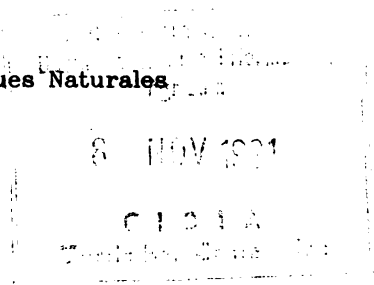


Serie Técnica  
INFORME TECNICO No. 185  
Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales  
Publicación No. 1



# Estructura, Composición y Aspectos Silviculturales de un Bosque de Roble (*Quercus* spp.) del Piso Montano en Costa Rica

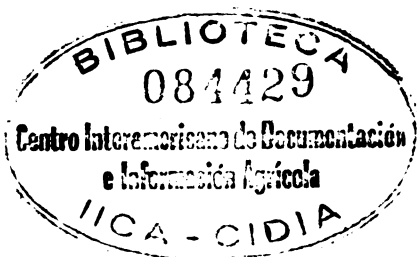
Jürgen Blaser  
Marlen Camacho

Publicación patrocinada por la  
Cooperación Suiza al Desarrollo  
COSUDE

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, CATIE  
Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido  
Área de Producción Forestal y Agroforestal  
Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales  
Turrialba, Costa Rica, 1991

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y la enseñanza de posgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central y el Caribe.

La Cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE) es una dirección especializada dentro del Ministerio de Relaciones Exteriores de Suiza, responsable de la mayor parte de la cooperación para el desarrollo y ayuda humanitaria, que brinda el Gobierno de Suiza a nivel internacional. Presta su apoyo, tanto por medio de convenios bilaterales en más de 50 países de Africa, Asia y América Latina, como por la vía multilateral, a través de organismos especializados de las Naciones Unidas, de los Bancos y Fondos Regionales de Desarrollo.



© 1991, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

ISBN 9977-57-113-9

634.9097286

B644 Blaser, Jürgen

Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (*Quercus* spp.) del piso montano en Costa Rica/J. Blaser, M. Camacho. Turrialba, C.R.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido, 1991.

67 p.; 28 cm.-(Serie técnica. Informe técnico/CATIE; No. 185)

ISBN 9977-57-113-9

1. Bosques - Costa Rica

I. CATIE II. Título III. Serie

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
PRESENTACION	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCION	1
2. AREA DE ESTUDIO	2
2.1 Situación	2
2.2 Clima	3
2.3 Aspectos geológicos, topográficos y edáficos	4
2.4 Vegetación	6
2.5 Antecedentes histórico-forestales	7
3. METODOS	9
3.1 Levantamientos en el bosque	9
3.1.1 Delimitación del rodal en estudio	9
3.1.2 Topografía y caracterización del suelo	9
3.1.3 Vegetación	9
3.1.4 Análisis del fuste y muestras de madera	11
3.2 Evaluación	11
3.2.1 Muestras botánicas	11
3.2.2 Muestras de suelo	12
3.2.3 Vegetación	12
3.2.4 Muestras de madera	12
4. RESULTADOS	13
4.1 Caracterización edáfica del sitio	13
4.2 Tipos de bosque	16
4.2.1 Frecuencias de la vegetación de bambú	16
4.2.2 Frecuencias de las especies con diámetro ≥ 5 cm	18
4.2.3 Definición de los tipos de bosque	18
4.3 Estructura horizontal	19
4.3.1 Número de especies, abundancia y dominancia	19
4.3.2 Distribución del número de individuos por clase diamétrica	21
4.3.3 Distribución del número de árboles y temperamento de las especies	23

4.3.4	Distribución de las áreas basales y de los volúmenes	26
4.3.5	Curvas de altura y cociente de elongación	27
4.3.6	Tendencia del árbol	29
4.4	Estructura vertical	33
4.4.1	Características de la estructura vertical	33
4.4.2	Análisis del estrato de bambú	36
4.4.3	Análisis de los estratos arbóreos	37
4.5	Características específicas de la estructura de los bosques	40
4.5.1	Aspectos dinámicos	40
4.5.2	Latizal arbóreo	43
4.5.3	Regeneración arbórea	44
4.6	Anillos de crecimiento en la madera y su significado	44
4.6.1	Análisis macroscópico de las especies arbóreas	44
4.6.2	Determinación de edad de las especies arbóreas	45
4.6.3	Radiocarbono (C <sup>14</sup> )	45
5.	DISCUSION Y CONCLUSIONES	47
5.1	Sitio y vegetación	47
5.2	Comparaciones dasonómicas y fitosociológicas	49
5.3	Diagnóstico silvicultural de los dos tipos de bosque	53
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	58
ANEXO 1.	Lista de especies encontradas en los levantamientos estructurales del bosque en estudio.	64

## LISTA DE CUADROS

1.	Precipitación P (mm), temperatura T (°C) e índice de aridez A (%) de Villa Mills (3 000 msnm) y del Cerro de la Muerte (3 365 msnm).	3
2.	Características físico-químicas de los perfiles de suelo en el rodal en estudio.	14
3.	Características químico-físicas de perfiles de suelo en el bosque en estudio.	15
4.	Tipos de suelo principales, "especies indicadoras" y denominación del tipo de bosque en el rodal en estudio.	19
5.	Número de individuos según grupos florísticos, áreas basales totales y áreas basales de árboles.	20
6.	Distribución del número de árboles por clases diamétricas de las especies en la totalidad del bosque (4 ha de BRB y 4 ha de BME) a partir de 5 cm dap en intervalos de clases de 10 cm, clasificación según el temperamento de las especies (Rollet, 1979).	24
7.	Porcentajes del número de individuos (N), área basal (G) y volumen aprovechable (V) en clases diamétricas de 10 cm dap por tipos de bosque.	27
8.	Evaluación de los parámetros cualitativos ("tendencia del árbol", según Blaser 1984) de los árboles con dap $\geq$ 10 cm por tipo de bosque (Base: 4 ha, respectivamente en BME y BRB).	29
9.	Evaluación de la calidad del fuste de los árboles con dap $\geq$ 10 cm por especies y tipo de bosque. (Base: 4 ha de levantamiento por tipo de bosque).	30
10.	Compilación de los parámetros dasométricos de las especies más importantes por tipo de bosque. Diámetro mínimo 10 cm dap; levantamiento de datos en 4 ha por tipo de bosque; valores referidos a la ha o bien al árbol medio.	32

11.	Participación relativa del número de árboles de las 10 especies más frecuentes en cada estrato de los tipos de bosque (EA = estrato de arbustos pequeños; EB = estratos de bambúes; EI, EM, ES = estratos inferior, medio y superior).	39
12.	Número de árboles muertos con dap > 50 cm por ha en el bosque mixto de encino (BME) y el bosque de roble blanco (BRB). (Base: 4 ha cada uno).	40
13.	Importancia de las especies con dap $\geq$ 10 cm a diferentes altitudes cercanas a la zona de investigación.	49
14.	Valores característicos de sitio y dasonómicos (árboles > 10 cm dap) de algunos tipos de bosque nublado de los neotrópicos.	51
15.	Presencia de los géneros o familias con dap > 5 cm en el bosque de investigación y que también se encuentran en otras formaciones de bosque nublado en el neotrópico y valores del coeficiente de similitud (AK) según Sørensen (en Lamprecht, 1986) para la comparación con el bosque de investigación.	52

## LISTA DE FIGURAS

1.	Ubicación geográfica del bosque en estudio.	2
2.	Disposición de las parcelas y de los compartimentos en los levantamientos en el bosque natural.	10
3.	Mapa de unidades de suelo del rodal en estudio.	17
4.	Mapa de distribución de los bambúes en el rodal en estudio.	17
5.	Distribución del número de individuos por clases diámetricas en representación semilogarítmica.	22
6.	Distribución del número de individuos según los grupos de especies arbóreas y tipos de bosque, intervalo de clase 10 cm.	22
7.	Curva de alturas para los árboles con $d > 4$ cm. Código de las especies según el Anexo 1.	28
8.	Perfiles estructurales de los bosques de roble blanco (BRB) y mixto de encino (BME).	34
9.	Distribución del volumen de copas según alturas crecientes a partir de 9 m, en intervalos de 2 m.	38
10.	Mapa de los árboles muertos en pie y en el suelo ( $d > 50$ cm) en el rodal en estudio.	41
11.	Proyección horizontal de un sector de 3 ha (BME) I - VI: estratos estructurales.	43

## **PRESENTACION**

Desde 1984, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), a través del Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales, financiado por la Cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE), ha realizado investigación ecológica y silvicultural en bosques naturales, así como actividades de capacitación y enseñanza.

Las acciones se dirigen hacia el diseño, desarrollo e instrumentación de sistemas silviculturales ecológicamente sostenibles, económicamente atractivos y técnicamente factibles. Tales sistemas deben encaminarse en armonía con la naturaleza y basarse en procesos naturales, de manera que garanticen por un lado, la producción sostenible de productos forestales y por otro lado, las funciones intrínsecas protectoras del bosque. La conservación del bosque y de sus procesos dinámicos productivos son los insumos más importantes para la producción forestal. Con este enfoque de silvicultura se concilian dos objetivos, a menudo considerados contrarios: producción y conservación. Por lo tanto, el manejo forestal se convierte en la mejor herramienta de conservación y de desarrollo.

En Costa Rica, el Proyecto identificó como zonas prioritarias: los bosques primarios de altura de la cordillera de Talamanca y los bosques secundarios y primarios intervenidos, en las zonas húmedas bajas de la vertiente Atlántica. En estos ecosistemas, el manejo sostenido del bosque natural representa una opción prometedora del uso de la tierra.

Con esta publicación el Proyecto inicia una serie titulada COLECCION "SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES NATURALES", que abarcará aspectos biológicos, ecológicos, silviculturales, económicos y de manejo de bosques naturales, con énfasis en los ecosistemas mencionados.

El presente estudio es una versión resumida de la tesis doctoral de Jürgen Blaser, investigador del Proyecto de 1983 a 1986 y en ella se presenta un diagnóstico ecológico y silvicultural de un bosque primario en la cordillera de Talamanca, dentro del contexto político forestal del país.

**Thomas Stadtmüller**  
Líder, Proyecto Silvicultura  
de Bosques Naturales



## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue la obtención de conocimientos iniciales sobre la composición, estructura y dinámica de los robledales de altura. En Costa Rica, esta comunidad boscosa se extiende aproximadamente desde los 1 800 hasta los 3 200 msnm, principalmente en la cordillera de Talamanca.

El sitio del estudio está ubicado en la parte noroccidental de la cordillera de Talamanca, entre las coordenadas 9° 37' latitud norte y 83° 30' longitud oeste. El rodal estudiado tiene una superficie total de 12,35 ha, que fue subdividido en 247 parcelas de 500 m<sup>2</sup>, en las cuales se llevaron a cabo las actividades siguientes:

- caracterización de los diferentes tipos de suelo presentes;
- muestreo de la vegetación de bambú (*Chusquea*);
- inventario de todos los árboles, arbustos y helechos arbóreos, con un diámetro mínimo de 5 cm;
- levantamiento estructural, por compartimentos para la vegetación total a partir de 50 cm de altura;
- levantamiento de todos los árboles muertos con diámetro mayor o igual a 50 cm;

Mediante el análisis de los suelos se logró reconocer dos unidades edáficas principales: Dystrandept y Placandept; mientras que el examen de la ocurrencia del bambú arrojó una estrecha relación entre el tipo de bambú y dichas unidades. Se definieron dos tipos de bosque:

- El bosque mixto de encino (BME), el cual medra sobre el suelo Placandept, donde se desarrolla el bambú *Chusquea talamancensis*. Las especies arbóreas características son *Quercus costaricensis*, *Grammadenia myricoides*, *Prunus cornifolia* y *Vaccinium consanguineum*.
- El bosque de roble blanco (BRB), se desarrolla sobre el suelo Dystrandept, donde domina *Chusquea tomentosa*. La especie característica de esta comunidad es *Ardisia glandulosa-marginata*.

Entre las especies que son constantes en ambos tipos de bosque, se pueden citar: *Quercus copeyensis*, *Weinmannia pinnata*, *Ocotea/Nectrandra* sp., *Styrax argenteus* e *Ilex* spp.

El número de especies con un diámetro mínimo de 5 cm totaliza 35 en el BME y 37 en el BRB. Al aumentar el diámetro mínimo a 25 cm y 40 cm, el número de especies en ambos tipos de bosque llega a 16 y 12, respectivamente. (Área de levantamiento: 4 ha).

La abundancia en el BME asciende a 5 049 N/ha con un diámetro mínimo de 1 cm, 998 N/ha a partir de 5 cm y 512 N/ha a partir de 10 cm. En el BRB se registraron abundancias de 8 418, 695 y 455 N/ha, para los conjuntos mencionados.

En el BME, las áreas basales llegan a 50 m<sup>2</sup>/ha a partir de un diámetro mínimo de 1 cm, 48,1 m<sup>2</sup>/ha a partir de 10 cm y 31,5 m<sup>2</sup>/ha a partir de 50 cm. Para estos mismos conjuntos, en el BRB se tiene 52,9, 51,9 y 37,1 m<sup>2</sup>/ha.

El volumen de madera aprovechable (con corteza), a partir de 10 cm de diámetro, llega a 573 m<sup>3</sup>/ha en el BME y a 713 m<sup>3</sup>/ha en el BRB. En el BME le corresponde el 44% del valor del volumen a cada uno

de los robles, mientras que en el BRB, sólo *Quercus copeyensis* suma el 90% del valor correspondiente.

La cantidad total de regeneración a partir de 50 cm de altura y 1 cm de diámetro asciende a alrededor de 20 000 N/ha, en ambos tipos de bosque. En el BME domina el arbusto *Miconia schnellii* y *Quercus costaricensis*. En el BRB, la especie con mayor número de individuos es *Q. copeyensis*.

Las distribuciones diamétricas del número de árboles, de las áreas basales y de los volúmenes, evidencian en ambos tipos de bosque, una similitud con aquellas de bosques europeos, pero con mayor cantidad de árboles gruesos. Con base en la distribución diamétrica del número de árboles, se clasificó a *Ilex*, *Phoebe* y *Clethra* como especies de sombra; a *Ocotea*, *Prunus* y *Weinmannia* como especies de semisombra; a ambos *Quercus* como especies de semiluz y a *Schefflera* como especie de luz.

Con respecto a la estructura vertical, en el BME se reconoció una estructura pluriestratificada, con un estrato de bambúes hasta los 7 m de altura, un estrato inferior de 10 a 15 m, un posible estrato medio a 28 m y un estrato superior entre 35 y 40 m de altura. En el BRB se determinó una estructura en tres estratos, consistente de un estrato de bambúes hasta los 9 m de altura, un estrato medio hasta 30 o 35 m y un estrato superior cerrado hasta 45 o 55 m.

Los claros del dosel ocupan en ambos tipos de bosque una proporción de cerca del 6% de la superficie estudiada, variando en tamaño entre 150 a 500 m<sup>2</sup>. El comportamiento del latizal arbóreo es marcadamente distinto en claros y bajo el dosel cerrado. En el BME, el latizal de robles es independiente de la densidad del bosque. En el BRB, el latizal es más frecuente en los lugares donde el bambú se ha desarrollado menos.

Como objetivo de manejo silvicultural, en el BME se recomienda un bosque alto pluriestratificado, mezclado temporal y espacialmente para la producción de madera comercial de alto valor, basado en la regeneración natural.

En el BRB se recomienda un bosque medio de alto volumen, logrado a través de la regeneración por semillas y por rebrotes, con un dosel superior discetáneo de *Quercus copeyensis*, para la producción de madera de valor y de un dosel inferior coetáneo de roble y otras especies, para la producción de leña y carbón.

En ambos tipos de bosque se recomienda una corta de refinamiento como medida silvicultural preparatoria, la cual comprende árboles con copas mal desarrolladas y/o con fustes de mala calidad. Los rodales así mejorados serán considerados como rodales de partida.

## ABSTRACT

The objective of the present work was to obtain initial information on the composition, structure and dynamics of high mountain oak forests. In Costa Rica these forests occur between approximately 1 800 masl and 3 200 masl, mainly in the Talamanca mountain range.

The study site is located in the northwestern part of the Talamanca mountain range between latitude 9° 37' north and longitude 83° 30' west. 12,35 ha of forest were subdivided in 247 plots of 500 m<sup>2</sup> each, in which the following research was carried out:

- characterization of the different soil types present;
- sampling of stands of bamboo (*Chusquea*);
- inventory of all trees, shrubs and tree ferns with  $d \geq 5$  cm;
- survey of structure, by compartments, for all plants taller than 50 cm;
- inventory of all dead trees with  $d \geq 50$  cm.

Through the soil analysis two principle soil units could be defined: Dystrandept and Placandept. A strong relationship between the type of bamboo and soil units was revealed. Two forest types were defined:

- The Mixed Encino Forest (BME) which occurs on Placandept where the bamboo *Chusquea talamencensis* grows. Characteristic tree species are *Quercus costaricensis*, *Grammadenia myricoides*, *Prunus cornifolia* and *Vaccinium consanguineum*.
- The White Oak Forest (BRB) which occurs on Dystrandept where the bamboo *Chusquea tomentosa* grows. The characteristic species of this community is *Ardisia glandulosa-marginata*.

Species which occur constantly in both forest types are, among others *Quercus copeyensis*, *Weinmannia pinnata*, *Ocotea/Nectrandra sp.*, *Styrax argenteus* and *Ilex spp.* Species number ( $d \geq 5$  cm) totals 35 in the BME and 37 in the BRB; increasing the minimum diameter to 25 cm and 40 cm, reduces species number in both forest types to 16 and 12 respectively. (Sampling area: 4 ha).

Abundance in the BME reaches 5 049 N/ha with a minimum diameter of 1 cm, 998 N/ha with a minimum diameter of 5 cm and 512 N/ha with a minimum diameter of 10 cm. In the BRB abundance reaches 8 418 N/ha, 695 N/ha and 455 N/ha for the corresponding minimum diameters.

Basal area in the BME totals 50 m<sup>2</sup>/ha ( $d \geq 1$  cm), 48,1 m<sup>2</sup>/ha ( $d \geq 10$  cm) and 31,5 m<sup>2</sup>/ha ( $d \geq 50$ ) m<sup>2</sup>/ha. The corresponding basal area values for the BRB are 52,9 m<sup>2</sup>/ha, 51,9 m<sup>2</sup>/ha and 37,1 m<sup>2</sup>/ha.

Commercial timber volume ( $d \geq 10$  cm) with bark amounts 573 m<sup>3</sup>/ha in the BME and 713 m<sup>3</sup>/ha in the BRB. In the BME 44% of the volume corresponds to each of the two oak species, while in the BRB 90% of the volume is of *Quercus copeyensis* alone.

Natural regeneration (taller than 50 cm) amounts to approximately 20 000 N/ha in both forest types. In the BME *Quercus costaricensis* and the shrub *Miconia schnellii* dominate while in the BRB *Quercus copeyensis* shows the highest numbers of individuals.

The distributions of tree numbers, basal area and volume by diameter classes for both forest types show similarities with European forests, but there are more trees with large diameters. Based on the

distribution of tree numbers by diameter class, *Ilex*, *Phoebe* and *Clethra* are classified as shade tolerant, *Ocotea*, *Prunus* and *Weinmannia* as partially shade tolerant, both species of *Quercus* as partially light-demanding and *Schefflera* as light-demanding.

With reference to the vertical structure, the BME shows a multilayer structure, with a bamboo stratum up to 7 m height, a lower stratum between 15 and 20 m, a possible middle stratum at 28 m and an upper canopy between 35 and 40 m. In the BRB a three stratum structure could be determined: a bamboo stratum up to 9 m height, a middle stratum up to 30 or 35 m and a closed upper canopy up to 45 or 55 m.

In both forest types, tree fall gaps cover 6% of the area under study. Gap sizes vary between 150 m<sup>2</sup> and 500 m<sup>2</sup>. Behavior of saplings is differs significantly between gaps and sites with forest cover. In the BME the distribution of oak saplings is independent of forest density, while in the BRB saplings are more frequent where bamboo could not prosper.

Silvicultural management objectives are given for both forest types. For the BME a high forest with multilayer structure, mixed in time and in space, is recommended in order to produce high value commercial timber. Management should be based on natural regeneration. For the BRB a high-volume intermediate forest is recommended, achieved by management of natural regeneration by seedlings and sprouting, with an all-aged upper layer of *Quercus copeyensis* (in order to produce commercial timber) and an even-aged inferior layer of oaks and other species (in order to produce firewood and charcoal).

In both forest types, refinement cuts are recommended as silvicultural treatments eliminating trees with badly developed crowns and/or trunks. Stands improved by these treatments will then be considered as "departure stands".

## 1. INTRODUCCION

Los bosques montanos del trópico cubren, a nivel mundial, cerca de medio millón de kilómetros cuadrados, o sea el 11% de la superficie de los bosques húmedos siempreverdes (Lamprecht, 1986). Los bosques húmedos montanos se diferencian de los bosques húmedos de las tierras bajas sobre todo por la pobreza relativa de especies y por tener una composición diferente; además, es característica la presencia constante de helechos arbóreos y de bambúes en el piso inferior, así como la frecuencia de epífitas.

