideraron los individuos con una altura mayor o igual a los 6 m.
- Unidad de levantamiento 2 (Latizal): abarca el 35 % del total de las 30 subparcelas, donde se consideró los individuos entre 10 cm y 49,9 cm de DAP.
- Unidad de levantamiento 3 (Fustal): abarca el 50 % de las 30 subparcelas, donde se consideraron los individuos con un DAP mayor o igual a los 50 cm de DAP.

La asignación de la unidad de levantamiento a cada subparcela se la realizó al azar, teniendo el cuidado que no quede una misma unidad de levantamiento adyacente con otra de igual magnitud.

Los parámetros y datos de la estructura vertical que se midieron para cada individuo pueden dividirse en cuantitativos y cualitativos. Las medidas cuantitativas fueron:

³La indentificación la realizó el Dr. Antonio Molina en el Herbario Paul C. Standley de la Escuela Agrícola Panamericana.

- DAP (Diámetro a la altura del pecho): fue medido en forma cruzada con una forcípula de precisión o con cinta diamétrica, al centímetro exacto. Antes de la medición se limpiaron los troncos de musgos, líquenes, lianas y bejucos. Los árboles con gambas se le midió el DAP 30 cm por encima de las mismas.
- Altura total: es la perpendicular que baja desde la cima del árbol hasta el plano horizontal que pasa por la base del mismo. Fue medida con clinómetro suunto, vara telescópica de 15 m y cinta métrica.
- Altura a la base de copa, es el punto donde ésta inicia realmente la ocupación del plano vertical, por lo tanto, no necesariamente coincide con la primera bifurcación importante. Fue medida con clinómetro suunto, vara telescópica de 15 m y cinta métrica.

Los datos cualitativos, para evaluar tendencia del árbol, se determinaron para cada individuo según una escala de 1 - 5 para cada uno y fueron:

- Posición de la copa (Anexo 7).
- Forma de la copa (Anexo 8).

No se evaluó calidad de fuste pues el estudio se realizó en una Reserva Biológica que no será sometido a madereo (Anexo 9).

Los datos de campo fueron registrados en el formulario NAC (Anexo 10).

3.3 METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN

La caracterización de los bosque estudiados se obtuvo mediante un estudio florístico estructural.

3.3.1 Caracterización de la organización horizontal

La caracterización horizontal fue evaluada por medio de la riqueza florística,

3.3.1.1 Riqueza florística. La curva especies/área fue la técnica que se utilizó para evaluar la riqueza florística del sistema. Esta gráfica proporciona información sobre el incremento de especies a medida que aumenta el tamaño de la superficie de muestreo, a partir de un diámetro mínimo considerado.

3.3.1.2 Diversidad florística. La diversidad florística se refiere a la intensidad de mezcla del rodal y se obtiene por medio del cociente de mezcla. Este cociente es la relación entre el total de árboles y el número de especies encontradas, a partir de un diámetro mínimo determinado y en la superficie dada. Obedece, por lo tanto, a la siguiente forma:

$$Cm_a = n_{\text{espa}} / n_{\text{inda}}$$

En donde:

Cm_a = cociente de mezcla del área conocida "a"

n_{espa} = número de especies del área conocida "a"

n_{inda} = número de individuos de área conocida "a"

3.3.1.3 Cuadro de la vegetación

El peso ecológico de cada especie se estimó en el cuadro de la vegetación mediante el “Índice de Valor de Importancia”, propuesto por Curtis y McIntosh (1950). El índice se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{IVI esp } a &= A\% a + D\% a + F\% a \\ A\% a &= A a / A * 100 \\ D\% a &= D a / D * 100 \\ F\% a &= F a / F * 100 \end{aligned}$$

En donde:

IVI esp a = índice de valor de importancia de la especie “a”

A% a = abundancia relativa de la especie “a”

A a = número de individuos por hectárea de la especie “a”

A = número total de individuos por hectárea

D% a = dominancia relativa de la especie “a”

D a = suma de las áreas basales por hectárea de todos los individuos de la especie “a”

D = suma de las áreas basales por hectárea de todos los individuos de la especie “a”

F% a = frecuencia relativa de la especie “a”

F a = número de parcelas donde ocurre la especie “a” / número total de parcelas levantadas

F = Suma de las frecuencias absolutas de todas las especies

En el presente estudio se utilizó el área basal y no la proyección de copa para determinar la dominancia de cada individuo. La importancia ecológica se obtuvo para las especies con DAP mayor o igual a 5 cm, considerando también los individuos con una altura total mayor o igual a los 6 m de altura.

3.3.1.4 Parámetros de la organización horizontal. Se evaluó mediante el número de árboles y área basal por hectárea, las distribuciones del número de árboles y el área basal por clases de altura.

3.3.2 Caracterización de la organización vertical

La organización vertical del sistema forestal se evaluó mediante:

- El comportamiento de la distribución dasométrica del número de árboles y área basal por clases de altura.
- La tendencia del árbol evaluado por la forma y posición de la copa.

VII. LITERATURA CITADA

AGUDELO, N. 1988. Plan de manejo para el bosque del Uyuca de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, primeros cinco años. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 327 p.

AGUDELO, N. 1995. Cursos de ecología y silvicultura tropical. El Zamorano, Hond. Programa de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano.

AUBREVILLE, A. 1996. Principes d'une systématique des formations végétales tropicales. *Adansonia* 5(2):153-196.

Citado por: CARDENAS VALENCIA, L. 1986. Estudio ecológico y diagnóstico silvicultural de un bosque en terraza media en la llanura aluvial del río Nanay, amazonia peruana. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Universidad de Costa Rica. p. 3-4.

BAWA, K.S.; KRUGMAN, S.L. 1991. Reproductive biology and genetics of tropical trees in relation to conservation and management. Rain forest regeneration and management. Ed. By A. Gomez-Pompa, T.C. Whitmore and M. Hadley. Paris, Francia, The parthenon publishing grup. p. 119-134.

BAUR, G. 1961. The ecological basis of rainforest management. New South Wales. p 212.

BAZAZAZ, F.A. 1991. Regeneration of tropical forests. Rain forest regeneration and management. Ed. By A. Gomez-Pompa, T.C. Whitmore and M. Hadley. Paris, Francia, The parthenon publishing grup. p. 91-114.

BRAUN-BLANQUET, T. 1979. Fotosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Traducido por J. Jo Lalucat. Ediciones H. Blume. Madrid, España. 820 p.

Citado por: CARDENAS VALENCIA, L. 1986. Estudio ecológico y diagnóstico silvicultural de un bosque en terraza media en la llanura aluvial del río Nanay, amazonia peruana. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Universidad de Costa Rica. p. 5-7.

BUDOWSKY, G. 1965. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. Turrialba, Costa Rica. 15(1): p. 40-42

Citado por: SALCEDO CALERO, G. 1986. Estudio ecológico y estructural del bosque "Los Espaveles". Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Universidad de Costa Rica. p. 3-14.

BENITEZ, R.; MONTESINOS, J.L. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras. Distribución propiedades y usos. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. p. 91-92.

- CARDENAS, L. 1986. Estudio ecológico y diagnóstico silvicultural de un bosque de terraza media en la llanura aluvial del rio Nanay, amazonía peruana. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 133 p.
- CONTRERAS, A. 1988. Plan de acción forestal para la región de América Latina y el Caribe. *Unasyuva (Italia)*. 40(159):6-18.
- FONTAINE, R.G. 1986. La ordenación de los bosques tropicales húmedos. *Unasyuva (Italia)*. 38(154):16-22.
- GOMEZ-POMPA, A; VASQUES-YANES, C. 1976. Regeneración de selvas. Mexico D.F., Mex., Compañía Editorial Continental. p. 676.
- GOMEZ-POMPA, A.; BURLEY, F.W. 1991. The management o natural tropical forests. Rain forest regeneration and management. Ed. By A. Gomez-Pompa, T.C. Whitmore and M. Hadley. Paris, Francia, The parthenon publishing grup. p. 3-17.
- JANSEN, D.H.;VAZQUEZ-YANES, C. 1991. Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wildlands. Rain forest regeneration and management. Ed. By A. Gomez-Pompa, T.C. Whitmore and M. Hadley. Paris, Francia, The parthenon publishing grup. p. 137-154.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, C.R., Servicio editorial IICA. p. 215.
- HOLDRIDGE, L.R. et. al. 1977. Forest environments in tropical life zones: a pilot study. Oxford, Pergamon. p. 334-456.
- HOLDRIDGE. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Traducido de la primera ed. inglesa por Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- JANZ, K. 1993. Evaluación general de los recursos forestales de 1990: panorama general. *Unasyuva (Italia)*. 44(174):3-10
- LIEBERMAN, M. et. al. 1985 Small-scale altitudinal variation in lowland wet tropical forest vegetation. *Journal of Ecology* 73:1-2.
- MAINI, J.S. 1992. Desarrollo sostenible de los bosques. *Unasyuva (Italia)*. 43(169):3-8.
- MATTEUCCI, S.D. y COLMA, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Venezuela, Universidad Nacional Experimental "Francisco Miranda". p.168.