En Costa Rica, los bosques húmedos montanos tropicales cubren entre 250 000 y 300 000 ha, cerca del 20% de la superficie forestal existente en 1984 (Junkov, 1984). Estos se encuentran particularmente en el macizo montañoso de la cordillera de Talamanca, a altitudes entre los 1 800 y 3 200 msnm y están dominados por diferentes especies del género *Quercus* (robles).

En tanto que en las partes más bajas del país se mantiene una acelerada deforestación, con un promedio de 60 000 ha por año (Keogh, 1984), los bosques de roble permanecen poco perturbados en su mayor extensión, debido entre otras causas, a la baja densidad poblacional, la pésima infraestructura y viabilidad y a la situación de rendimiento marginal de la agricultura por las condiciones limitantes de clima, relieve y geología.

La poca presión poblacional facilitó la promulgación y ejecución de rigurosas disposiciones para el aprovechamiento y transformación de los bosques montañosos. Por tanto, cerca de dos tercios de la región de Talamanca se encuentra protegida por reservas forestales o parques nacionales, que incluyen preponderantemente bosques de roble.

A pesar de la falta de aptitud para la actividad agrícola y de las medidas de protección establecidas por la legislación forestal, es muy probable que en el futuro una creciente presión política y del mercado de la madera conduzca a la explotación de los robledales. Con los métodos de aprovechamiento vigentes, esa explotación destruirá no sólo las bases mismas de la producción futura de madera, sino que también, en razón de la posición central de la cordillera, producirá daños ecológicos incalculables en las partes más bajas, predominantemente de vocación agrícola.

El objetivo del presente trabajo ha sido obtener conocimientos iniciales sobre la composición, estructura y dinámica de los robledales. Para este fin, en un área de estudio representativa del bosque montano de la cordillera de Talamanca, se pretendió:

- Analizar e interpretar las condiciones de sitio, dasonómicas y de rendimiento.
- Caracterizar los aspectos dasonómicos de la autoecología de las especies arbóreas que allí crecen.
- Determinar las posibilidades de convertir el bosque natural en un bosque comercial que se asemeje a las condiciones naturales.

## 2. AREA DE ESTUDIO

### 2.1 Situación

La zona de investigación se localiza en la parte noroccidental de la cordillera de Talamanca y se inicia en El Empalme (2 300 msnm), aproximadamente a 50 km al sur de San José. Se extiende 70 km a lo largo de la carretera Panamericana en dirección sur, pasando por el páramo del Cerro de la Muerte (3 491 msnm) y termina en División, a 2 100 msnm de altitud. El uso de la tierra, en una franja comprendida entre 5 a 10 km a ambos lados de la carretera, se caracteriza por una explotación agrícola y silvopastoril extensiva. Limitando esta franja se encuentran grandes áreas de bosque secundario y fuera de la misma domina el bosque primario.

De manera subjetiva, se escogió una superficie de bosque primario de aproximadamente 375 ha, en la que se delimitó el rodal de estudio, el cual se ubicó a unos 3 km al oeste de la carretera Panamericana, en las cercanías del caserío Villa Mills y entre las quebradas Siberia y Voltea (Figura 1).

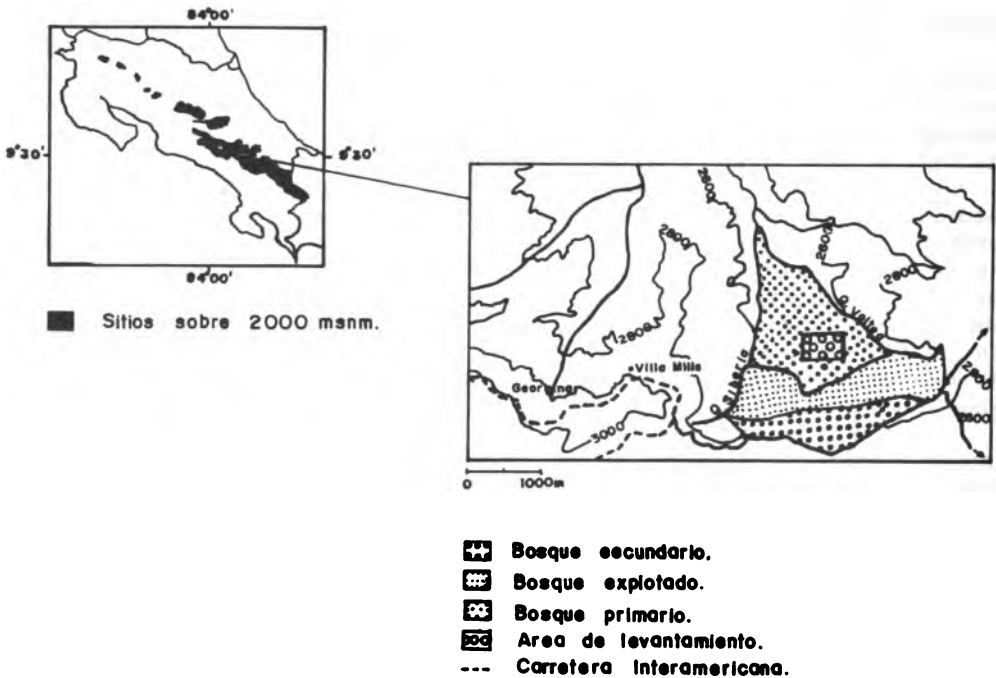


Figura 1. Ubicación geográfica del bosque en estudio.

## 2.2 Clima

Según la clasificación ombrotérmica de Lauer (1976), esta zona se ubica en el trópico frío. De acuerdo con la división climática a nivel mundial de Koeppen y Geiger (1961), corresponde al tipo climático Cwb.

Durante los meses de enero a marzo ("verano"), el área se encuentra claramente fuera de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), mientras que en los meses de julio y agosto ("veranillo") se halla en sus límites. Por la corta distancia del macizo montañoso del mar y por su gran altitud, los efectos del humedecimiento advectivo tienen una repercusión especial. Consecuentemente, los factores climático-ecológicos dominantes consisten en la presencia de un período corto de escasa precipitación y la formación de nubes orográficas, con lluvias frecuentes en el resto del año.

La temperatura media anual está entre 12,3 °C (2 380 msnm) y 7,3 °C (3 365 msnm). Las variaciones de temperatura entre el mes más cálido (abril) y el mes más frío (enero) llegan a 1,4 °C a los 3 365 msnm y a 1,8 °C a los 3 000 msnm (Cuadro 1). Las diferencias medias diarias son del orden de los 6,9 °C en un caso y de 5,7 °C en el otro. Las temperaturas son más altas en la época de lluvias que en los meses restantes, debido a la baja nubosidad.

**Cuadro 1.** Precipitación P (mm), temperatura T (°C) e índice de aridez A (%) de Villa Mills (3000 msnm) y del Cerro de la Muerte (3365 msnm).

Mes	Villa Mills (1942-85)					Cerro de la Muerte (1971-85)				
	P (mm)	min.	max.	T (°C)*	A (%)**	P (mm)	min.	max.	T (°C)	A (%)
Ene.	32,8	0	143	10,0	52	31,3	2	69	6,8	43
Feb.	24,3	0	157	10,7	64	25,6	8	105	7,3	55
Mar.	26,0	0	114	11,6	66	22,9	0	71	8,0	56
Abr.	100,0	5	528	11,8	20	102,2	14	331	8,2	19
May.	363,5	124	737	11,5	1	370,8	227	549	8,2	0
Jun.	340,3	196	642	11,4	0	347,7	223	509	7,8	0
Jul.	251,1	65	441	11,3	1	214,5	60	322	7,3	1
Ago.	317,4	86	595	11,0	1	365,2	91	614	7,5	0
Set.	413,4	228	721	10,9	0	379,2	224	592	7,6	0
Oct.	467,0	227	1108	10,6	0	391,5	218	523	7,7	0
Nov.	220,9	45	526	10,5	2	206,9	55	433	7,2	5
Dic.	86,0	6	285	10,0	21	75,4	14	212	6,9	23
<b>Total</b>	<b>2642,77</b>	<b>1909</b>	<b>3843</b>	<b>10,9</b>	<b>-</b>	<b>2533,3</b>	<b>1850</b>	<b>3367</b>	<b>7,5</b>	<b>-</b>

\* Calculado como valor medio de los promedios de temperatura mínima y máxima

\*\* Probabilidad de que un mes sea árido; basado en el índice de aridez transformado de de Martonne (en Lauer 1952) con la siguiente fórmula:  $P > 5(T + 10)/3$ , donde: P= precipitación mensual (mm) y T= temperatura media mensual (°C); se supone una distribución normal.

La disminución de las temperaturas con altitud creciente se ha calculado, con base en ocho estaciones, en un valor promedio de 0,55 °C por cada 100 m de elevación. Esto coincide aproximadamente con el valor general de 0,56 °C por cada 100 m de elevación calculado por Rudloff (1981) para climas tropicales. Las temperaturas máximas absolutas mensuales llegan a los 15 y 16 °C a 3 365 msnm, mientras que las mínimas llegan a 0 °C o aún por debajo. Temperaturas inferiores a 0 °C ocurren sólo en épocas de pocas lluvias y se trata exclusivamente de heladas que se presentan en horas del amanecer, resultantes de una fuerte radiación nocturna con cielo claro. El límite inferior de la helada, debajo del cual apenas se presentan temperaturas de -2 °C, se encuentran a los 2 500 msnm. La intensidad y ocurrencia de heladas por encima de este límite, frecuentemente están condicionadas más por el relieve y la exposición que por la altitud (vientos de gradientes, bolsas de aire frío).

Las precipitaciones anuales ascienden a unos 2 500 mm (Villa Mills, Cuadro 1). De esta cantidad, aproximadamente un 90% cae como lluvia de convección entre los meses de mayo y noviembre. Con excepción del "veranillo" (julio-agosto), los valores de precipitación mínima absoluta mensual de la época de lluvias se encuentran sobre los 120 mm. Los meses más lluviosos son setiembre y octubre, con máximas absolutas mensuales hasta por encima de 1 000 mm. En 43 años de observaciones en Villa Mills, se registró un total de diez meses con 0 mm de lluvias, durante los meses de "verano". Los valores medios mensuales en febrero y marzo se califican según el índice de de Martonne como áridos; sin embargo, estos ocurren solamente con una probabilidad de 60% (Cuadro 1). Esta inseguridad en la ocurrencia de meses secos debe tenerse en cuenta en la interpretación ecológico-silvicultural de la época seca, particularmente en relación al ritmo anual de crecimiento de los árboles.

### 2.3 Aspectos geológicos, topográficos y edáficos

En el área de la cordillera de Talamanca tuvieron lugar actividades volcánicas y tectónicas sólo hasta el mioceno. El levantamiento inicial de la cordillera se efectuó en el oligoceno medio y luego de un largo período de inactividad llegó a su fin con el plegamiento y la actividad intrusiva en el mioceno medio, al tardío. Mediante una fase de "desgaste" y "relleno" se formó la estructura de la actual cordillera de Talamanca, con planicies altas en la región de las crestas y quebradas erosionadas, de fuerte caída en las laderas.

En las partes más bajas de la zona de investigación se presentan sedimentos marinos mezclados con roca volcánica, mientras que en la parte superior, sobre los 3 000 msnm, se encuentra superficialmente magma del terciario. Del vulcanismo del terciario se originó sobre todo basalto y andesita (cuarzo-lateandesita, leucocuarzo-andesita, cuarzo-andesita) y del tectonismo del mioceno: tobas arenosas, gabros, granito, granodiorita, entre otros minerales. Su distribución es bastante heterogénea y apenas puede ser descrita mediante la cartografía geológica. Weyl (1961, 1980) ofrece una visión general de las complejas



relaciones, en su descripción de un corte geológico a lo largo de la carretera Interamericana.

La influencia de las épocas de hielo durante el pleistoceno se puede reconocer en las cumbres más altas de la cordillera de Talamanca, donde Weyl (1955) reconoce erosión glacial (morenas).

En ciertas áreas de pendientes, extensos deslizamientos y derrumbamientos de tierra causados por soliflucción durante el holoceno, produjeron un relieve aplanado con estructura estable. Sin embargo, aún en tiempos más recientes se observan procesos dinámicos geológicos y de formación de suelo. Lluvias de cenizas, producto del vulcanismo activo en la cordillera Central, se depositaron sobre la zona de investigación, como lo demuestra el contenido de halofano en los horizontes A de ciertos suelos (Knoblich *et al.*, 1977).

Información detallada sobre la geología de la cordillera de Talamanca se encuentra en: Ballmann (1976), Bergoeing y Malavassi (1982), Dengo (1962), Hall (1984), Janzen (1983), Madrigal y Rojas (1980), Pichler y Weyl (1975), Weyl (1955, 1957, 1961, 1980). De acuerdo con la carta geológica de Bergoeing y Malavassi (1982), el bosque estudiado se localiza en la parte limítrofe de la zona de sedimentación del holoceno, con rocas intrusivas del terciario y volcánicas del mioceno.

Desde el punto de vista topográfico, la zona se caracteriza por su ubicación en una cresta central. Sin embargo, ya en las partes más altas es interrumpida por quebradas en forma de V, profundamente disectadas: éstas son las fuentes de los ríos más grandes del país. Las faldas montañosas se caracterizan por el constante cambio entre quebradas en forma de V y elevaciones ubicadas entre éstas. Las pendientes son allí bastante empinadas y varían entre 30 y 65% en el lado del Atlántico y hasta 80% o más en el lado del Pacífico.

Según la clasificación zonal de Nuhn (1978), los suelos de la zona se clasifican como litosoles. Los mapas de la Oficina de Planificación del Sector Agropecuario (OPSA, 1979) y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, 1983) proporcionan una información más precisa sobre morfología y composición de estos suelos. Estos mapas se basan en el sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1975). OPSA clasifica los suelos de las partes más bajas de la zona de robleales como Tropepts (suelos montañosos originados de sedimentos del pleistoceno) y los suelos de las partes altas como Andepts (suelos de ceniza, andosoles) y Humods (podsoles húmicos). Según CATIE (1983), en las zonas entre 1 500 y 2 400 msnm dominan las tierras marrones (Humitropepts), provenientes de sedimentos y las tierras marrones ácidas (Dystropepts), asociadas con Dystrandeps, que están formados de cenizas volcánicas. Entre los 2 500 y 3 000 msnm, el tipo de suelo más ampliamente distribuido es el Placandep, el cual se origina de material volcánico y se caracteriza por una delgada deposición de hierro debajo del horizonte A; con este tipo de suelo se asocia el Dystrandep. Por encima de los 3 000 msnm dominan suelos incipientes (Tropofilist) junto con el Placandep y el Tropofibrist.

## 2.4 Vegetación

Según el Sistema de Clasificación de la Vegetación de Holdridge (1947, 1971), los robledales pertenecen a la zona de vida Bosque muy Húmedo Montano Tropical. Otras denominaciones comunes para el bosque estudiado son: bosque de neblina ("Nebelwald", Lauer, 1952), selva nublada (Lamprecht, 1972), bosque nublado ("Wolkenwald", Lamprecht, 1972), bosque montañoso de neblina ("Bergnebelwald", Vareschi, 1980), "cloud forest" (Sudgen, 1983, entre otros). En el presente trabajo se utiliza el término bosque nublado, en el sentido de Lamprecht (1972).

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1947), en altitudes de 800 a 1 800 msnm se encuentra el Bosque muy Húmedo Premontano. Esta formación se presenta en zonas muy lluviosas (más de 5 000 mm anuales), con bosques siempreverdes, de una alta riqueza de especies y alta densidad de individuos en los estratos medio e inferior. Las palmas y helechos arbóreos son frecuentes. Mientras que en las partes inferiores dominan representantes arbóreos de familias tropicales como Palmae, Meliaceae, Sapotaceae y Leguminosae, a partir de los 1 200 msnm, medran componentes holárticos.

Según Holdridge *et al.* (1971), entre los 1 800 y 2 700 msnm se extiende el Bosque muy Húmedo Montano Bajo. Este tipo de bosque siempreverde se diferencia del anterior por la mayor abundancia y dominancia de *Quercus* y otros géneros holárticos, como *Ilex*, *Magnolia* y *Viburnum*. El total de especies disminuye y la densidad de los estratos medio e inferior es menor, las palmas son escasas, pero abunda el bambú. Los árboles del dosel inferior se distinguen por sus hojas coriáceas, porte arbustivo y regeneración a partir de rebrotes. El techo de las copas alcanza en general los 30 m, unos 5 m menos que la altura del techo del Bosque muy Húmedo Premontano; sin embargo, rodales dominados por *Q. copeyensis* pueden alcanzar alturas de hasta 50 m.

A partir de 2 700 a 2 800 msnm aparece el Bosque muy Húmedo Montano. En este tipo de bosque siempreverde se reduce el número total de especies e individuos, las copas de los árboles son más pequeñas, redondas y compactas, las hojas son coriáceas, incluso las de los árboles del estrato superior. El bambú domina el estrato inferior y es llamativa la alta densidad de musgos en árboles y sobre el suelo.

En general, las tres formaciones boscosas tienen como características comunes la alta riqueza de epífitas (entre otras Araliaceae, Bromeliaceae, Guttiferae, Orchidaceae, Bryophyta, Filicinae) y la alta ocurrencia de helechos de suelo y de porte arbóreo (*Cyathea* spp.). Los helechos alcanzan en el Bosque muy Húmedo Premontano la mayor abundancia (más de 10 000 N/ha en Tapantí) y disminuyen con la altitud (500 N/ha en La Chonta). Igualmente, el número de epífitas disminuye con la altura (véase también Stiles, 1982).

La clasificación de Holdridge (1947) ofrece sólo una visión general de la zonificación de los robledales. Es evidente que de acuerdo con la exposición y al relieve, subsisten grandes diferencias en estructura y composición de la vegetación. Por ejemplo, en las pendientes hacia el sur se comprueba una mayor riqueza florística, siendo nuevamente las especies tropicales de mayor ocurrencia que las holárticas. Los lugares

protegidos por el viento son más ricos en especies y las alturas totales de los árboles son mayores. En los sitios que colindan con las quebradas del Bosque muy Húmedo Montano Bajo se desarrolla una vegetación rica en Melastomataceae y Filicinae y se reduce la presencia de los robles, usualmente dominantes. Weber (1959) describe sitios marcados por factores edáficos en los que no se encuentran robles.

Característico en la región del bosque nublado es el denso sotobosque de bambú (*Chusquea*, entre otros). Su ocurrencia es natural, tal como lo demostró Martin (1964) mediante un análisis de polen. Este autor pudo datar polen de *Chusquea* a 6 m de profundidad hasta de 36 000 años de antigüedad, si bien se llega a encontrar polen hasta los 14 m de profundidad. Según el diagrama de polen, *Chusquea* y *Quercus* han dominado en conjunto la vegetación durante los últimos 8 000 años.

Las formaciones de bosque secundario se encuentran en áreas de deslizamientos y pastizales. Rodales puros de *Alnus acuminata*, especie pionera típica, se forman en deslizamientos libres de vegetación y la especie medra incluso sobre rocas al descubierto. Sin embargo, el jaúl falta completamente en el bosque primario, con excepción de rodales en terrenos flojos con exposición sur y en los bordes aclareados del bosque. Los primeros colonizadores sobre pastizales son, por lo general, especies arbóreas que también ocurren en el bosque primario, tales como *Clusia spp.*, *Drimys spp.*, *Grammadenia spp.*, *Magnolia spp.* y *Weinmannia spp.* En cuanto a las especies arbustivas de carácter pionero se encuentran representantes de Chloranthaceae, Ericaceae, Melastomataceae y *Rubus spp.* (mora), esta última de rara presencia en el bosque primario. Igualmente típico es un desarrollo denso y prácticamente impenetrable de bambúes.

A una altitud de aproximadamente 3 050 a 3 100 msnm, el Bosque muy Húmedo Montano se convierte gradualmente en el páramo, una planicie alta y yerma, libre de árboles. Como especies de transición se observan, además de las especies secundarias ya mencionadas, otras como *Escallonia myrtilloides* y *Vaccinium consanguineum*. En la zona de estudio, el páramo se localiza en el Cerro de la Muerte y se compone de una comunidad de arbustos con un promedio de altura de 0,5 a 2 m, en la cual sobresalen *Chusquea subtesselata* y los arbustos *Senecio e Hypericum*. En ciertos lugares se encuentran áreas de gramíneas libres de arbustos, predominantemente *Calamagrostis*. Weber (1959) proporciona información detallada sobre este páramo y su relación con los páramos andinos.

## 2.5 Antecedentes histórico-forestales

Los datos históricos disponibles no permiten sugerir influencias antropogénicas considerables en los robledales de la zona estudiada, hasta la construcción de la Carretera Interamericana en 1942-45 (Schubel, 1980).

Bevan (1943), quien acompañaba la construcción de la carretera, se mostró impresionado por las dimensiones de los árboles y la homogeneidad del bosque ("it simply couldn't be true"). Otros

documentos hacen suponer que la región estuvo prácticamente imperturbable antes de la construcción de la Interamericana. Muller (1942), con material de herbario de 1874, 1925 y 1940, describe al *Quercus copeyensis* como un árbol de 15 m de altura y aún más pequeño; ciertamente que este autor no supo de las verdaderas alturas de 50 m y más que alcanzan estos árboles. Dayton (1944) habla de una selva virgen "of almost pure stands, quite unlike any forest seen in tropical America before". Merker *et al.* (1943) proporcionan las primeras referencias sobre la región, llamando la atención sobre una tendencia incipiente de deforestación por los carboneros y la posterior conversión a pastizales.

Durante la construcción de la carretera Interamericana, la madera del roble fue empleada para puentes y construcciones en general (Dayton, 1944). Posteriormente, se expandió el aprovechamiento de la madera de las zonas premontana y montana, se extrajeron selectivamente trozas de roble de 2,5 m de largo para la elaboración de madera aserrada, durmientes y pilotes (Schubel, 1980). En los años sesenta, empresas madereras efectuaron cortas a talarrosa para exportar hacia Europa trozas de roble y de *Podocarpus*, utilizadas para la fabricación de toneles de vino y muebles. Esta situación hizo afirmar a Aubreville (1966) que los robledales habían sido destruidos.

Con la apertura de la carretera y hasta principios de los años setenta, gran cantidad de pobladores se establecieron en la zona de los robledales. Su principal actividad productiva era la elaboración de carbón. No obstante, mediante la disposición transitoria de protección del robledal por los decretos de 1974 y la creación de las reservas forestales de Río Macho (92 000 ha) y Los Santos (62 000 ha), se restringió fuertemente la explotación de madera y carbón (Hartshorn *et al.*, 1983). El número de familias que vivía de la elaboración de carbón disminuyó a un tercio entre 1972 y 1976 (Siles, 1980).

La protección de los bosques está firmemente arraigada en la actual coyuntura político-forestal de Costa Rica, debido principalmente a que el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) asegura en parte el abastecimiento de energía eléctrica del país con una represa ubicada justamente en el límite norte de la zona de investigación. Sin embargo, la situación actual de los robledales montanos debe ser calificada como inestable. Por un lado, con las disposiciones protectoras del bosque se priva a la población local de una parte importante de su sostén de vida. Por otro lado, la fuerte deforestación de los bosques de las tierras bajas habrá de conducir, en fecha no lejana, a una rápida escasez de madera en el mercado nacional. De esta manera, la demanda tendrá que ser cubierta parcialmente por los bosques montanos de roble, lo que con toda seguridad significará su destrucción definitiva, si se emplean las técnicas de cosecha tradicionalmente utilizadas en el país.

### 3. METODOS

#### 3.1 Levantamientos en el bosque

##### 3.1.1 Delimitación del rodal en estudio.

Dentro del bosque primario se delimitó el rodal de estudio mediante un sistema de unidades rectangulares y contiguas (parcelas) de 20 x 25 m (500 m<sup>2</sup>). Se levantó una superficie total de 12,35 ha, es decir 247 parcelas.

##### 3.1.2 Topografía y caracterización del suelo

Se midió la pendiente a lo largo de los linderos de las parcelas. La altitud del punto de esquina correspondiente a la primera parcela, se fijó con el altímetro en 2 700 msnm y todas las cotas posteriores se relacionaron con esta altitud inicial. Finalmente, se calcularon las curvas de nivel y se dibujaron en un mapa-base a escala 1:1 000 con una equidistancia de 2 m.

Con la ayuda de este mapa-base se determinaron arbitrariamente los lugares para la descripción de los perfiles de suelo. Se practicaron calicatas de una profundidad de 120 cm, en cada una de las cuales se procedió a la delimitación del horizonte de deposición orgánica y de los horizontes del suelo; se determinó el color de los horizontes según la cartilla de colores Munsell (1954) y se efectuó la descripción de la estructura, textura y enraizamiento. Posteriormente, se tomaron muestras de suelo de horizontes seleccionados, que fueron sometidos a análisis de laboratorio. Con base en estos perfiles se diferenciaron los tipos de suelo.

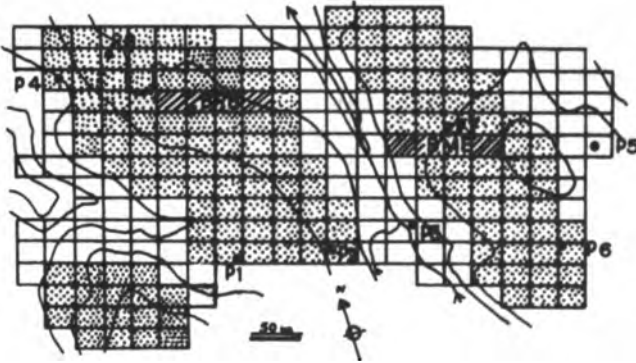
El mapa de suelos del rodal en estudio se elaboró con base en 61 perforaciones adicionales, distribuidas al azar sobre toda la superficie de levantamiento y con la profundidad necesaria para llegar al horizonte de diferenciación.

##### 3.1.3 Vegetación

En una primera fase de trabajo se midieron todos los árboles, arbustos y helechos arbóreos con un diámetro a la altura del pecho (d) igual o mayor a 5 cm y se anotaron sus nombres vernáculos. Además, en subparcelas de 2 x 2 m se describió la vegetación de bambú según sus características vegetativas y se contaron sus culmos. El material así recopilado sirvió de base para la separación de los tipos de bosque.

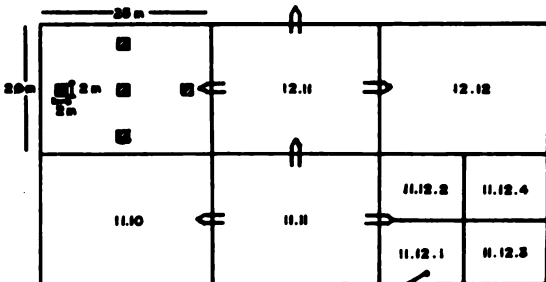
Luego de una evaluación intermedia, que sirvió para clarificar posibles criterios de estratificación en función del sitio, se efectuó un levantamiento estructural por compartimientos, según la metodología de Brun (1976). El diseño y los parámetros utilizados en el levantamiento se resumen en la Figura 2.

### Disposición de las parcelas.

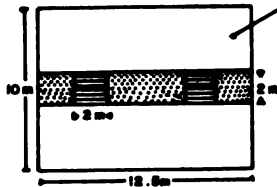


- ▨ Parcelas de análisis estructural.
- Ubicación de los perfiles estructurales.
- Ubicación de los perfiles de suelo.

### Disposición de los compartimentos.



■ Compartimento del bombú.



- Estrato arbóreo, 500 m<sup>2</sup>,  $d > 5$  cm,  
Parámetros: especie,  $d$ ,  $h$ ,  $hc$ ,  $p$ ,  $T$ ,  $C$ .
- ▨ Estrato arbustivo, 25 m<sup>2</sup>  $1\text{ cm} < d < 5$  cm  
Parámetros: especie,  $d$ ,  $h$ .
- Regeneración, 8 m<sup>2</sup>,  $h > 50$  cm y  $d > 1$  cm  
Parámetros: especie y  $h$ .

Figura 2. Disposición de las parcelas y de los compartimentos en los levantamientos en el bosque natural.

El diámetro fue tomado en forma cruzada con una forcípula de precisión. Antes de la medición se limpió cada tronco de musgos y lianas. Los árboles con gambas o aletas fueron medidos por encima de las mismas. La altura total (h) y la altura hasta la base de la copa (hc) se midieron en todos los árboles, por medio de una "vara telescópica" extensible o un hipsómetro. Los dos diámetros de la copa se estimaron en dirección norte-sur y este-oeste como proyección (p) de la copa, con una cinta métrica sujeta a la altura de los ojos.

La "tendencia del árbol" (Blaser, 1984) es un parámetro ordinal, con escala de tres cifras que evalúa cualitativamente la posición de la copa del árbol (en comparación con la de sus vecinos más cercanos), la conformación de la copa y la calidad del fuste. Este parámetro se estimó en los árboles con diámetro superior a los 5 cm.

En una tercera fase de trabajo se registraron los árboles muertos en todo el bosque en estudio, tanto en pie, como sobre el suelo. Se agruparon en forma ordinal-escalada, dentro de tres clases: a) 10-24 cm dap, b) 25-49 cm dap y c) mayores de 50 cm dap; en esta última se incluyó adicionalmente el diámetro en clases de 10 cm. Para los árboles muertos en el suelo, se estimó, además la posición de los puntos inicial y final del tronco con una precisión de 1 m, ayudándose para esto de las líneas limítrofes entre las parcelas. Aparte, se anotó el grado de pudrición de la madera: 1) inicial en la corteza, 2) corteza podrida, 3) albura en pudrición, así como la naturaleza de la caída (desraizamiento o quiebra del tronco).

Finalmente, para fines de ilustración se elaboraron dos perfiles estructurales (según Lamprecht, 1958) y se registró arbitrariamente en el campo la posición y extensión de claros del dosel visualmente perceptibles, los cuales se incluyeron en el mapa-base de las parcelas.

#### **3.1.4 Análisis del fuste y muestras de madera**

En un total de 170 árboles, en el suelo, se midió el diámetro y la altura total, así como los diámetros del tronco a intervalos de 2 m. Además, se anotó la tendencia del árbol antes de la caída y se tomó una rodaja de madera a 1,3 m de altura del tronco. Este último material sirvió para un análisis de los anillos de crecimiento.

### **3.2 Evaluación**

#### **3.2.1 Muestras botánicas**

Se herborizaron muestras de hojas, flores y frutos de todas las especies vegetales con alturas mayores a 50 cm, para su identificación en el herbario (ver la lista de especies en el Anexo 1).

### 3.2.2 Muestras de suelo

Los análisis físico-químicos del suelo fueron conducidos según los métodos descritos por Black *et al.* (1965), Díaz-Romeu y Hunter (1978) y Meiwes *et al.* (1984). Adicionalmente, se determinó el fósforo según el método de Olsen y las curvas de absorción de fósforo de horizontes seleccionados, según Alvarado (1982). Los halofanos se comprobaron con la determinación del pH NaF (2 minutos). Los suelos fueron clasificados de acuerdo con la taxonomía de suelos USDA (1975) y Fitzpatrick (1984).

### 3.2.3 Vegetación

El estudio se llevó a cabo según el principio estadístico de la recolección de datos en forma de un levantamiento total. Para fines de comparación, se incluyeron otras dos superficies de 2 ha ya levantadas en la zona de investigación: División (2 100 msnm, en posición sur) y Asunción (2 850 msnm, en posición norte). La evaluación y análisis se apoyan en métodos descritos por Lamprecht (1986).

Para el procesamiento se utilizó el computador SPERRY 1100-83 ("UNIVAC"). Los análisis estadísticos se realizaron de manera independiente, utilizando los paquetes SPSS-X (versión 2.2.), PSP (Palmer's Statistical Package), desarrollado por H. y J. Palmer en el Instituto Forestal de Oxford, y MVA (Marmillod's Vegetation Analysis), desarrollado por D. Marmillod en el Instituto de Silvicultura, Göttinga, Alemania.

### 3.2.4 Muestras de madera

En los trópicos húmedos no se puede inferir una periodicidad anual sólo con base en la existencia de eventuales anillos de crecimiento en la madera, a causa de la ausencia de un período de descanso o inactividad fisiológica condicionada por la temperatura (Borman y Berlyn, 1980). Por ello, es preciso definir la naturaleza y periodicidad de los anillos observados, para lo cual se analizaron tres enfoques :

- Análisis macroscópico de los anillos de crecimiento,
- Determinación de la edad por medición del ancho de los anillos de crecimiento ("cross dating"), y
- Método del radiocarbono ( $C^{14}$ ).



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Caracterización edáfica del sitio

El rodal en estudio se ubica en tres colinas, con altitudes de 2 700 msnm y dos fondos de valle, en parte estrechamente cortados, con altitudes medias de 2 670 msnm. La pendiente promedio es de 20%, con extremos de 0% hasta más de 70%.

En los Cuadros 2 y 3 se presentan los datos físico-químicos para los perfiles de suelo. Llama la atención los valores bajos de densidad aparente y altos de porosidad en todos los perfiles, lo que permite deducir el origen volcánico de las partículas de suelo. Esto también se deduce de los altos valores de pH NaF que indican una alta presencia de halofanos.

En resumen, los suelos del bosque estudiado van de ácidos hasta muy ácidos, con material mineral compuesto por viejos productos meteorizados de origen volcánico. En general, son ricos en materia orgánica, hasta en el subsuelo, con una relación C/N relativamente estrecha y cantidades bajas de cationes. Su porosidad es alta, en concordancia con su origen volcánico. Las diferencias entre los tipos de suelos están dadas especialmente por el régimen hídrico y las condiciones de drenaje correspondientes. De esta manera, se encuentran capas gruesas de humus, poco descompuesto, sobre horizontes A "seudogleyizados" y horizontes B compactos, libres de fragmentos rocosos y con drenaje fuertemente impedido. Estos suelos probablemente se formaron por soliflucción. Por otro lado, debajo del humus de tipo de transición, se encuentran suelos con un marcado horizonte Ah y horizontes B y C poco diferenciados, entremezclados con rocas andesítico-basálticas. En los riachuelos se registra una acumulación de nutrimentos en condiciones de menor acidez. Aquí se presentan "gleys" bajo una manifiesta influencia del agua subterránea.

Los ocho perfiles de suelo analizados se asignan al orden Inceptisol (USDA, 1975), en los tres subordenes: Andepts, Tropepts y Aquepts. En el sistema de clasificación de FAO-UNESCO (1974), los suelos encontrados corresponden a los tipos Andosoles, Cambisoles y Gleysoles.

Los Andepts son suelos originados de cenizas volcánicas. Tienen una densidad aparente (para una tensión de 1/3 de bar) menor de 0,85 g/cm<sup>3</sup> en los primeros 35 cm y una alta proporción de material amorfo, estando el límite fijado a un pH NaF mayor que 9,4 (2 minutos) a partir del horizonte cámbico B.

Debido a la presencia de una delgada acumulación de óxido de hierro en el límite entre el suelo y el subsuelo ("horizonte plácico"), los Andepts se clasifican además en el gran grupo Placandept. El tipo de suelo de P6 y P7 se designa por ello como Typic Placandept. Si falta el horizonte plácico y permanece la saturación de bases por encima de 50%, el suelo se clasifica en el gran grupo Dystrandept. Los suelos de los perfiles P1, P2, P4 y P8 se designan consecuentemente como Typic Dystrandept.

**Cuadro 2. Características físico-químicas de los perfiles de suelo en el rodal en estudio.**

Perfil de suelo/horizonte y profundidad (cm)	área %	limo %	arcilla %	Ph NaF	densidad de vol.seco 2 min. (g/cm <sup>3</sup> )	volumen de poros	materia orgánica	C %	N %	C/N
<b><u>P1 Dystrandent (cima)</u></b>										
A1 0-15	77,2	15,6	7,2	8,4	0,54	75	22,4	13,5	1,0	13
B1 15-32	77,0	13,2	9,8	11,2	0,67	72	8,0	4,5	0,3	15
B2 32-50	71,8	6,4	21,8	11,3	0,71	72	3,9	2,1	0,2	10
<b><u>P2 Dystrandent (ladera superior)</u></b>										
A1 0-5	75,8	14,4	9,8	8,8	0,53	76	28,1	18,0	1,1	16
B1 5-25	70,6	16,6	12,8	11,0	0,66	73	6,2	4,1	0,4	10
<b><u>P4 Dystrandent (transición cima /ladera superior)</u></b>										
A1 0-35	76,8	5,5	17,7	10,6	0,58	74	20,9	12,7*		
B1 35-76	78,2	11,8	10,0	11,0	0,67	72	14,8	9,0*		
B2 76->130	88,0	2,0	10,0	10,1	0,79	70	9,7	5,9*		
<b><u>P3 Andosol (fondo de valle, al lado de quebrada)</u></b>										
A1 0-12	62,6	26,6	10,8	8,9	0,34	84	7,5	4,6	0,8	6
A2g 12-17	47,2	27,6	25,2	9,0	0,65	72	2,8	1,9	0,3	6
B2g 17-41	47,2	24,6	28,2	9,0	0,91	60	sp		0,08	
BC 41->49	69,2	16,6	14,2	10,4			sp		0,05	
<b><u>P5 Andic Humitroent (transición ladera superior - ladera inferior)</u></b>										
A1 0-6				7,5	0,36	81	41,5	24,2	1,5	16
A1g 6-7	63,4	21,5	15,2	7,8	0,54	79				
B1g 7-22	35,4	18,4	46,2	8,9	0,62	74	3,7	2,2	0,3	7
B2h 22-40	53,8	16,0	32,2	11,2			4,7	2,8	0,3	9
B2t 40->60	39,4	11,4	49,2	10,7			6,0	3,5	0,2	17
<b><u>P6 Placandent (llano ligeramente inclinado)</u></b>										
A1g 0-11	16,8	29,5	53,7	7,3	0,79	67	15,0	9,8	0,5	20
A2h 11-31	76,8	5,2	18,0	10,5	0,71	71	18,3	7,6	0,4	18
B2t 31->130	54,6	7,7	37,7	10,3	0,70	74	6,1	0,9	0,1	11
<b><u>P7 Placandent (pendiente suave)</u></b>										
A1g 0-13	24,4	27,8	47,8	7,4	0,74	68	18,0	9,6	0,4	22

\* Estimación: materia orgánica dividida entre 1,64  
 Volumen de poros: 100x (densidad de volumen seco/densidad de sustancia)= 2,0-27 g/m<sup>3</sup>

**Cuadro 3. Características químico-físicas de perfiles de suelo en el bosque en estudio.**

Perfil de suelo horizonte y profundidad (cm)	Cation intercambiable valor $X^{15}$						CICe (pH) mval/ 100 g	CICt (pH 0,8) mval/ 100 g	CICe: Cict	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	pH KCI 1:2,5	P. disp. ppm p/g /solic suelo
	Iones básicos			Iones ácidos								
	Ca	Mg	K	Na	Mn	Al(H,Fe)						
<b><u>P1 Dystrandent (cima)</u></b>												
A1 0-15	7,4	12,5	9,4	2,4	0,2	68,1	4,99	48,8	0,10	4,4	3,8	2,2
B1 15-32	5,2	4,7	4,2	3,4	0,4	82,1	2,32	36,8	0,06	4,8	4,3	0,4
2 32-50	9,6	6,0	8,4	1,1	0,2	75,8	0,83	32,9	0,03	5,0	4,4	0,2
<b><u>P2 Dystrandent (ladera superior)</u></b>												
A1 0-5	9,0	6,4	7,2	2,2	0,3	74,9	6,41	53,8	0,12	4,1	3,4	1,7
B1 5-25	2,9	5,5	3,1	1,3	0,8	86,4	3,82	34,0	0,11	4,7	3,9	0,5
<b><u>P4 Dystrandent (transición cima/ladera superior)</u></b>												
A1 0-35	6,0	6,8	2,1	0,5	0,3	84,3	8,04	57,2	0,14	4,3	3,9	
B1 35-76	5,9	12,2	1,4	0,3	0,1	80,1	2,87	36,6	0,08	5,0	4,3	
B2 76->130	10,3	12,1	5,2	0,0	0,0	72,3	0,58	38,4	0,01	5,3	4,6	
<b><u>P8 Dystrandent (borde inferior de un barranco)</u></b>												
A1 0-5	6,9	5,9	3,2	0,2		83,8	9,84	78,0	0,13	4,3	3,8	
B2 5-55	16,3	19,7	1,1	0,2		62,7	2,73	32,4	0,13	5,4	4,8	
<b><u>P3 Andaquept (fondo de valle al lado de quebrada)</u></b>												
A1 0-12	36,4	10,2	5,8	1,0	2,0	44,6	6,05	37,7	0,16	4,7	4,0	4,8
A2g 12-17	4,2	5,5	3,6	0,7	1,7	84,3	7,47	22,6	0,33	4,9	4,1	1,7
B2g 17-41	0,5	0,9	1,9	0,6	0,1	96,0	9,16	19,9	0,46	4,9	4,1	0,6
BC 41->49	0,5	0,6	1,2	0,5	0,1	97,1	12,77	17,6	0,73	5,0	4,1	0,7
<b><u>P5 Andic Humitropept (transición ladera superior-ladera inferior)</u></b>												
A1 0-7	2,3	16,7	4,7	0,9	0,1	75,3	9,10	63,9	0,14	3,8	3,2	0,6
B1g 7-22	1,0	24,2	2,5	1,0	0,0	71,3	4,07	31,5	0,13	4,7	3,8	0,4
B2h 22-40	1,1	3,8	3,0	1,1	0,1	90,9	2,64	32,6	0,08	5,1	4,3	0,5
B2t 40->60	2,6	3,1	3,7	1,0	0,1	89,5	1,90	23,4	0,08	5,2	4,3	0,3
<b><u>P6 Placandent (llano ligeramente inclinado)</u></b>												
A1g 0-11	8,1	3,4	0,9	0,3		87,3	12,50	32,4	0,38	3,7	3,1	0,6
A1h 11-31*	1,9	11,9	0,5	0,0		85,7	8,75	53,2(?)	0,16	4,6	3,9	0,3
B2t 31-99	10,7	23,7	0,1	0,0		64,5	6,34	32,1	0,20	4,9	4,2	0,2

\* Entre el horizonte A y B se encuentra una capa delgada y discontinua de óxido de hierro (Bir<sub>m</sub>)

En la zona de investigación, los Tropepts se encuentran predominantemente en las pendientes. En el rodal estudiado, el suelo de P5 se clasifica en el gran grupo Humitropept, porque el horizonte A está poco desarrollado, posee más de 25% de materia orgánica y se diferencia de un horizonte hístico por su densidad aparente mayor de 0,1 g/cm<sup>3</sup>. Adicionalmente, P5 presenta menos material amorfo que los Andepts (pH NaF menor que 9,4 en el horizonte cámbico B), aunque lo suficiente para ser clasificado bajo la denominación de tipo de suelo Andic Humitropept.