OLDEMAN, R.A.A.;VAN DIJK,J. 1991. Diagnosis of the temperament of the tropical rain forest trees. Rain forest regeneration and management. Ed. By A. Gomez-Pompa, T.C. Whitmore and M. Hadley. Paris, Francia, The parthenon publishing grup. p. 21-62.

OROZCO, L. 1991. Estudio ecológico estructural de seis comunidades boscosas de la parte noreste de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis de Ingeniería en Ciencia Forestales. Heredia, C.R., Programa de la Universidad de Ciencias Ambientales. p. 164.

PEÑAHERRERA, C. 1995. Inventario sistemático de orquídeas epífitas del bosque nublado del cerro Uyuca. Tesis de Ingeniería Agronómica. El Zamorano, Hond., Programa Ingeniería Agronómica de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. p. 87.

QUEVEDO, L. 1986. Evaluación del efecto de la tala selectiva sobre la renovación de un bosque húmedo subtropical en Santa Cruz, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa de Maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 164 p.

SALCEDO, G. 1986. Estudio ecológico estructural del bosque "Los Espaveles" Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 164 p.

SETH, S.K. 1955. Applied ecology in forestry. Indian Forester 81(8): 456-464
Citado por: VINCENT, L.W. 1970. Estudio sobre la tipificación del bosque con fines de manejo en la unidad 1 de la reserva forestal de Caparo. Tesis Mag. Sc. Venezuela, Universidad de Los Andes. p. 255

SCHMIDT, R.C. 1991. Tropical rain forest MANAGEMENT: A STATUS REPORT. Rain forest regeneration and management. Ed. By A. Gomez-Pompa, T.C. Whitmore and M. Hadley. Paris, Francia, The parthenon publishing grup. p. 181-203.

SINGH, K.D. 1993. La evaluación de los recursos forestales tropicales 1990. Unasylva (Italia). 44(174):10-20.

STANDLEY, P; STEYERMARK, J. 1949. Flora de Guatemala. Chicago, Estados Unidos.

STADTMULLER, T. 1987. Los bosques nublados en el trópico húmedo. Turrialba, C. R. 85 p.

TOSI, J.A. 1976. Bases ecológicas para la clasificación y levantamiento del mapa de tipos de bosques en Colombia. Bogotá, Proyecto de Investigación y Desarrollo Industrial Forestal, Colombia. p. 30.

VINCENT, L.W. 1970. Estudio sobre la tipificación del bosque con fines de manejo en la unidad 1 de la reserva forestal de Caparo. Tesis Mag. Sc. Venezuela, Universidad de Los Andes. p. 255

Citado por: SALCEDO CALERO, G. 1986. Estudio ecológico y estructural del bosque "Los Espaveles". Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Universidad de Costa Rica. p. 3-14.

WHITMORE, T.C. 1991. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. Rain forest regeneration and management. Ed. By A. Gomez-Pompa, T.C. Whitmore and M. Hadley. Paris, Francia, The parthenon publishing grup. p. 67-86.

UNESCO; PNUMA; FAO. 1980 Ecosistemas de los bosques tropicales: informe sobre el estado de conocimientos. Madrid, España, Altamira Industria Gráfica . p. 771

YOUNG, R. 1991. Introducción a las ciencias forestales. Mexico D.F, Mex., Editorial limusa. p. 632.