Los Aquepts son suelos hidromórficos con o sin presencia de un horizonte orgánico y horizontes B grisáceos con moteados de óxido-reducción. En el rodal estudiado, el P3 cumple con este criterio, y debido al origen volcánico del material original, el suelo se designa como Andaquept.

En depresiones de terreno se presenta ocasionalmente un tipo de suelo que no fue analizado. Se trata de un suelo hidromórfico con una capa orgánica de 40 a 70 cm ("turba") y una densidad aparente de 0,1 g/cm<sup>3</sup>, que pertenece al orden Histosol. Este suelo se designa como Troposaprist o Tropofibrist, según el grado de desintegración de los residuos vegetales.

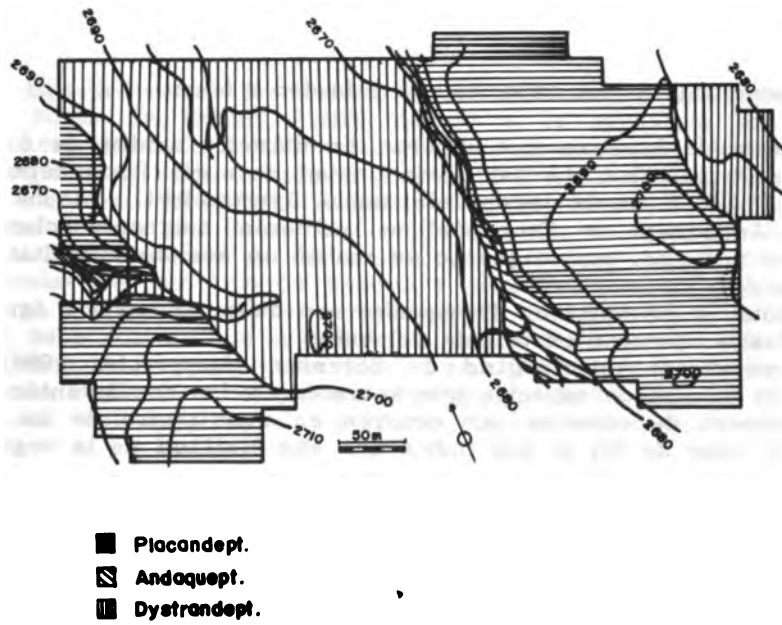
En la Figura 3 se presenta el mapa de suelos. Dystrandept y Placandept se designan como unidades de suelo y comprenden cerca del 90% de la superficie del rodal (con 6,2 y 5,3 ha, respectivamente), mientras que el restante 10% fue separado como unidad de suelo Andaquept. La pureza de las unidades del mapa de suelos es de 84% en el Placandept y de 65% en el Dystrandept.

Las pendientes medias son bastante similares en ambos tipos de suelo, con valores de alrededor de 20%. Sin embargo, en el Placandept se da una mayor proporción de sitios en planicie, aunque también posiciones más empinadas que en el Dystrandept.

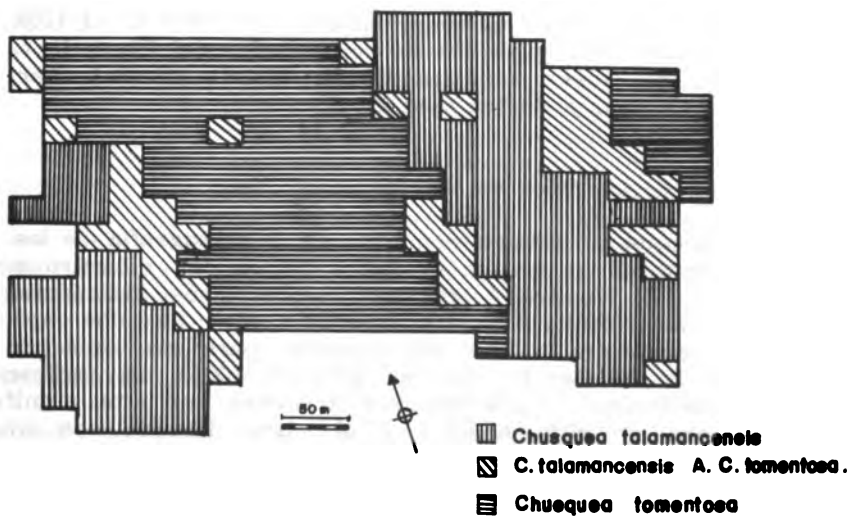
## 4.2 Tipos de bosque

### 4.2.1 Frecuencias de la vegetación de bambú

En el rodal en estudio ocurren tres especies de bambú: *Chusquea talamancensis*, *Chusquea tomentosa* y *Chusquea subtilis*. Del análisis de frecuencia, resulta que *Ch. tomentosa* se presenta en 98% de las parcelas en las que predomina el suelo Dystrandept y solo en 8% de las parcelas en suelo Placandept. En cambio, *Ch. talamancensis* ocurre solo en 16% de las parcelas en suelo Dystrandept y en todas las parcelas del suelo Placandept. *Ch. subtilis* se encuentra exclusivamente al borde de quebradas o sitios húmedos. La distinta ocurrencia de las especies y su marcada relación con los tipos de suelo se ilustra también en el mapa de tipo reticular de distribución del bambú, confeccionado sobre la base de las parcelas de 500 m<sup>2</sup> (Figura 4). En comparación con el mapa de suelo de la Figura 3, es evidente que la vegetación de bambú puede servir como indicador confiable del sitio edáfico en el rodal de estudio.



**Figura 3.** Mapa de unidades de suelo del rodal en estudio.



**Figura 4.** Mapa de distribución de los bambúes en el rodal en estudio.

#### 4.2.2 Frecuencias de las especies con diámetro $\geq 5$ cm

La presencia de especies que superan un diámetro mínimo de 5 cm se estimó en 96 parcelas (4,8 ha) de la unidad de suelo Placandep y 102 parcelas (5,1 ha) de la unidad de suelo Dystrandep. A los sitios edáficos Andaquept y Tropepts no pudieron asignarse claramente suficientes parcelas, por lo que no se realizó un análisis cuantitativo de la vegetación.

En total se encontraron 43 especies con diámetro mayor o igual a 5 cm, las cuales aparecen en la lista del Anexo 1.

El coeficiente de similitud de Sørensen (Lamprecht, 1986), que compara el número de especies que aparecen en los dos levantamientos, con el número de especies que ocurren en uno u otro de los sitios, alcanzó el valor de 88, lo que indica una alta similitud de la vegetación en ambos tipos de suelo.

Según la prueba de chi-cuadrado, utilizando la corrección de Yate (Greig-Smith, 1964), las especies *Quercus costaricensis*, *Grammadenia myricoides*, *Prunus cornifolia*, *Vaccinium consanguineum*, *Clethra gelida*/*C. molinae*, *Drimys granadensis* y *Ocotea pittierii*/*O. holdridgeana* son, con una alta significancia, más frecuentes en el Placandep que en el Dystrandep. Las cuatro primeras exhiben igualmente una alta constancia en el sitio Placandep. Del mismo modo, a un nivel más bajo de significancia, un grupo de seis especies, entre ellas la maderable comercial *Podocarpus macrostachyus*, muestran preferencia por el Placandep.

En el Dystrandep, sólo el arbusto *Ardisia glandulosa-marginata* presenta una preferencia altamente significativa por este sitio, aunque también la Meliaceae *Trichilia havanensis* ( $P < 0,0025$ ) y *Quercus copeyensis* ( $P < 0,05$ ). Esta última especie se presenta en el 100% de las parcelas del Dystrandep y en 93% de las parcelas del Placandep.

Un grupo de nueve especies tienen distribución al azar, entre otras, *Weinmannia* spp. y *Ocotea austinii*.

#### 4.2.3 Definición de los tipos de bosque

Los tipos de bosque se definen con base en la cartografía de los suelos y de los valores de frecuencia de las especies con diámetro mayor o igual a 5 cm. El Cuadro 4 resume las "especies indicadoras" más importantes y sus relaciones con el tipo de suelo. Las dos especies de *Chusquea*, a causa de la alta significancia para los tipos de suelo ( $P < 0,001$ ) y la constancia más elevada (98-100%), se definen como "especies diferenciales". Las especies arbóreas con alta significancia ( $P < 0,001$ ) para un sitio edáfico y al mismo tiempo, con una alta frecuencia, se denominan "especies características". Como "especies constantes" se designan las que son frecuentes en ambos tipos de bosque, esto es, pertenecen a la clase 80-100% en el diagrama de frecuencias. Aunque a estas especies se les asigna valor indicador, son características para la totalidad del rodal en estudio. Por ello, las especies características en el Placandep, *Q. costaricensis* y *Grammadenia myricoides*, también son especies constantes.

El tipo de bosque presente en el suelo Placandepst se designa como Bosque Mixto de Encino (BME) debido a la presencia de *Quercus costaricensis* (Sección Erithrobalanus de los robles). El término bosque mixto se emplea para indicar la mayor diversidad de la vegetación, a pequeña escala. Al bosque presente sobre el suelo Dystrandepst se le denomina Bosque de Roble Blanco (BRB), por el *Quercus copeyensis* (Sección Lepidobalanus de los robles), que está representado en todas las parcelas de este tipo de bosque y como se mostrará más adelante, posee una dominancia absoluta en el número de árboles y el volumen.

Se debe aclarar que la definición de los tipos de bosques con base en unidades de suelo no es la única forma posible de clasificación de la vegetación según el sitio, ya que también puede basarse en diferencias de relieve, regímenes de balance hídrico de los suelos, entre otros.

**Cuadro 4.** Tipos de suelo principales, "especies indicadoras" y denominación del tipo de bosque en el rodal en estudio.

UNIDAD DE SUELO	PLACANDEPT	DYSTRANDEPT
Especies diferenciales	<i>Chusquea talamancensis</i>	<i>Chusquea tomentosa</i>
Especies características	<i>Quercus costaricensis</i> <i>Grammadenia myricoides</i> <i>Prunus cornifolia</i> <i>Vaccinium consaguineum</i>	<i>Ardisia glandulosa-marginata</i>
Especies constantes	(93%) <i>Quercus copeyensis</i> (94%) <i>Ocotea/Nectandra</i> sp. (94%) <i>Styrax argenteus</i> (99%) <i>Ilex discolor/I. pallida</i> (89%) <i>Weinmannia pinnata/W. trianaea</i>	(100%) (96%) (89%) (83%) (82%)
Denominación del tipo de bosque	Bosque mixto de encino (BME)	Bosque de roble blanco (BRB)

(%) Valores de frecuencia de las especies constantes en el respectivo tipo de bosque. Los nombres completos de las especies aparecen en el Anexo 1.

### 4.3 Estructura horizontal

#### 4.3.1 Número de especies, abundancia y dominancia

Considerando un área de levantamiento de 4 ha en ambos tipos de bosque, el número de especies con diámetro mayor o igual a 5 cm totaliza 35 en el BME y 37 en el BRB. Al aumentar el diámetro mínimo a 25 y 40 cm, el número llega a 16 y 12 especies, respectivamente. Según el criterio de Cain (1938), el número de especies con diámetro mayor o igual a 5 cm se estabiliza a partir de 0,5 ha en el BME y de 0,85 ha en

el BRB. Esta gran diferencia en las áreas mínimas se explica de la siguiente manera:

- el bosque mixto de encino está fuertemente mezclado a pequeña escala (áreas < 500 m<sup>2</sup>), pero la mezcla se mantiene más o menos igual a gran escala. Esto es, se repite un mosaico similar de especies.
- el bosque de roble blanco está menos mezclado a pequeña escala, pero la mezcla cambia fuertemente a nivel local. Esto es, se presentan nuevas combinaciones de especies.

El Cuadro 5 presenta los valores del número de árboles (abundancia) y área basal (dominancia) de los dos tipos de bosque con distintos diámetros mínimos. Si bien los valores de abundancia se encuentran todavía en la categoría conocida para bosques húmedos siempreverdes (Lamprecht, 1986), los valores de dominancia de ambos tipos de bosque son extremadamente elevados. Estos se destacan por una alta participación de los diámetros gruesos. Así, el área basal de los árboles a partir de 50 cm representa más del 60% de la dominancia total del respectivo tipo de bosque.

**Cuadro 5. Número de individuos según grupos florísticos, áreas basales totales y áreas basales de árboles.**

Diámetro mínimo dap (cm)		Bosque Mixto de Encino (BME)					Dominancia (m <sup>2</sup> /ha)		
		total	clase	Abundancia (N/ha)			total	clase	árboles
			árboles	arbustos	bambúes	helechos arbóreos		dap*	árboles
1	5049	4051	817	1014	2209	11	51,1	1,1	50,0
5	998	486	418	59	0	9	50,0	1,7	49,6
10	512	339	326	6	0	7	48,3	6,8	48,1
25	173	100	100	0	0	0	41,5	10,1	41,5
50	73	73	73	0	0	0	31,5	31,5	31,5

Diámetro mínimo dap (cm)		Bosque de Roble Blanco (BRB)					Dominancia (m <sup>2</sup> /ha)		
		total	clase	Abundancia (N/ha)			total	clase	árboles
			árboles	arbustos	bambúes	helechos arbóreos		dap	árboles
1	8418	7723	760	1179**	5781	3	55,3	2,4	52,9
5	998	241	185	53	0	3	52,9	0,9	52,6
10	455	284	274	7	0	3	52,0	5,7	51,9
25	171	100	100	0	0	0	46,3	9,2	46,3
50	70	70	70	0	0	0	37,1	37,1	37,1

\* diferencia del área basal total de los diferentes diámetros mínimos

\*\* incluye 0,3 N / ha de palmas (*Geonoma* sp.)



En los dos tipos de bosque, la participación de los robles aumenta con el diámetro mínimo; así, en los grandes diámetros (mayores de 50 cm), *Quercus* domina los dos tipos de bosque con más de 90% de la abundancia. En el BME, los *Quercus* ocupan casi la mitad de la abundancia y las restantes especies comerciales cerca de una cuarta parte. En el BRB, éstas contribuyen con sólo 1/6 de la abundancia, en tanto que los robles aportan cerca de 2/3.

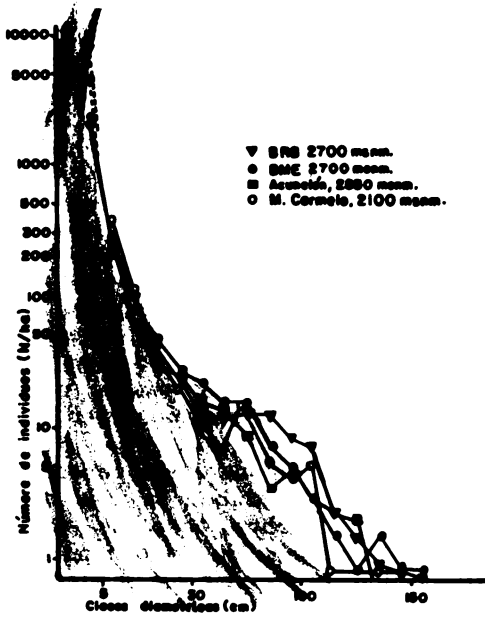
En cuanto al área basal, la relación se desplaza claramente a favor de los robles. En el BME, el encino presenta un área basal ligeramente mayor que la del roble blanco, a pesar del menor número de árboles; las especies comerciales restantes participan con sólo 12% de los árboles, pero evidentemente, estas especies alcanzan dimensiones bastante más reducidas que los robles. En el BRB domina inequívocamente *Q. copeyensis* con 87% del área basal, mientras el resto de las especies comerciales, incluyendo al encino, llegan únicamente a un 8% del área basal.

En el compartimento de la regeneración (entre 50 cm de altura y 1 cm de diámetro), los arbustos exhiben la más alta constancia y la mayor abundancia. Se trata sobre todo de especies rastreras y cobertoras del suelo de las familias Melastomataceae, Rubiaceae y Rhamnaceae. La regeneración de los árboles, con 7 410 N/ha en el BME y 7 711 N/ha en el BRB, es bastante elevada y destaca especialmente por su alta constancia (frecuencias de 93 y 94%). Las especies más ricas en regeneración son *Q. costaricensis* con 3 461 N/ha en el BME y *Q. copeyensis* con 4 905 N/ha en el BRB. El número total de individuos por hectárea para el conjunto citado asciende a 20 210 N/ha en el BME y 20 656 N/ha en el BRB.

#### 4.3.2 Distribución del número de individuos por clases diamétricas

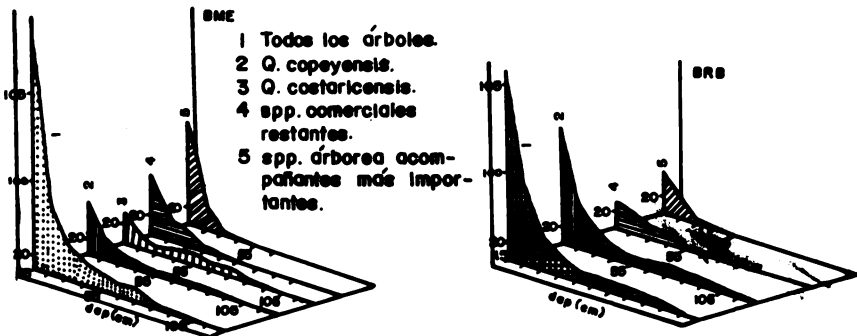
En la Figura 5 se representan las curvas de distribución del número de individuos por clases diamétricas, en escala semilogarítmica. Con fines de comparación, se incluyeron las curvas de dos áreas de levantamiento de 2 ha cada una, situadas en la zona de investigación (Monte Carmelo, 2 050 msnm y Asunción, 2 850 msnm). Las curvas muestran una forma parecida, con una disminución constante del número de árboles hasta 50 cm de diámetro, para luego estancarse en la categoría de 50 a 100 cm. Desde los 100 cm tiene lugar una disminución nueva aunque irregular del número de árboles, la cual se debe a la presencia de robles excepcionalmente gruesos (diámetro hasta por encima de los 160 cm).

La distribución del número de árboles muestra una alta similitud con las distribuciones descritas por Leibundgut (1982) en bosques primarios del piso montano en Europa. Allí también son característicos un aplanamiento de las curvas y una sobrerrepresentación de árboles más gruesos. En cambio, en comparación con rodales comerciales naturales de las zonas templadas, las curvas tienen un trazo claramente más rasante.



**Figura 5.** Distribución del número de individuos por clases diamétricas en representación semilogarítmica.

En la Figura 6 se presentan las distribuciones del número de árboles a partir de 10 cm de diámetro, según los grupos de especies arbóreas.



**Figura 6.** Distribución del número de individuos según los grupos de especies arbóreas y tipos de bosque, intervalo de clase 10 cm.

Las distribuciones indican que las curvas totales de ambos tipos de bosque tienen trazos similares, aunque las curvas parciales son bastantes diferentes. En el BME, la mayor participación en cuanto a número de individuos en las dos clases diamétricas inferiores, proviene de las especies arbóreas acompañantes y del resto de especies comerciales; en tanto que en el BRB, *Q. copeyensis* ostenta la mayor participación y determina la forma de la curva. En el BME, el trazo de la curva total es determinado hasta los 35-40 cm por el resto de especies y por ambas especies de robles en las clases diamétricas mayores.

En el BRB es notable el menor número de individuos de las otras especies en la clase diamétrica de 10 a 20 cm, que probablemente se deba a la fuerte presencia de bambúes (más de 5 800 N/ha con diámetro > 1 cm) en este tipo de bosque. La mayor parte de las especies arbóreas comerciales y acompañantes obviamente sí pueden regenerarse en el BRB, pero no están en condición de imponerse a la competencia del bambú, lo cual puede explicarse por la escasez de luz (competencia a nivel de copas) o por falta de agua en el verano (competencia a nivel de raíces). De esta manera, los bambúes contribuyen a una mayor uniformidad florística del estrato arbóreo.

La menor abundancia (2 200 N/ha con diámetro > 1 cm) y dominancia de *Chusquea* en el BME posibilita la sobrevivencia y crecimiento en altura de un mayor número de especies arbóreas, con lo que pueden estructurarse rodales más fuertemente mezclados y florísticamente más heterogéneos.

#### 4.3.3 Distribución del número de árboles y temperamento de las especies

Rollet (1979) propone una clasificación de las especies arbóreas con base en su distribución diamétrica, lo que permite sacar conclusiones sobre sus requerimientos de luz o su tolerancia a la sombra. Utilizando un intervalo de clase diamétrica de 10 cm, Rollet parte del modelo exponencial, según el cual el número de árboles se duplica al pasar de una clase más alta a la siguiente más baja. Las desviaciones del modelo se interpretan ecológicamente de acuerdo con valores obtenidos de la experiencia y conducen a la definición de las siguiente cinco categorías de temperamento:

1. Especies con distribución en forma de L estrecha, diámetros máximos pequeños y un cociente entre clases diamétricas vecinas ("cociente de vecindad") mayor de 2. Estas se designan como especies de sombra del dosel inferior.
2. Especies con distribución en L equilibrada, que llegan a diámetros mayores y tienen un cociente alrededor de 2. Rollet se refiere a ellas como "edificadoras".
3. Especies con distribución en L sobreproporcional (con o sin "abultamiento") y un cociente mucho menor de 2. Estas se designan como especies de semiluz.
4. Especies con distribución diamétrica aproximadamente en forma de campana y poca regeneración, se denominan especies de luz.
5. Especies con distribución errática y sin regeneración, se consideran como especies de luz de tipo pionera.

El Cuadro 6 contiene la clasificación, de acuerdo con Rollet (1979), de las especies del bosque de estudio. En el mismo están comprendidos los árboles de ambos tipos de bosque, ya que existen sólo pequeñas diferencias entre el BME y el BRB, en cuanto al patrón de distribución de las especies.

**Cuadro 6.** Distribución del número de árboles por clases diamétricas de las especies en la totalidad del bosque (4 ha de BRB y 4 ha de BME) a partir de 5 cm dap en intervalos de clases de 10 cm, clasificación según el temperamento de las especies (Rollet, 1979).

Clases de temperamento*	Especies	N / 8 ha en clases de 10 cm dap										
		5-14	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	55-74	65-84	75-94	85-104	> 105
1	<i>Ilex</i> spp.	525	70	11								
	( <i>Grammadenia myricoides</i> )	293	9									
	<i>Phoebe</i> spp.**	162	9	4	2							
	<i>Zanthoxylum</i> spp.	101	5									
	<i>Clethra</i> spp.	76	19	2								
	<i>Trichilia havanensis</i>	13	3									
2	<i>Ocotea</i> spp.**	385	87	51	15	9						
	<i>Styrax argenteus</i>	271	138	54	5							
	<i>Weinmannia</i> spp.	158	82	39	29	9	4					
	( <i>Vaccinium consanguineum</i> )	83	36	16	5							
	<i>Prunus cornifolia</i>	74	15	8	3	2						
	<i>Drimys granadensis</i>	47	26	16	8	3	1					
	<i>Symplocos serrulata</i>	18	9	8	1							
3	<i>Quercus copeyensis</i>	1042	495	182	120	81	63	73	72	53	42	41
	<i>Quercus costaricensis</i>	312	81	31	37	47	47	37	23	14	3	9
	<i>Quercus seemanni</i>	10	2	3	3	1	0	1	0	0	0	1
	<i>Podocarpus macrostachyus</i>	26	12	10	12	10	2	4	1	1		
4	<i>Cleyera theaeoides</i>	28	36	8	11	3						
	<i>Schefflera pittierii</i>	12	10	4	12	6	1	1				

**Cuadro 6. Continuación.**

Clases de temperamento	Especies	N / 8 ha en clases de 10 cm dap										
		5-	15-	25-	35-	45-	55-	55-	65-	75-	85-	>
		14	24	34	44	54	64	74	84	94	104	105
5	<i>Magnolia sororum</i>	4	1	2								
	<i>Ocotea fulvescens**</i>	5	1									
	<i>Viburnum costaricanum</i>	3	2									
	Quizarra ( <i>Lauraceae</i> )	1	1	1								
	<i>Aegiphila odontophylla</i>	0	2									
	<i>Myrcianthes storkii</i>	2	1									

- \* Clases de temperamento de las especies arbóreas:  
 1: especies de sombra del dosel inferior  
 2: especies de semisombra, "edificadoras"; distribución en "L equilibrada"  
 3: especies de semiluz; distribución en "L rebajada"  
 4: especies de luz; distribución en "campana troncada"  
 5: sin posibilidad de una clasificación concreta
- \*\* Comprendidas en el grupo de especies de las *Lauraceae*; clasificadas en 2  
 Datos entre paréntesis: clasificación dudosa, vea el texto.

En sí, el cuadro se entiende únicamente como una primera aproximación para caracterizar el temperamento de las especies, puesto que se desconocen por completo sus exigencias ecológicas.

En especial, resulta problemática la clasificación de los arbolitos *Grammadenia myricoides* y *Vaccinium consanguineum*. Si bien ambas especies muestran las típicas distribuciones diamétricas de los grupos 1 y 2 respectivamente, se distinguen considerablemente en el desarrollo de su crecimiento en altura, con respecto a las otras especies del correspondiente grupo de temperamento. *Grammadenia myricoides* tiene una copa en extremo reducida y presenta un alto cociente de elongación (h/d). Como árbol pequeño, se encuentran sobre todo en claros del dosel, por lo que se le clasifica como especie de luz. *Vaccinium consanguineum* exhibe una copa larga y un bajo cociente de elongación, lo que la caracteriza como especie de sombra del dosel inferior.

El esquema se ajusta bien para la mayoría de las especies. Las especies del grupo 1 tienen un cociente de vecindad notoriamente superior a 2. *Ilex* spp. puede considerarse como típica especie de sombra. *Weinmannia*, que en todas las clases diamétricas presenta un cociente alrededor de 2, es una típica especie de semisombra. Los robles se consideran como especies de semiluz, estando representados, debido a su dominancia, por encima del promedio en la clase diamétrica más baja. *Schefflera pittieri* muestra aproximadamente el patrón de distribución de una especie de luz.

Para las especies del grupo 5 no es posible hacer afirmaciones seguras. Debido a su poca abundancia se las considera como especies no clasificables. Las especies que se encuentran raramente en el

bosque de estudio no tienen que ser, a priori, típicas especies de luz, puesto que algunas especies se hallan en el límite superior de su distribución vertical y por ello ocurren sólo raramente ("sitio climático marginal"). Por ejemplo, *Magnolia sororum* presenta a los 2 050 msnm (Monte Carmelo), en un área de levantamiento de 2 ha, 35,5 N/ha con diámetros mayores a 10 cm, un dg de 23,1 cm y una altura máxima de 31 m; en el bosque estudiado ocurre apenas esporádicamente en las clases diamétricas más bajas, y a los 2 850 msnm (Asunción) no se le encuentra más.

La relación, especies de sombra a especies de luz, asciende a 6:4 en el BME y a 4:6 en el BRB. Relaciones semejantes se encuentran también en bosques premontanos de Java (Rollet, 1979) y en el bosque nublado venezolano (Rollet, 1984, según datos de Veillon, 1961; Hoheisel, 1976; Bockor, 1979).

#### 4.3.4 Distribución de las áreas basales y de los volúmenes

En el Cuadro 7 se resumen los porcentajes del número de árboles, área basal y volumen aprovechable en clases diamétricas de 10 cm.

Las distribuciones de áreas basales del bosque estudiado son diferentes de aquellas de bosques húmedos tropicales de bajura, donde además de una disminución del número de individuos, se comprueba también una constante disminución de las áreas basales con un aumento en el diámetro (Marmillod, 1982; Sabogal, 1987).

El volumen de madera aprovechable a partir de diámetro mayor o igual a 10 cm, calculado con un modelo logarítmico, llega a 573 m<sup>3</sup>/ha en el BME y a 713 m<sup>3</sup>/ha en el BRB. La distribución de volúmenes en el BME, dejando de lado los árboles superiores a 110 cm de diámetro, es de tipo unimodal asimétrico, con un nítido máximo entre 70 y 80 cm. En el BRB, la distribución total es más regular, con un máximo más amplio entre 80 y 110 cm dap.

En el BME, los árboles superiores a 80 cm de diámetro contribuyen al volumen aprovechable con algo más de un tercio y en el BRB su participación llega a un 55%. Por lo general, tales distribuciones son características para bosques vírgenes (ver, entre otros, Leibundgut, 1982).

En ambos tipos de bosque, la estructura de los volúmenes es determinada esencialmente por los robles. En el BRB, *Quercus copeyensis* presenta la más alta proporción del volumen en todas las clases diamétricas, las otras especies comerciales alcanzan sus máximos volúmenes en el ámbito de diámetros intermedios (25 a 50 cm) y contribuyen al volumen total aprovechable con sólo el 6%. Las especies arbóreas acompañantes tienen su máximo entre 20 y 30 cm y participan con un 3% en el volumen total aprovechable.

En el BME, corresponde tanto a *Q. costaricensis* como a *Q. copeyensis* un 40% de la masa aprovechable. El encino presenta un único máximo entre 70 y 80 cm de diámetro, el cual es notoriamente mayor que el del roble blanco que se extiende entre los 70 y 90 cm. El resto de especies comerciales poseen un único máximo asimétrico entre 30 y 40 cm y en este ámbito de diámetros, su participación volumétrica

absoluta es incluso todavía más alta que la de los robles. No obstante, el resto de especies comerciales constituyen sólo un 9% de la masa total aprovechable.

**Cuadro 7.** Porcentajes del número de individuos (N), área basal (G) y volumen aprovechable (V) en clases diamétricas de 10 cm dap por tipos de bosque.

Clases diamétricas (cm)	BME			BRB		
	N(%)	G(%)	V(%)	N(%)	G(%)	V(%)
10 - 19,9	55,9	8,5	5,4	49,7	6,8	3,9
20 - 29,9	16,2	7,6	5,8	29,8	8,1	5,9
30 - 39,9	8,4	8,4	7,1	8,9	7,0	5,7
40 - 49,9	5,3	8,8	8,2	4,9	6,7	5,6
50 - 59,9	4,3	10,4	10,4	1,7	5,4	5,0
60 - 69,9	3,1	10,7	11,1	2,6	7,3	7,6
70 - 79,9	3,0	13,7	15,2	2,9	10,8	11,8
80 - 89,9	1,4	8,2	9,8	2,8	13,3	13,9
90 - 99,9	1,0	6,8	7,7	1,9	11,4	13,0
100 - 109,9	0,5	4,8	5,1	1,5	11,2	13,0
> 110	0,9	12,1	13,1	1,3	12,0	14,6
<b>Total %</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Total abs. (ha)*</b>	<b>512</b>	<b>48,3</b>	<b>573</b>	<b>455</b>	<b>52,0</b>	<b>713</b>

\* N = N/ha; G = m<sup>2</sup>/ha; V = m<sup>3</sup>/ha

#### 4.3.5 Curvas de altura y cociente de elongación

La curva de alturas fue calculada para los dos tipos de bosque con una función hiperbólica de la forma  $\ln h = a + b/d + c/d^2$ .

Según la Figura 7, en el BRB se alcanzan las mayores alturas, lo cual se debe no solo a la mayor proporción de robles blancos emergentes, sino también a que prácticamente todas las especies de este bosque alcanzan alturas totales mayores que en el BME. De tomar la altura total como medida de productividad, puede considerarse que el BRB crece sobre el sitio más productivo.

De conformidad con las curvas de alturas del rodal, los árboles en el BME poseen cocientes de elongación claramente más bajos en las clases diamétricas superiores. Con excepción de *Vaccinium* e *Ilex*, el cociente de elongación de los individuos entre 15 y 20 cm de diámetro disminuye a valores por debajo de 100.

En las clases diamétricas inferiores se comprueban diferencias marcadas entre las especies. Suponiendo que la mayor parte de los

individuos con diámetros entre 2 y 7 cm se consideren como regeneración asegurada, se pueden obtener las primeras conclusiones sobre las relaciones de competencia entre las especies en la etapa de crecimiento juvenil. En ambos tipos de bosque, la distribución del cociente de elongación de todos los árboles con diámetros entre 2 y 7 cm tiene forma de campana, pero con marcada asimetría a la derecha y con un máximo entre 140 y 160. Esta asimetría aumenta al incluir los árboles a partir de 1 cm de diámetro. Evidentemente, un intenso crecimiento en altura y una búsqueda por la luz son característicos para las etapas juveniles de los árboles en los dos tipos de bosque. Sin embargo, se presentan ciertas diferencias entre especies, independientemente del tipo de bosque.

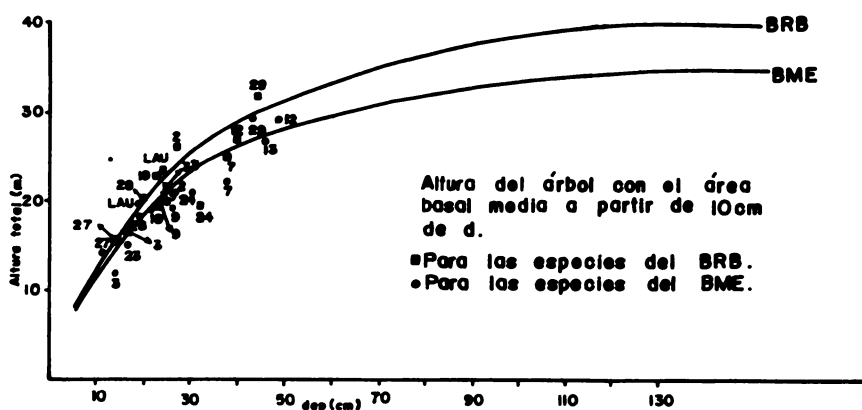


Figura 7. Curva de alturas para los árboles con  $d > 4$  cm. Código de las especies según el Anexo 1.

Con base en la interpretación de las curvas acumulativas del cociente de elongación entre los diámetros de 2 a 7 cm para las distintas especies, se propone la siguiente clasificación de la dinámica de competencia en la etapa juvenil, la cual es válida para ambos tipos de bosque:

- tendencia de crecimiento más rápido que los robles: *Prunus*, *Cleyera*, *Schefflera*, *Grammadenia*, *Weinmannia*, Lauraceae;
- tendencia de crecimiento semejante a los robles: *Drimys*, *Podocarpus macrostachyus*, *Clethra*, *Symplocos*;
- tendencia de crecimiento más lento que los robles: *Vaccinium*, *Ilex*, *Zanthoxylum*.



#### 4.3.6 Tendencia del árbol

El Cuadro 8 presenta los resultados del parámetro tendencia del árbol (Blaser, 1984). Según la prueba de chi-cuadrado para la igualdad de distribuciones, únicamente para el parámetro posición de la copa existe una diferencia significativa ( $P = 0,007$ ) entre los tipos de bosque. En el BME, los árboles se encuentran más juntos y se influncian en el espacio de copas más fuertemente que los árboles del BRB.

**Cuadro 8.** Evaluación de los parámetros cualitativos ("tendencia del árbol", según Blaser, 1984) de los árboles con  $dap \geq 10$  cm por tipo de bosque (Base: 4 ha, respectivamente en BME y BRB).

Posición de la copa:	100	200	300	400	500	Total
	completamente libre	libre por arriba	libre por los lados	sombreada por arriba	completamente sombreada	
BME	85	249	704	962	13	2013
BRB	95	202	720	778	11	1806
Total	180	451	1424	1740	24	3816

Forma de la copa:	10	20	30	40	50	Total
	círculo cerrado	+ círculo semi-cerrado	+ círculo abierto	a un lado semi-cerrado	a un lado defectuosa	
BME	18	483	1271	194	47	2013
BRB	1	597	1074	113	21	1806
Total	19	1080	2345	307	68	3819

Calidad del fuste:	1	2	3	4	5	6	Total
	madera aprovechable de alto valor		madera aprovechable de valor medio	bajo valor		leña	
BME	13	112	523	752	394	219	2013
BRB	2	49	500	747	407	101	1803
Total	15	161	1023	1499	801	320	3819

En la forma de la copa no aparecieron diferencias significativas, en ambos tipos de bosque. La gran mayoría de árboles se clasificó en las clases de forma 20 y 30, es decir, copas buenas hasta satisfactorias.

Tampoco en la evaluación de la calidad del fuste se encontraron diferencias significativas. En los dos tipos de bosque, la mayor parte de los árboles se evaluó como ligeramente defectuoso (4) y defectuoso (5). Aquí fueron de importancia determinante el crecimiento torcido en los robles y en la mayoría de las otras especies, el crecimiento sinuoso y el fuste acanalado. Las raíces con prolongaciones tablares, como se observan en *Quercus copeyensis*, no se evaluaron como defecto.

De las especies que cuentan con un número suficiente de individuos, sólo las Lauraceae presentan diferencias significativas ( $P < 0.025$ ) en cuanto a la calidad de fuste. Estas especies muestran fustes de mejor calidad en el BRB que en el BME. En las otras especies, las distribuciones de frecuencias son iguales, al nivel de significancia de 10%. Así, la diferencia de sitio no se expresa a través de distintas calidades de fuste, pero se observan grandes diferencias al comparar la calidad del fuste entre las especies dentro un sitio (Cuadro 9). En el BME, los fustes de mejor forma se dan en las especies arbóreas acompañantes *Grammadenia myricoides* y *Styrax argenteus*, las que se diferencian significativamente ( $P < 0.05$ ) de todas las otras especies, a excepción de *Podocarpus macrostachyus*. Esta última, junto con *Quercus costaricensis* y las Lauraceae, presentan formas bastante buenas. La peor forma de fuste entre las especies comerciales se da en *Weinmannia*, de la que sólo 14% de sus individuos se considera que poseen madera aprovechable de buena calidad. En el BRB, *Styrax* y las lauraceas muestran las mejores formas de fuste y se diferencian significativamente ( $P < 0.05$ ) del resto de las especies.

**Cuadro 9.** Evaluación de la calidad del fuste de los árboles con dap  $\geq$  10 cm por especies y tipo de bosque. (Base: 4 ha de levantamiento por tipo de bosque).

	N	Bosque mixto de encino (BME)			chi
		1-3 madera aprovechable de buena calidad %	4 madera aprovechable de valor inferior %	5-6 madera defectuosa %	
<i>Grammadenia myricoides</i>	62	71	19	10	a
<i>Styrax argenteus</i>	174	61	28	11	a
<i>Podocarpus macrostachyus</i>	44	55	36	9	ab
<i>Quercus costaricensis</i>	416	39	38	23	bc
Lauraceae	206	35	40	25	bcd
<i>Schefflera pittierii</i>	25	33	42	25	cde
<i>Cleyera theaeoides</i>	37	29	46	25	cdef

**Cuadro 9. Continuación.**

	N	Bosque mixto de encino (BME)			chi
		1-3	4	5-6	
		madera aprovechable de buena calidad %	madera aprovechable de valor inferior %	madera defectuosa %	
<i>Quercus copeyensis</i>	529	24	46	30	def
<i>Prunus cornifolia</i>	44	23	42	35	def
<i>Drimys granadensis</i>	52	22	34	44	ef
<i>Ilex spp.</i>	145	21	38	41	ef
<i>Weinmannia pinnata</i>	99	14	49	37	f
<i>Clethra gelida</i>	35	12	12	76	g
<i>Vaccinium consaguineum</i>	72	3	9	88	g

Bosque de roble blanco (BRB)					
<i>Styrax argenteus</i>	141	54	34	12	a
Lauraceae	105	45	43	12	a
<i>Ilex spp.</i>	67	30	37	33	b
<i>Quercus copeyensis</i>	1172	26	44	30	b
<i>Cleyera theaeoides</i>	31	22	52	26	b
<i>Weinmannia pinnata</i>	113	20	46	34	b

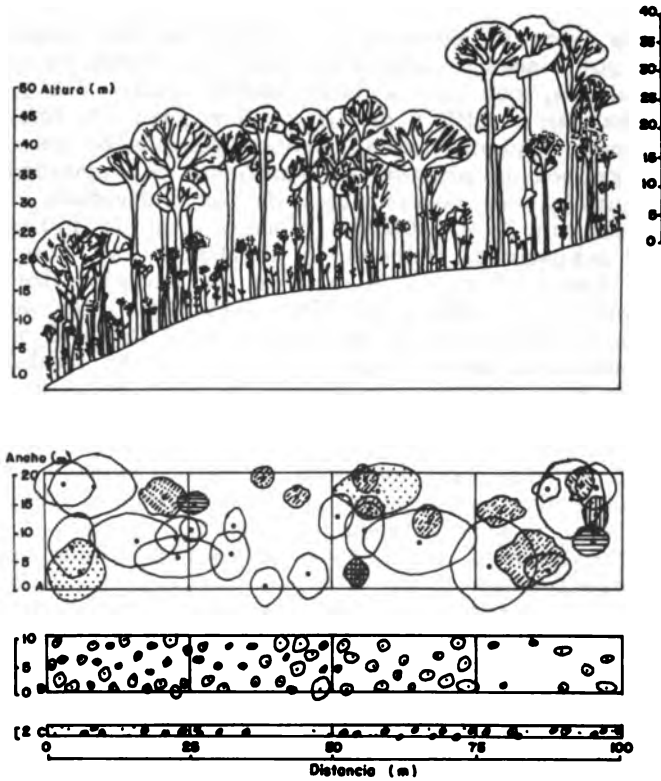
a - g: Especies que no se diferencian al nivel  $P < 0,05$  (Prueba de distribución de chi-cuadrado).

Finalmente, en el Cuadro 10 se presenta un resumen de los principales parámetros dasonómicos de la estructura horizontal, para ambos tipos de bosque y sus especies arbóreas, a partir de 10 cm de diámetro.

**Cuadro 10. Compilación de los parámetros dasométricos de las especies más importantes por tipo de bosque. Diámetro mínimo 10 cm dap; levantamiento de datos en 4 ha por tipo de bosque; valores referidos a la ha o bien al árbol medio.**

Bosque mixto de encino (BME)												
Especies / grupo de especies	N/ha	G/ha m <sup>2</sup>	V/ha m <sup>3</sup>	d cm	dmax cm	dg cm	hg m	hmax m	hcg m	hng m	SG %	
<b>Robles</b>												
<i>Quercus copeyensis</i>	132,3	19,02	253,5	33,1	185	42,8	29,7	54	22,9	20,4	69	
<i>Quercus costaricensis</i>	104,0	19,21	233,2	40,5	131	48,5	29,4	44	21,0	19,6	61	
<i>Quercus seemannii</i>	3,5	0,58	6,6	36,1	119	45,9	26,6	35	19,1	17,3	58	
<b>Otras especies comerciales</b>												
Lauraceae	51,5	1,59	15,7	17,6	49	19,8	20,4	35	17,2	16,6	103	
<i>Weinmannia</i> spp.	24,8	1,38	14,1	23,9	64	26,6	21,4	34	17,3	11,9	80	
<i>Podocarpus macrostachyus</i>	11,0	1,26	9,6	32,8	85	38,2	22,2	30	13,4	10,8	58	
<i>Drimys granadensis</i>	13,0	0,72	5,6	23,8	59	26,6	19,2	28	14,8	11,4	72	
<i>Prunus cornifolia</i>	10,8	0,41	3,5	19,5	50	22,0	19,0	30	16,3	14,1	86	
<i>Schefflera pittierii</i>	6,3	0,48	3,3	27,8	65	31,1	21,2	26	15,3	11,2	68	
<i>Magnolia sororum</i>	1,0	0,01	0,1	-	14	-	-	16	-	-	-	
<b>Especies arbóreas acompañantes</b>												
<i>Styrax argenteus</i>	43,5	1,20	10,1	17,0	45	18,7	18,1	32	14,8	13,4	97	
<i>Ilex discolor/pallida</i>	36,3	0,62	4,5	14,1	34	14,7	11,9	23	9,4	9,2	81	
<i>Grammadenia myricoides</i>	15,5	0,17	1,4	11,8	18	12,0	13,9	18	11,9	11,9	116	
<i>Cleyera theaeoides</i>	9,3	0,46	4,2	22,5	51	25,1	19,7	30	14,2	12,1	78	
<i>Clethra gelida/molinae</i>	8,8	0,20	1,7	16,4	32	17,0	15,2	24	13,3	9,3	89	
Total de todas las especies												
> 10 cm dap	512	48	575	35								
Números de especies	28 de las cuales son arbóreas: 23											
Cociente de mezcla total	1:22											
Bosque de roble blanco (BRB)												
Especies / grupo de especies	N/ha	G/ha m <sup>2</sup>	V/ha m <sup>3</sup>	d cm	dmax cm	dg cm	hg m	hmax m	hcg m	hng m	SG %	
<b>Robles</b>												
<i>Quercus copeyensis</i>	293,0	45,23	645,0	34,1	150	44,3	31,7	56	22,9	18,9	72	
<i>Quercus costaricensis</i>	2,0	0,26	2,8	33,6	77	40,6	27,1	38	19,1	17,8	67	
<i>Quercus seemannii</i>	0,3	0,01	0,1	-	23	-	-	23	-	-	-	
<b>Otras especies comerciales</b>												
Lauraceae	26,3	1,20	14,5	22,6	49	24,1	23,8	35	19,2	18,5	99	
<i>Weinmannia</i> spp.	28,3	1,60	18,1	24,1	58	26,8	25,7	39	18,9	13,4	95	
<i>Podocarpus macrostachyus</i>	5,8	0,65	5,8	33,7	80	37,8	25,4	32	16,2	13,0	67	
<i>Drimys granadensis</i>	5,3	0,21	1,9	21,0	38	22,5	19,9	32	14,6	11,7	88	
<i>Prunus cornifolia</i>	2,5	0,11	1,0	20,8	47	23,7	23,4	31	17,6	14,3	98	
<i>Schefflera pittierii</i>	2,8	0,25	1,7	31,0	50	33,7	19,6	27	15,3	10,2	58	

## Bosque mixto de encino (BME)



*Lauraceae* (punteado raro), *Weinmannia pinnata* (rayado entrecortado en BRB y líneas verticales en BME), *Cleyera theaeoides* (líneas inclinadas), *Styrax argenteus* (líneas horizontales), *Prunus cornifolia* (cuadros), *Drimys granadensis* (rayado entrecortado inclinado).

estrato inferior de alta densidad de 10 a 15 m de altura y un estrato superior que llega hasta los 35 a 40 m de altura, formado por encino y roble blanco. Estos últimos ocurren, además, en forma aislada e irregular como árboles emergentes con alturas hasta por encima de 50 m.

#### 4.4.2 Análisis del estrato de bambú

En los dos tipos de bosque, la distribución del número de retoños de *Chusquea* por clases de altura muestra una forma de campana asimétrica a la izquierda, con un ámbito máximo entre 3,4 y 4,0 m para *Ch. talamancensis* en el BME y de 3,8 y 4,8 m para *Ch. tomentosa* en el BRB.

El comportamiento marcadamente diferente de los bambúes, frente a los otros grupos de plantas, se manifiesta con claridad a través de las curvas acumulativas porcentuales de los individuos del dosel inferior. Mientras que un 80 a 100% del número total de individuos de especies arbóreas, arbustivas, helechos y herbáceas se concentra en alturas totales de hasta 2,5 m, en el caso de los bambúes únicamente se da un 33% del total en el BME y un 17% en el BRB. Más del 60% del número de retoños de *Chusquea* se encuentra entre 2,5 y 5 m de altura. Este comportamiento se debe a que las especies de bambúes muestran una dinámica de regeneración que difiere de la de otros grupos de plantas.

Puede suponerse que la vegetación de *Chusquea* en la zona, florece sólo una vez en varias décadas (Pohl, 1974), y que se regenera a través de semillas en intervalos de unos 30 años (Widmer, 1985). Por eso, la ausencia de plantas jóvenes y la uniformidad de los rodales son características de la vegetación de bambúes.

Por consiguiente, en el dosel inferior se puede reconocer bien dos niveles estructurales:

- el estrato de bambú de *Chusquea talamancensis* entre 2,5 m y 7 m en el BME y de *Ch. tomentosa* entre 2,5 m y 9 m en el BRB;
- el estrato de herbáceas y de pequeños arbustos, por debajo de 2,5 m de altura total.

En el estrato inferior a 2,5 m de altura, dominan los arbustos pequeños (Melastomataceae y Rubiaceae), pero la regeneración arbórea también es de importancia, con 7 465 N/ha en el BME y 7 794 N/ha en el BRB. Este grupo constituye aproximadamente 1/3 del número de individuos de todos los grupos de plantas en el ámbito de alturas mencionado. La mayor parte corresponde a las especies de *Quercus* (4 180 N/ha en el BME y 4 910 N/ha en el BRB).

Entre 2,5 m y 7 m (BME) o bien 9 m (BRB) dominan los bambúes (56% y 75% del número total de plantas, respectivamente). Así, en el BRB se encontraron cerca del doble de retoños de bambú que en el BME. La mayor densidad de bambú en el BRB resulta también de las condiciones de cobertura en ambos tipos de bosque. Mientras que en el BRB *Chusquea* ostenta la cobertura más alta de todos los grupos (64%), el valor correspondiente en el BME asciende a sólo 24%. Aquí dominan los árboles con el 42% de la cobertura total.

#### 4.4.3 Análisis de los estratos arbóreos

Por encima de los 7 m (BME) y los 9 m (BRB) de altura del rodal se presentan exclusivamente árboles, algunos arbustos y helechos arbóreos. La Figura 9 muestra la distribución del volumen de las copas con altura creciente del rodal, en los dos tipos de bosque. Esta distribución depende fuertemente de los límites para las clases y de las amplitudes de intervalo elegidas. Las clases de altura amplias tienden a hacer "desaparecer" estratos, mientras que clases de alturas estrechas "producen" más estratos (Grubb *et al.*, 1963). En los rodales estudiados, se obtuvieron curvas semejantes al elegir límites de clase pares e impares con intervalos de 1 a 4 m, aunque con ámbitos distintos de altura en las respectivas máximas de volumen de copa. Los volúmenes de copa se han graficado en intervalos de 2 m de amplitud para límites de clase impares, a partir de 9 m de altura sobre el suelo.

En el BME se presenta una única y evidente concentración de copas en el ámbito entre 30 y 34 m de altura. En el BRB se da una concentración máxima en el rango 36 a 40 m, y una segunda se insinúa entre 22 y 25 m de altura.

Las observaciones permiten reconocer lo siguiente:

- Bosque Mixto de Encino: *Quercus copeyensis* es la única especie que alcanza 45 m y más de altura total. Los bajos valores del número de árboles y de cobertura indican que en ese rango de alturas le corresponde el papel de un emergente. *Q. costaricensis* también llega a ser más alto que las otras especies, en tanto que los altos valores de cobertura lo caracteriza bien como especie del estrato superior. Otras siete especies más alcanzan alturas de 28 hasta 35 m, y conforman así un estrato superior idealizado. Además, en dicho rango de alturas se consignan también valores mayores del número de árboles por cobertura de copas, lo que permite concluir que ese es el techo principal de copas del rodal. Todas las especies restantes están limitadas a los estratos más bajos. Estas especies son además responsables por el elevado número de árboles entre 9 y 13 m de altura.
- Bosque de Roble Blanco: *Q. copeyensis* es notablemente más alto que las otras especies, siendo los altos valores de cobertura y las mayores alturas lo que le caracteriza como especie del dosel superior. Alrededor de 10 especies forman un estrato superior idealizado hacia los 30 m de altura. A diferencia del BME, a este estrato superior idealizado no se le atribuye ningún significado como "techo principal del rodal". Como lo indica el número estable de árboles y los mayores valores absolutos de cobertura, este techo está formado casi exclusivamente por el roble blanco en alturas entre 41 y 50 m. En las alturas de 23 a 31 m también se verifica, además de una concentración de especies, un máximo relativo en la cobertura de copas, lo que indica la existencia de un estrato medio. Unas nueve especies más permanecen por debajo de 10 m de altura, si bien, ni el número de árboles, ni la cobertura son altas en este ámbito.

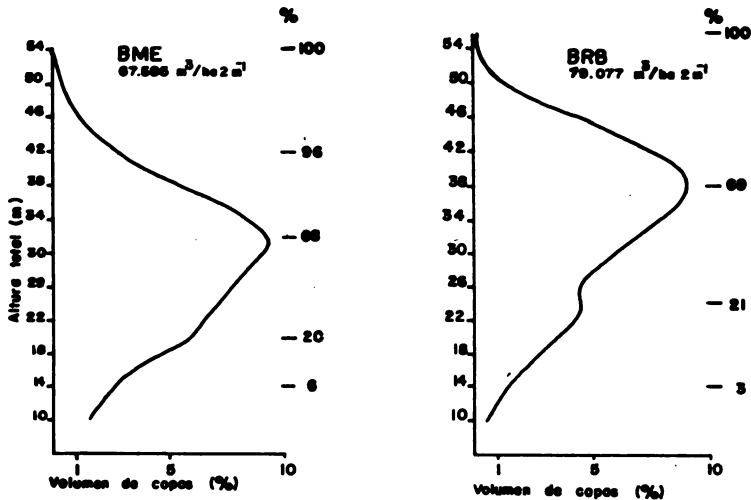


Figura 9. Distribución del volumen de copas según alturas crecientes a partir de 9 m, en intervalos de 2 m.

En el Cuadro 11 se presenta la distinta participación de las especies en los estratos de altura. Las especies que más necesitan luz, como *Podocarpus*, *Schefflera* y *Cleyera*, son de poca importancia en los estratos más bajos del bosque, mientras que las especies tolerantes a la sombra ostentan aquí su máxima abundancia. Sólo los robles pueden calificarse como especies verticalmente bien distribuidas en el sentido de Lamprecht (1986). En cambio, otras especies que llegan al estrato superior tienen su espacio de dominio en el estrato medio, como *Weinmannia*, *Podocarpus* y *Ocotea/Nectandra* spp.

El resto de las especies que se cuentan como comerciales, se consideran en la estructura vertical como especies del estrato medio, en tanto que las especies arbóreas acompañantes presentan, tanto el carácter de especies del estrato medio, como del estrato inferior.



**Cuadro 11.** Participación relativa del número de árboles de las 10 especies más frecuentes en cada estrato de los tipos de bosque (EA = estrato de arbustos pequeños; EB = estratos de bambúes; EI, EM, ES = estratos arbóreos inferior, medio y superior).

	D B E						D R B				
	EA	EB	EI	EM	ES		EA	EB	EI	EM	ES
<i>Quercus copeyensis</i>	9	14	17	23	37	<i>Quercus copeyensis</i>	63	19	56	58	98
<i>Quercus costaricensis</i>	47	17	12	18	49	<i>Quercus costaricensis</i>					>
Lauraceae	8	13	15	15	4	Lauraceae	12	19	13	9	>
<i>Weinmannia</i> spp.	2	4	6	7	4	<i>Weinmannia</i> spp.	1	6	5	10	1
<i>Drinys granadensis</i>	3	4		4	2	<i>Drinys granadensis</i>	1			1	
<i>Prunus cornifolia</i>	3	5	4	3	1	<i>Prunus cornifolia</i>	2	2			
<i>Styrax argenteus</i>	2	3	7	12	1	<i>Styrax argenteus</i>	3	9	9	9	
<i>Podocarpus macrostachyus</i>				3	1	<i>Podocarpus macrostachyus</i>			1	3	
<i>Schefflera pittierii</i>				2		<i>Schefflera pittierii</i>				1	
<i>Cleyera theaeoides</i>					>	<i>Cleyera theaeoides</i>			1	3	
<i>Quercus seemannii</i>					>	<i>Quercus seemannii</i>	3	4		1	
<i>Grammadenia myricoides</i>	16	11	14	3		<i>Grammadenia myricoides</i>	3	4	2		
<i>Ilex</i> spp.	16	13				<i>Ilex</i> spp.	10	31	7	2	
<i>Clethra</i> spp.	2	3	3			<i>Ianthoxylum</i> spp.		1	2		
<i>Viburnum</i> sp.	3					<i>Trichilia havanensis</i>	>	2			
<i>Vaccinium consanguineum</i>			3			<i>Vaccinium consanguineum</i>				2	
Porcentaje de las 10 especies	95	90	94	90*	100		98	97	98	97	100
Porcentaje total	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100
N/ha total	7465	824	485	269	89		7794	798	255	200	64

\* Además *Ilex*, *Clethra* y *Cleyera*, cada una con 2% *Quercus copeyensis* en el grupo de emergentes: 7N/ha = 100 %

## 4.5 Características específicas de la estructura de los bosques

### 4.5.1 Aspectos dinámicos

En el Cuadro 12 se presentan algunos datos relativos a los árboles muertos en pie y sobre el suelo, con diámetro > 50 cm, para los dos tipos de bosque. El alto número de árboles muertos sobre el suelo se atribuye básicamente a que la gran mayoría de éstos son robles, cuya madera probablemente se conserva por décadas.

**Cuadro 12.** Número de árboles muertos con dap > 50 cm por ha en el bosque mixto de encino (BME) y el bosque de roble blanco (BRB) (Base: 4 ha cada uno).

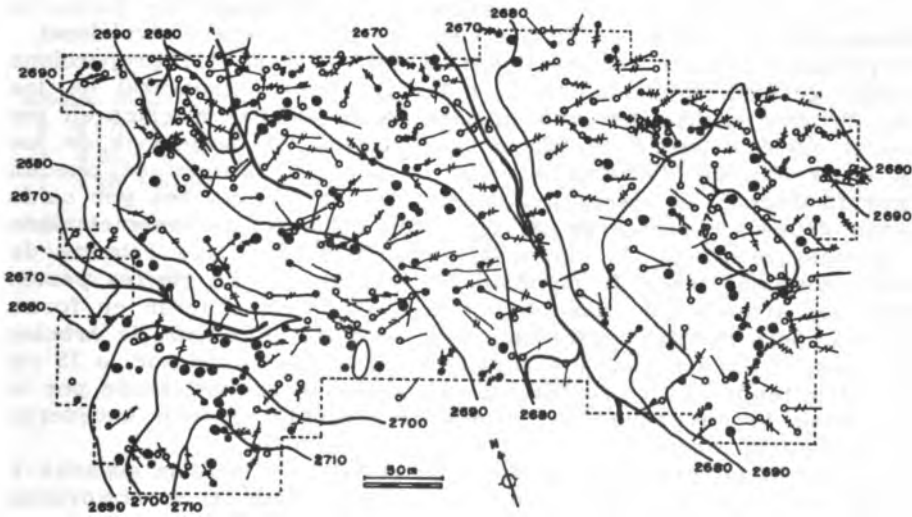
Tipo de bosque	árboles muertos N/ha	muerto en pie N/ha	muerto sobre el suelo N/ha	grado de descomposición			desraizado N/ha	quebrado N/ha	% del estr. superior N%	volumen de árb. muertos m <sup>3</sup> /ha
				1	2	3				
BME	31*	9	22	7	12	3	12	10	32	103
BRB	35*	6	29	11	15	3	19	10	55	116

96% roble blanco, 4% encino, ciprecillo y arrayán

49% roble blanco, 36% encino, 4% ciprecillo, 12% arrayán y otras

- Grado de descomposición: 1= fresco en la corteza; 2= sólo la corteza descompuesta, 3= corteza descompuesta y albura al menos parcialmente descompuesta.
- % del estrato superior; % de árboles muertos de N del estrato superior.
- Volumen: Estimación del volumen de los árboles muertos.

La Figura 10 reproduce en forma de mapa la ubicación de los árboles muertos en pie y sobre el suelo, en el rodal de estudio. Llama la atención que no sea comprobable una distribución regular de árboles muertos, sino que aparecen zonas dispersas, al azar, con alta densidad (I) y zonas en las que no hay árboles muertos (II). Las áreas punteadas en la Figura 10 representan los claros del dosel, bien reconocibles en el bosque, los que ocupan un 6% de la superficie total. El tamaño de los claros es de 150 a 500 m<sup>2</sup>. Con excepción del claro III, una apertura natural determinada edáficamente (quebrada), la totalidad de los claros fueron ocasionados por la caída de árboles gruesos (IV) o de partes de la copa (V). Por lo demás, el quiebre de partes completas de la copa es un fenómeno típico en el bosque de estudio y podría deberse en gran medida al fuerte crecimiento de epifitas.



- — Muerto desarraigado en el suelo.
- — Muerto quebrado en el suelo.
- — Muerto de pie.
- — Muerto reciente.
- — Corteza en proceso de descomposición.
- — Corteza descompuesta, madera en proceso de descomposición.

**Figura 10.** Mapa de los árboles muertos en pie y en el suelo ( $d > 50$  cm) en el rodal en estudio.

Este bosque es relativamente abierto en comparación con el bosque húmedo de bajura. Observaciones similares se conocen también para otros bosques montañosos tropicales (Richards, 1952; Robbins, 1958); aunque de ningún modo se deben considerar las estructuras abiertas como típicas de los bosques montañosos húmedos del trópico, ya que a menudo se da también el caso opuesto (Lamprecht, 1986).

La Figura 10 puede inducir a considerar el bosque como un ecosistema inestable, pero se deben tomar en cuenta también las altas cifras de volumen y de regeneración. Un análisis de los árboles muertos sobre superficies pequeñas, indica que se dan cambios en la organización del bosque. El coeficiente de variación de las áreas basales de los árboles muertos en parcelas de  $500 \text{ m}^2$  asciende a 60% (valor medio  $22 \text{ m}^2/\text{ha}$ ,  $N=160$ ). En cambio, la suma del área basal del estrato arbóreo y de los árboles muertos, que en promedio está por los

73 m<sup>2</sup>/ha, varía en sólo un 12%. Dichos valores indican un alto equilibrio a gran escala y al mismo tiempo, procesos intensos de conversión a pequeña escala. La salida y el reemplazo de miembros individuales del ecosistema se lleva a cabo incesantemente a nivel local.

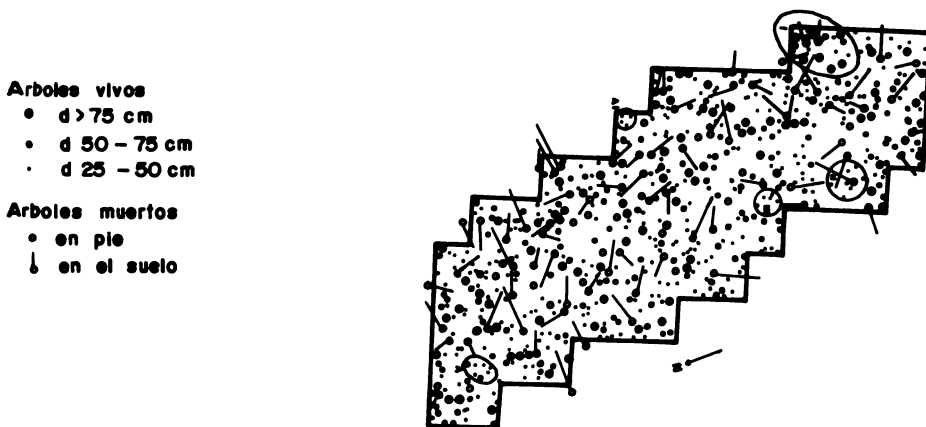
El plano de 3 ha correspondiente al BME (Figura 11) proporciona una visión general detallada de la heterogeneidad estructural de los rodales. En este se han marcado, además de los árboles muertos en pie y sobre el suelo a partir de 50 cm de diámetro, las posiciones de los árboles vivos con un diámetro superior a 25 cm. También se pueden reconocer fácilmente los claros del dosel y su origen, ya sea por caída de árboles gruesos o partes de la copa. Sin embargo, mediante el plano no es posible reconocer la extensión superficial de otros estados de desarrollo, como las fases de construcción y madura. En ciertas partes del rodal, los árboles con diámetro entre 25 y 50 cm ocurren en forma concentrada, pero también aparecen en la vecindad inmediata de árboles más gruesos. En cambio, los árboles con diámetro mayor a 75 cm muestran una tendencia a presentarse en pequeños grupos, razón por la cual las fases de envejecimiento y desmoronamiento parecen sucederse espacialmente, una a otra.

Los *Quercus* se presentan sobre todo el área en mezclas aisladas y en las tres clases de diámetro. En la esquina sureste (I) se comprueba la dominancia a nivel de grupo de *Quercus copeyensis*. Las situaciones II a V representan lugares donde otras especies, aparte de encino y roble, ocurren en pequeños grupos. Por otro lado, dichas especies aparecen también en mezclas aisladas sobre la superficie total.

En el bosque estudiado, las formas estructurales parecen ocupar extensiones que van desde el espacio que ocupa un árbol individual hasta 500 m<sup>2</sup> (área del claro más grande) y parecen superponerse tanto espacial como temporalmente. En consecuencia, los procesos dinámicos se caracterizan más bien como un "caos ordenado", en el sentido de Lamprecht (1986), cuyo objetivo es la autorregulación, y con ello, el automantenimiento permanente.

La separación de formas estructurales determinadas por la dinámica no se llega a captar en toda su extensión con el instrumental metodológico disponible, pero la misma se da por existente. En su lugar, se pretende mostrar algunas tendencias dasonómico-silviculturales relevantes en el "caos ordenado" de los procesos dinámicos en ambos tipos de bosque. En este sentido, se analiza la regeneración arbórea, para lo cual resulta apropiado diferenciar dos tipos de regeneración:

- latizal arbóreo: comprende los individuos que al momento del levantamiento crecen a través del estrato de bambú, y
- regeneración arbórea: definida por los individuos que al momento del levantamiento crecen a través del estrato arbustivo.



**Figura 11.** Proyección horizontal de un sector de 3 ha (BME) I - VI: estratos estructurales.

#### 4.5.2 Latizal arbóreo

Con referencia al latizal arbóreo en los dos tipos de bosque puede mencionarse lo siguiente:

En el BME, el latizal de los robles es independiente de la densidad del rodal arbóreo, de la cobertura de bambú y de la densidad de arbustos. El latizal de especies del estrato medio aumenta cuando el rodal es más abierto. La mayor dominancia de arbustos en las partes más aclaradas del rodal, parece en este sentido, de poca importancia como factor de competencia. Con las especies del estrato inferior se comprueban tendencias similares, las cuales se atribuyen principalmente a la mayor abundancia de la heliófita *Grammadenia myricoides*. Evidentemente, la densidad del bambú no afecta al latizal de ningún grupo de especies.

En el BRB, para el latizal de los robles se obtienen resultados similares a las del BME; debido a la mayor abundancia y cobertura absoluta de *Chusquea tomentosa*, la regeneración de los robles es menos abundante. El latizal de las especies del estrato medio tiende a preferir más bien las partes más aclaradas del rodal, si bien allí entra en intensa competencias con *Chusquea*. Una gran parte del latizal del estrato medio pertenece a las lauráceas, donde las mismas presentan su mayor abundancia absoluta. Algunas especies del estrato inferior, tal como *Ilex* spp., son el único grupo de especies cuyo desarrollo aparentemente no está influido por el bambú.

### 4.5.3 Regeneración arbórea

La regeneración arbórea depende mayormente de parámetros no considerados, como la distancia del posible árbol padre, disponibilidad de semilla y sus mecanismos de dispersión.

En ambos tipos de bosque existe únicamente una cierta dependencia entre la regeneración de las especies del estrato superior y el número de fustes de este estrato. La regeneración de los robles tiende a ser más abundante allí donde se encuentran robles de gran tamaño productores de semilla.

Mientras que en el BRB casi la totalidad de la regeneración arbórea está compuesta sólo por individuos de las especies del estrato superior, compuesto principalmente por *Quercus copeyensis*, en el BME la regeneración arbórea es más diversificada.

Las especies de roble que caracterizan a cada tipo de bosque presentan una clara tendencia a ocurrir agregadas. La misma tendencia se observa en *Grammadenia myricoides* en el BME, *Ilex* spp. en el BRB y las lauráceas en ambos tipos de bosque. Las especies que apenas ocurren en los estratos arbóreos se encontraron también muy raramente en la regeneración, y cuando lo hacían, era solo como plantas aisladas.

La uniformidad en la composición de la regeneración arbórea, así como del latizal y de los árboles adultos, es una clara indicación de la condición climática, en ambos tipos de bosque.

## 4.6 Anillos de crecimiento en la madera y su significado

Los estudios preliminares realizados en las rodajas del fuste condujeron a los resultados que a continuación se expresan.

### 4.6.1 Análisis macroscópico de las especies arbóreas

En árboles jóvenes de *Quercus costaricensis* y en el promedio de las rodajas más gruesas, se reconocen capas de crecimiento que corren más o menos nítidamente sobre la sección transversal. El ancho de los anillos se refleja en el aspecto anatómico a través de pequeñas diferencias en el espesor de la pared de las células fibrosas y a través de la variación en la disposición del parénquima y de la madera fibrosa. Al inicio de las capas de incremento se forma madera fibrosa ancha pobre en parénquima, mientras que al final de las capas de crecimiento se reduce la cantidad de madera fibrosa y por lo tanto, disminuye también la distancia entre dos bandas de parénquima axial.

Especies como *Weinmannia* sp., *Clethra gelida* y *Grammadenia myricoides*, muestran un arreglo diferenciado de los vasos, el cual sin embargo, no se deja apreciar en toda la sección transversal de la rodaja. En *Styrax argenteus*, *Vaccinium consanguineum* y en las lauráceas se reconoce una débil zonación en el crecimiento de la madera, cuya causa se encuentra aparentemente en variaciones de densidad. Otras especies, como *Quercus copeyensis*, *Prunus cornifolia* y *Magnolia*

sp., muestran capas de crecimiento cuyos límites, aún bajo minuciosa observación, no son identificables. En particular, no se aprecian estructuras reconocibles en las capas de crecimiento de la sección transversal de las radajas de fuste, en estas especies.

#### 4.6.2 Determinación de edad de las especies arbóreas

Con el procedimiento "cross dating" (medición del ancho de los anillos) se compara los patrones seriales de los anchos de anillos de diferentes árboles. Una coincidencia entre patrones permite concluir que los árboles han crecido en tiempos iguales (véase también Lamprecht, 1984). Para reconocer claramente las capas de crecimiento, se lijaron un total de 15 rodajas del fuste de árboles de diferentes tamaños (con diámetros de 10 hasta 80 cm) de *Q. costaricensis*. Esto mostró que especialmente en las rodajas de mayor tamaño (los individuos más viejos), apenas si se identifica cerca de la corteza ciertas demarcaciones individuales. Bajo una lupa se marcaron las zonas de crecimiento reconocibles, se midió el ancho de los anillos allí presentes y luego se graficó en un diagrama el ancho de las zonas de crecimiento con su número. Los patrones de anchura de anillos así obtenidos se compararon ópticamente por superposición. De ello resultó una cierta correspondencia del patrón de distintos radios de un árbol particular. Por el contrario, las secuencias de anillos de diferentes árboles no pudieron ser sincronizadas entre sí, por lo que la aplicación de este método resultó imposible.

Se desistió de llevar a cabo mediciones de anchura de anillos en otras especies arbóreas, ya que luego de un pulido muy cuidadoso, no pudieron reconocerse zonas de crecimiento con claridad .

#### 4.6.3 Radiocarbono ( $C^{14}$ )

Debido al gran número de pruebas atómicas realizadas en los años 50 y 60, el contenido de carbono radioactivo ( $C^{14}$ ) en la atmósfera aumentó hasta el año 1963 a casi el doble de su valor inicial, y desde entonces va disminuyendo año tras año. En la madera de los árboles se llega a comprobar, para un año determinado, la misma concentración de  $C^{14}$  que en la atmósfera (Cain y Suess, 1976). De esta manera, las concentraciones de  $C^{14}$  en una muestra de madera se pueden correlacionar con un determinado año de crecimiento (Stuiver *et al.*, 1981).

Se aserraron seis rodajas de madera del tronco de *Quercus costaricensis* y *Q. copeyensis*, en las que se contaron zonas de crecimiento previamente fechadas, y se les determinó su contenido de radiocarbono (véase Worbes, 1986). De ello resultó que el prefechado de las zonas de crecimiento quedó en todos los casos demasiado bajo. Así, por ejemplo, en una rodaja de un árbol juvenil de *Q. costaricensis* con zonas de crecimiento claramente formadas, se contaron nueve límites de anillos; sin embargo, según la determinación de edad del  $C^{14}$  deberían haber sido 16. Por lo tanto, mediante el análisis del  $C^{14}$  tampoco se pueden detectar zonas de crecimiento debidas a la periodicidad del clima.

Los estudios previos muestran que las zonas de crecimiento y sus límites se forman con mayor o menor claridad en todas las especies arbóreas. La existencia en sí de zonas de crecimiento y sus particularidades (disposición de las paredes parenquimáticas, porosidad de los anillos, diferencias de densidad), indican un factor limitante del crecimiento que se presenta irregularmente (compárese también Roth, 1981). Como factor limitante en el área de estudio vienen al caso las épocas secas periódicas que, a igual duración, en árboles de las zonas tropicales ocasionan la latencia del cambium y con ello zonas de crecimiento en la madera (Mariaux, 1969; Borman y Berlyn, 1980).

Con ayuda del análisis del  $C^{14}$  se fechó en el año 1963 una zona de crecimiento en una rodaja de tronco de un *Q. costaricensis*. Después de ser talado en 1986 se reconocieron en total diez límites claros de zonas de crecimiento. La tabulación de los datos de precipitación de Villa Mills dió para ese período un número de diez épocas secas con 4 (5) meses de duración, en las cuales cayeron por lo general menos de 60 mm de precipitación. De ahí se supone que la nitidez de las zonas de crecimiento depende de la severidad de las épocas secas. Los períodos secos de 2 a 3 meses por año, que ocurren por lo general, tienen evidentemente sólo una ligera influencia negativa en el crecimiento del árbol. Así, con los métodos hoy en día conocidos, no se pueden atribuir las zonas de crecimiento a una periodicidad anual.

Por consiguiente, un análisis del crecimiento de árboles y rodales en las zonas de investigación no puede llevarse a cabo con base en un análisis de anillos de crecimiento, sino únicamente mediante la observación de muchos años en parcelas permanentes de crecimiento.



## 5. DISCUSION Y CONCLUSIONES

### 5.1 Sitio y vegetación

Las particularidades climáticas y del suelo en el bosque estudiado, se caracterizan por las altas precipitaciones, el cambio hídrico estacional y las condiciones de temperatura correspondientes a la altitud del sitio. Las especies arbóreas constantes (*Quercus copeyensis*, *Ocotea austinii*, *Styrax argenteus*, *Ilex spp.* y *Weinmannia spp.*) pueden calificarse como especies clímax climáticas. Caracterizan este sitio de clima de altura y medran allí en gran parte independientemente del relieve y del tipo de suelo zonal.

La cartografía del suelo condujo a la separación de tres unidades edáficas, de las cuales las dos principales se denominan como Placandept y Dystrandept, las que también aparecen como los tipos de suelo dominantes en altitudes entre 2 500 y 3 000 msnm en la totalidad de la cordillera de Talamanca (CATIE, 1983).

Se demostró que los rodales que crecen en ambas unidades de suelo presentan diferencias tanto florísticas como estructurales en la unidad Placandept. La alta constancia y abundante ocurrencia del bambú *Chusquea talamancensis* y del árbol *Quercus costaricensis* llevaron, entre otros criterios, a la identificación del Bosque Mixto de Encino (BME); en la unidad Dystrandept, en tanto, la alta constancia y abundante ocurrencia de *Chusquea tomentosa* y, al mismo tiempo, una dominancia absoluta de *Quercus copeyensis* en los estratos arbóreos, distinguen al llamado Bosque de Roble Blanco (BRB). Estructuralmente, el primer tipo de bosque se caracteriza por una mayor diversidad de especies en pequeñas superficies y una estructura equilibrada discetánea del rodal, mientras que en el BRB se comprueba particularmente una alta masa de madera.

La tercera unidad de suelo (Andaquept), de poca significancia en cuanto a extensión, se encuentra como suelo azonal en las quebradas. La vegetación allí presente, que no fue descrita en detalle, se caracteriza en general por la abundante ocurrencia de arbustos de los géneros *Miconia* y *Hedyosmum*, que alcanzan dimensiones relativamente grandes. También es característica la mayor presencia de helechos arbóreos (*Cyathea*) y la ocurrencia del árbol *Prumnopitys standleyi* (lorito), especie rara de la familia Podocarpaceae cuya presencia está limitada a este tipo de suelo.

La alta correlación entre las características de los rodales y las distintas unidades de suelo hace necesario estudiar su relación causal. Como es conocido en otras regiones montañosas (compárese, entre otros, Hetsch y Hoheisel, 1976; Kapos y Tanner, 1985), las características de los rodales han de verse en estrecha conexión con el régimen hídrico de los suelos. Los perfiles de suelo permiten suponer que, por la presencia de un horizonte de deposición de hierro bastante impermeable debajo del horizonte A, la vegetación en el Placandept está más expuesta al estrés condicionado por el cambio de humedad que en el suelo Dystrandept. Por tanto, puede suponerse que en la época lluviosa se presenta una escasez de oxígeno en el BME a causa de una alta saturación de agua en

el suelo superior. Por otro lado, no puede descartarse aquí que en la época más seca del año, el contenido de agua en el suelo esté por debajo de la capacidad de campo. La situación resultante de un posible estrés hídrico para la vegetación parece tanto más plausible en cuanto que una buena parte de las raíces se concentra en la capa de humus, la cual por naturaleza muestra una alta desecación. Por el contrario, en los suelos del BRB, no se observaron signos de saturación de agua en razón de su textura más favorable, en consecuencia la falta de aireación probablemente no constituya un factor limitante para la vegetación. El peligro de desecación en los períodos de pocas lluvias parece ser, igualmente, más bajo que en el BME, ya que en los horizontes B se encuentran disponibles reservas de humedad. La gran cantidad de raíces que aparecen hasta los 70-80 cm de profundidad en el suelo del BRB refuerzan esta aseveración.

Por lo tanto, la vegetación distinta en ambos tipos de bosque se puede explicar por diferencias en el régimen hídrico entre los suelos Placandep y Dystrandep. En el sitio del BRB, más favorable en cuanto a las propiedades físicas del suelo, se observa una mayor biomasa leñosa y pocas especies altamente competitivas dominan el rodal. En el sitio del BME, más desfavorable, otras especies también son capaces de imponerse. Este bosque, que presenta una menor biomasa, es más heterogéneo en su composición florística.

En virtud de ello, *Chusquea tomentosa* y *Quercus copeyensis* pueden calificarse como las especies de mayor capacidad competitiva dentro de este ámbito altitudinal, puesto que aparecen con los valores absolutos más altos en abundancia y dominancia en el sitio más favorable en cuanto a características físicas del suelo.

Queda preguntarse si, además de las condiciones hidropedológicas, existen también distintas relaciones causales en cuanto a la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y en el rodal en los dos tipos de bosque. La deposición de óxido de hierro en el suelo Placandep podría no sólo conducir a un estancamiento periódico de agua, sino también a un enriquecimiento de los nutrimentos disponibles para las plantas en el suelo superior.

La mayor cantidad de nutrimentos en el BME se encuentra en la gruesa capa de humus, mientras que en el BRB se da en la biomasa aérea. Visto en general, las cantidades de nutrimentos en los suelos de ambos tipos de bosque son extremadamente bajas en comparación con las zonas templadas. No obstante, son del todo comparables con las de otros tipos de bosque nublado tropicales (Steinhardt, 1978; Jordan, 1985).

Finalmente, llama la atención la alta concentración de nutrimentos en la vegetación. Así los valores de Ca y K en el fuste son de dos a cuatro veces mayores que en el suelo y el humus. Estos valores señalan una alta susceptibilidad ecológica, en especial si la vegetación fuese eliminada mediante talarraza y el suelo sometido a cultivos como plantaciones forestales y pastoreo. Un cambio de uso de este tipo rompería el ciclo de nutrimentos existente y eliminaría la mayor parte de la gran reserva de nutrimentos que se encuentran en la biomasa. En este caso, el aprovisionamiento de bases se daría prácticamente en forma exclusiva a través de precipitación. Sin embargo, en áreas abiertas o

de cobertura limitada, aumenta la pérdida de nutrientes por escorrentía superficial. Por lo tanto, un aprovechamiento que implique la transformación de los rodales naturales podría conducir, junto a un mayor peligro de erosión, también a pérdidas irreversibles de nutrientes a largo plazo y con ello, imposibilitaría un uso sostenible de la tierra.

## 5.2 Comparaciones dasonómicas y fitosociológicas

De especial interés dasonómico y fitosociológico es la comparación del bosque estudiado con otros rodales en la zona de investigación y con otros bosques nublados neotropicales.

En la zona de investigación, las diferencias principales en la composición de especies depende de la altitud sobre el nivel del mar y de las condiciones de temperatura con las que se correlacionan directamente. En el Cuadro 13 se presentan, a manera de ejemplo, algunos parámetros dasonómicos del bosque estudiado (BME y BRB en conjunto), comparados con los de bosques situados a 2 100 msnm y 2 850 msnm.

Cuadro 13. Importancia de las especies con dap  $\geq 10$  cm a diferentes altitudes cercanas a la zona de investigación.

Especies	División 2100 msnm			Villa Mills 2700 msnm			Asunción 2850 msnm		
	IVI	N/ha	dg	IVI	N/ha	dg	IVI	N/ha	dg
<i>Quercus copeyensis</i>	1	64	60	1	212	44	4	19	55
<i>Quercus seemannii</i>	2	99	36		2	46			
Lauraceae	3	56	16	3	39	21	7	14	22
<i>Styrax argenteus</i>	4	52	17	4	39	19		7	13
<i>Magnolia sororum</i>	5	36	24		1	13			
Guttiferae	6	32	17		>				
<i>Ladendergia</i> (Rubiaceae)	7	19	26						
<i>Drimys granadensis</i>	8	23*	16	9	9	25	5	22	29
<i>Macrohasseltia</i> (Flacou.)	9	17	32						
<i>Alchornea</i> (Euphorbiac.)	10	19	20						
<i>Quercus costaricensis</i>				2	53	48	1	186	42
<i>Weinmannia pinnata</i>				5	27	27	2	44	24
<i>Ilex</i> spp.	1		34	6	27	15	9	7	23
<i>Podocarpus macrostachyus</i>				7	8	38		>**	
<i>Vaccinium consanguineum</i>	>			8	18	20	6	20	23
<i>Cleyera theaeoides</i>	1	22		10	9	25		7	23
<i>Grammadenia myricoides</i>		12			9	12	3	49	13
<i>Clethra gelida</i> /C. molinae	>				5	17	8	15	18
<i>Schefflera pittierii</i>					5	32	10	7	24
Total (todas las especies)		586	29		483	36		409	34
Cociente de mezcla (ha)		1:8			1:20			1:21	

\* Dato inseguro: probablemente se trate de otra especie del mismo género

\*\* *Podocarpus macrostachyus* fue supuestamente explotado en el bosque levantado

Leyenda: Sitio División (2100 msnm), 10 km al sur del bosque de investigación, 2 ha de levantamiento (ver Orozco, 1991); sitio Villa Mills= rodal de investigación (BME + BRB, 8 ha); Sitio Asunción (2850 msnm), 8 km al noroeste del bosque de investigación, 2 ha de levantamiento, (ver Orozco, 1991). En el cuadro se enlistan las especies con rangos de 1 a 10 del Índice de Valor de Importancia (IVI de Curtis y McIntosh, sit. en Lamprecht 1986), los valores redondeados de abundancia (N/HA) y el diámetro medio dg (cm)

IVI= Abundancia % + dominancia % frecuencia % donde las frecuencias se calculan con parcelas de 500 m<sup>2</sup>

En general se tiene:

- el número de especies en el sitio a 2 100 msnm es notoriamente más alto y el número total de individuos es mayor (cociente de mezcla de 1:8 a 2 100 msnm frente a 1:20 en el bosque estudiado a 2 700 msnm).
- Además de *Quercus copeyensis*, a 2 100 msnm se presenta una nueva especie de roble, *Q. seemannii*, como especie arbórea codominante. Si bien los robles dominan todavía como representantes de los géneros holárticos, el mayor número de especies se debe sobre todo a una fuerte representación de géneros tropicales de familias tales como Annonaceae, Euphorbiaceae, Flacourtiaceae, Guttiferae, Palmae y otras. Estas se encuentran mayormente en los estratos bajo y medio. Faltan por completo *Weinmannia* y *Podocarpus* y en especial *Q. costaricensis*, que tienen una ocurrencia relativamente constante en el bosque estudiado.
- a 2 850 msnm predominan los géneros holárticos, tanto en número de especies como en abundancia. La especie con el mayor valor de importancia es *Q. costaricensis*, que con 186 N/ha, también domina en términos de cantidad. En su composición, el rodal es muy similar al tipo "bosque mixto de encino", con la excepción de que la importancia de *Q. copeyensis* baja considerablemente.

La clasificación de las especies por su valor de importancia deja suponer que el bosque estudiado se encuentra en el óptimo ecológico de distribución del roble blanco y en la parte inferior de distribución del encino. Además, se puede inferir de la presencia de las tres especies de roble que su distribución en la zona de investigación sigue un patrón altitudinal. Tentativamente pueden establecerse las siguientes "zonas de robles":

- *Q. seemannii*/*Q. copeyensis*): 2 100-2 500 msnm
- *Q. copeyensis*: 2 400-2 800 msnm
- *Q. costaricensis*/*Q. copeyensis*): 2 700-3 100 msnm

En el Cuadro 14 se compilan algunos parámetros dasométricos y de sitio para bosques nublados de Costa Rica, Colombia, Venezuela y Perú. En todos ellos se presentan, en comparación con bosques húmedos de tierras bajas, valores de dominancia más altos y números de especies marcadamente más bajos. En general, los rodales son dominados en cuanto al área basal por una o pocas especies arbóreas. Este papel le corresponde a los robles en Costa Rica y Colombia y a representantes del género *Podocarpus* en Venezuela y Perú. En los bosques en los que los robles dominan en área basal, también ocurren con la abundancia más alta; lo contrario ocurre en los bosques dominados por *Podocarpus*. El gran potencial de competencia y crecimiento de los robles se expresa asimismo a través de las alturas máximas que llegan a alcanzar, con árboles de más de 50 m. En los ámbitos altitudinales implicados, los robles podrían contarse, junto con las araucarias del sudeste asiático, entre los árboles más altos del mundo.

**Cuadro 14. Valores característicos de sitio y dasonómicos (árboles > 10 cm dap) de algunos tipos de bosque nublado de los neotrópicos.**

Sitio	altitud msnm	Ta* C	Pa mm	superficie ha	abundancia N/h	dominancia m <sup>2</sup> /ha	altura cm	número de especie	especie arbórea dominante, área basal en %
<b>Costa Rica, cordillera de Talamanca</b>									
2 Tapantí	1300	18,8	5100	0,4	585	44	31 51	37	<i>Quercus</i> sp. (37)
1 División	2100	15,0	3700	2,0	586	40	29 47	72	<i>Q. copeyensis</i> (43)
2 El Empalme	2350	14,0	4000	0,5	434	72	46 50	36	<i>Q. copeyensis</i> (80)
2 La Chonta	2400	13,8	4000	0,2	500	40	32 30(?)	28	<i>Q. seemanii</i> (50)
1 Macho Mora	2550	13,4	3050	2,0	605	48	32 48	34	<i>Q. copeyensis</i> (55)
3 S. Gerardo Dota	2650	12,0	3000	1,0	442	47	37 44	> 20	<i>Q. copeyensis</i> (86)
1 BRB, Villa Mills	2700	11,6	2200	4,0	454	52	38 55	32	<i>Q. copeyensis</i> (87)
1 BME, Villa Mills	2700	11,6	2200	4,0	512	48	35 52	28	<i>Q. costaricensis</i> (40)
1 Asunción	2850	10,8	2400	2,0	409**	37**	34 48	20	<i>Q. costaricensis</i> (69)
4 La Amistad	2500-3000	(12)	(2500)	-	512	63	40 50	> 30	<i>Quercus</i> spp. (75)
2 La Georgina	3000	10,9	2600	0,4	612	45	31 32	22	<i>Q. costaricensis</i> (61)
<b>Colombia Andes septentrionales</b>									
5 La Sierra Boyacá	2300	12,0	2500	0,45	494	38	32 33	> 38	<i>Q. humboldtii</i> (70)
<b>Venezuela, alred. Mérida, Andes</b>									
6 San Eusebio	2400	12,0	1600	3,75	855	65	31 42	59	<i>P. rospigliosii</i> (30)
7 Carbonera, TBM***	2300-2500	12,0	1600	8,0	724	34	24 35	34	5 especies (65)
Podocarpus Tipo	2300-2500	12,0	1600	4,25	638	46	30 35	> 30	<i>P. rospigliosii</i> (36)
<b>Perú, Cajamarca y San Ramón, Andes</b>									
8 San Ignacio	1900	14,0	3200	0,6	378	27	30	> 25	<i>P. montanus</i> (41)
9 Rondayacu	2000	16,0	1400	1,06	457	41	34 42		<i>P. montanus</i> (64)
<b>Perú, Amazonas****</b>									
10 Jenaro Herrera	125	26,4	2900	2,5	602	26	23 43	>275	7 fam. => 50 esp. (50)

\* Ta: Temperatura anual de la estación más cercana o por aproximación (0,56°C); Pa: Precipitación anual

\*\* rodal selectivamente explotado;

\*\*\* TBM- tipo de bosque mixto

1 resultados propios y Orozco (1991); 2 Holdridge et al. (1971); 3 Jiménez (1984);

4 Ramírez (1982); 5 Vega (1964, 1966); 6 Hoheisel (1976), vea también Rollet (1984);

7 Bockor (1978), vea también Rollet (1984); 8 Chung y Sabogal (1982) y comunic.pers.

Sabogal (1987); Weise (1983); 10 Harwilld (1982). Superficie- área realmente levantada

en cada sitio; altura máxima- valor medio de las alturas de los árboles más altos según

los datos o bien los perfiles estructurales.

\*\*\*\* Para comparación: bosque húmedo tropical de tierras bajas.



Finalmente, en el Cuadro 15 se presenta una lista de los géneros encontrados en el bosque estudiado, comparando su ocurrencia en otros bosques nublados neotropicales. Adicionalmente, en dicho cuadro se indica también el coeficiente de similitud según Sørensen (en Lamprecht, 1986). A través de este índice se expresa la estrecha afinidad florística entre los tipos de bosque nublado. Particularmente, se tienen muchos géneros comunes en los estratos arbóreos inferiores (c,d), como por ejemplo *Ardisia*, *Hedyosmum*, *Solanum* y de las familias Rubiaceae y Melastomataceae. En los estratos arbóreos superior y medio (a), el género *Weinmannia* y la familia Lauraceae son los más constantes. En el estrato arbóreo inferior (b) *Clethra* y *Viburnum* se presentan en los siete sitios que se comparan. Por lo demás, el género de bambú *Chusquea*, que por el diámetro mínimo considerado de 5 cm no aparece en el cuadro, se encuentra en todos los bosques nublados indicados.

**Cuadro 15.** Presencia de los géneros o familias con dap > 5 cm en el bosque de investigación y que también se encuentran en otras formaciones de bosque nublado en el neotrópico y valores del coeficiente de similitud (AK) según Sørensen (en Lamprecht, 1986) para la comparación con el bosque de investigación.

Géneros agrupados por estratos, en diferentes bosques	1	2	3	4	5	6	7
	C.R. Montev. 1500	C.R. Amistad 1800-2900	PAN. Punta 1700	COL. Boyacá 2300	COL. Popayán 2200	VEN. Eusebio 2200 - 2500 msnn	VEN. Carbonera
<b>a</b>							
<i>Quercus</i>	x	x	x	x	x		
<i>Weinmannia</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Podocarpus</i>	x	x	x	x		x	x
<i>Prunus</i>	x	x	x			x	x
Lauraceae	x	x	x	x	x	x	x
<i>Schefflera (Didymopanax)</i>	x	x	x	x			x
<i>Styrax</i>	x	x	x				
<i>Dryas</i>	x	x		x			
<i>Magnolia</i>	x	x	x				
<i>Cleyera</i>	x	x					
<i>Myrcianthes</i>	x	x	x	x			x
<i>Symplocos</i>		x				x	x
<b>b</b>							
<i>Aegiphyla</i>	x						
<i>Ilex</i>	x	x	x				
<i>Clethra</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Grauwadenia (Rapanea)</i>	x	x	x		x		
<i>Vaccinium</i>		x					
<i>Zanthoxylum</i>	x	x	x			x	x
<i>Viburnum</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Trichilia</i>	x	x	x				
<i>Cornus</i>	x	x	x		x		

**Cuadro 15. Continuación.**

Géneros agrupados por estratos, en diferentes bosques	1	2	3	4	5	6	7
	C.R. Montev. 1500	C.R. Amistad 1800-2900	PAN. Punta 1700	COL. Boyacá 2300	COL. Popayán 2200	VEN. Eusebio 2200 - 2500 msnm	VEN. Carbonera
<b>c</b>							
<i>Ardisia</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Hedyosmum</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Rhamnus</i>			x				
<i>Meliosma</i>	x	x	x			x	x
<i>Solanum</i>	x	x	x	x	x	x	
<i>Piper</i>	x	x	x	x	x		
<i>Rubiaceae</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Melastomataceae</i>	x	x	x	x	x	x	x
<b>d</b>							
<i>Cyathea</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Clusia</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Oreopanax</i>	x	x	x	x	x	x	x
<b>AR (%) según Sørensen</b>	<b>39</b>	<b>78</b>	<b>63</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>37</b>	<b>38</b>

- 1 Monteverde, cordillera de Tilarán, Costa Rica; 150 km al noroeste del bosque de estudio; según Hartshorn y Poveda (1985)
- 2 Parque Nacional La Amistad, Costa Rica; 60 km al sureste del bosque; según Ramírez (1982)
- 3 Cerro Punta, Panamá; 150 km al sureste del bosque de estudio; según Holdridge (1965)
- 4 Sierra Boyacá, Colombia; según Vega (1964, 1966)
- 5 Popayán, estación Merenberg, Colombia; según Green (1984)
- 6 San Eusebio, Mérida, Venezuela; según Hoheisel (1976)
- 7 La Carbonera, Mérida, Venezuela; según Bockor (1979)
  - a) especies de los estratos superior y medio; b) especies del dosel inferior;
  - c) especies arbustivas; d) helechos arbóreos y epífitas.

Los géneros que ocurren en otras partes, pero no en el bosque estudiado, son casi exclusivamente representantes de los reinos florísticos neotropicales y paleotropicales (véase Engler, 1964). Su número comparativamente alto es responsable de que el coeficiente de similitud de Sørensen presente por regla general valores por debajo de 50.

### 5.3 Diagnóstico silvicultural de los dos tipos de bosque

La condición silvicultural de partida de los rodales de bosque primario en la zona de investigación es un fenómeno de excepción en los trópicos húmedos, a causa de la homogeneidad florística y estructural comparativamente elevada. Únicamente ciertos tipos de bosque, bajo condiciones edáficas especiales, como los manglares, los bosques

pantanosos de agua dulce, los bosques de turba y bosques de coníferas tropicales poseen una composición y estructura similarmente simple (véase, entre otros, Lamprecht, 1986; Richards, 1952; Whitmore, 1984). En cierto modo puede establecerse un paralelo con los bosques de Dipterocarpaceas del sudeste asiático (Weidelt, 1986), en los que también son característicos los volúmenes muy altos en el bosque natural, la uniformidad tecnológica de las maderas y la regeneración natural latente de especies comerciales importantes.

Los robledales estudiados se caracterizan por:

- una similitud, en superficies grandes, de los tipos de bosque, expresada a través de la ocurrencia abundante, dominante y constante de *Quercus* spp. en el estrato arbóreo y de *Chusquea* spp. en el estrato de bambúes. Asimismo, mediante una alta constancia de otras especies arbóreas del clímax climático, como *Weinmannia*, *Styrax*, *Ilex* y representantes de las lauráceas;
- una elevada homogeneidad florística en la estructura vertical de los rodales, y particularmente, de los estratos arbóreos superiores;
- una amplia coincidencia de la distribución del número de árboles por clases diamétricas de los rodales con aquellas de las especies más importantes (roble); en especial, el porcentaje de especies de roble comercialmente interesantes en la regeneración y en los latizales es alto;
- una elevada proporción de especies aptas para el mercado, de acuerdo con las propiedades de la madera, y un alto porcentaje de fustes aprovechables, según dimensiones y calidad exteriormente apreciable (forma del fuste, ramificación, pudrición).

Por lo anterior, se puede juzgar como favorable la condición silvicultural de partida de los rodales estudiados. Sobre todo, no son necesarias medidas de domesticación en el sentido de Lamprecht (1986) como, por ejemplo, una mayor simplificación de la composición y estructura de los rodales.

Se recomiendan métodos de manejo que aseguren el rendimiento sostenido; o sea, aquellos que parten de la capacidad de producción del sitio y del potencial natural de producción de los rodales existentes, debido a:

- las áreas montañosas con escasa o ninguna cobertura boscosa frecuentemente están expuestas a un alto peligro de erosión;
- las cantidades de nutrientes en el suelo, disponibles para las plantas, son extremadamente bajas, el reciclaje depende en gran medida de la biomasa existente;
- la función de protección de los bosques debe ser prioritaria. En la región de los robledales nacen algunos de los ríos más importantes del país y la misma área de estudio integra la zona de captación de agua de una de las represas hidroeléctricas más grandes de Costa Rica, de la cual depende en gran parte la provisión de corriente eléctrica y agua potable del país.

La situación silvicultural específica en los dos tipos de bosque primario estudiados se describe como sigue:

- Bosque Mixto de Encino: este tipo de bosque crece en el sitio edáfico físicamente menos favorable. Muestra una diversidad relativamente



alta en la composición de especies en pequeñas superficies. Las distribuciones diamétricas del número de árboles y del área basal son propias de un "bosque de selección" (con árboles de todo tamaño), tanto en superficies grandes (4 ha), como en superficies más pequeñas (200-500 m<sup>2</sup>). En el dosel inferior, debajo de 7 m de altura, dominan bambúes y arbustos, aunque sin alcanzar una superioridad absoluta como en el BRB. Los estratos arbóreos inferior y medio son más ricos en número de individuos y especies que en el BRB. El estrato arbóreo superior es dominado claramente, tanto en abundancia como en dominancia, por *Quercus costaricensis* y *Q. copeyensis*, con 86% del número de árboles. *Q. copeyensis* ocurre frecuentemente en forma de grupos, y en forma aislada es capaz de alzarse como emergente de 5 a 10 m por encima del dosel. En la regeneración de hasta 2,5 m de altura, *Q. costaricensis* es la especie más frecuente (50% del total). En el latizal (2,5 a 7 m) ninguna especie alcanza una posición dominante; sin embargo, en las partes más abiertas del rodal se observa una tendencia marcada al retroceso de los robles a favor de otras especies arbóreas.

- Bosque de Roble Blanco: este tipo de bosque se desarrolla sobre el sitio edáfico físicamente más favorable. Se caracteriza por una alta homogeneidad en la composición florística en pequeñas superficies. Las distribuciones diamétricas del número de árboles y del área basal en superficies grandes son propias de un "bosque de selección"; sin embargo, sobre pequeñas áreas (500 a 1 000 m<sup>2</sup>) se encuentran también tipos de distribución que parecen típicas de rodales viejos monoestratificados. En el dosel inferior domina en abundancia y cobertura el bambú *Chusquea tomentosa* en toda el área de levantamiento. A esto podría deberse indirectamente, la pobreza del número de individuos del estrato arbóreo inferior y la uniformidad florística en todos los estratos, pues debido a una fuerte competencia por el espacio radicular y la luz, el bambú actúa selectivamente sobre el latizal arbóreo. En los estratos arbóreos, *Quercus copeyensis* domina claramente en el número de árboles con 56% (estrato inferior), 58% (estrato medio) y 98% (estrato superior). El dosel superior alcanza alturas a las que en el BME sólo los emergentes llegan. *Q. copeyensis* también es la especie más frecuente en la regeneración (0,5-2,5 m de altura), con el 63% del número de individuos. Al contrario del BME, las partes más abiertas del rodal son menos colonizadas por especies arbóreas acompañantes de los robles. En estas, el espacio está ocupado prácticamente en un 100% por el bambú, con un desarrollo particularmente exuberante.

Las notables diferencias señaladas entre ambos tipos de bosque justifican procedimientos silviculturales específicos a cada uno, de los que se ofrecen algunas reflexiones. No obstante, los argumentos que siguen tienen un carácter preliminar, debido a los conocimientos incompletos con que se cuenta hasta el momento.

Para ambos tipos de bosque se impone como medida silvicultural preparatoria una corta de refinamiento (Lamprecht, 1986), la cual comprende los árboles con copas de forma muy mala o incorregible, cuyo crecimiento por lo general es muy reducido, y fuste de calidad poco

satisfactoria. En esta intervención, el material eliminado puede ser totalmente convertido en carbón en el mismo sitio.

Los rodales así mejorados pueden definirse en términos silviculturales como rodales de partida. Todavía se asemejan considerablemente en su estructura y relaciones de mezcla a los rodales primarios, quedando el volumen de madera aprovechable bastante alto (400 m<sup>3</sup>/ha aproximadamente). Nótese que el número de árboles en el BME es casi el doble que en el BRB.

En el Bosque Mixto de Encino, el objetivo general del manejo silvicultural es lograr un bosque alto, regenerado naturalmente por semillas, temporalmente mezclado y estratificado en pisos, el cual está dirigido principalmente a la producción de madera comercial de alto valor. En este bosque puede aspirarse como meta a largo plazo una participación del número de árboles en el estrato superior y medio de 50% de *Quercus costaricensis*, 30% de *Q. copeyensis* y 20% de otras especies arbóreas comerciales. El encino debería estar representado preferiblemente en mezcla individual, el roble blanco en mezcla en grupos grandes y las otras especies comerciales en mezcla en grupos pequeños.

Gracias a las existencias actuales en los estratos de regeneración, latizal y arbóreo, es probable que pueda lograrse la meta en ambas especies de roble por medio de una selección positiva. Las bajas cantidades de regeneración de *Q. copeyensis* debieran incrementarse en el próximo año de producción de semillas a través de una cuidadosa corta que permitiría la penetración de más luz al suelo, para favorecer la germinación de las semillas. En el caso de las otras especies arbóreas comerciales, la regeneración natural no es suficiente para lograr la meta. Ya que la mayoría de tales especies poseen dispersión de tipo zoócora, su ocurrencia se da en cualquier parte del rodal y no en las partes deseadas (en los claros); así, a largo plazo tampoco se puede contar con una regeneración que cumpla con la meta planteada. Por esto, particularmente para el *Podocarpus macrostachyus*, de un alto valor en el mercado, se recomienda una implantación en los claros del dosel ya existentes.

Visto a largo plazo, el objetivo de manejo podría ser alcanzable en forma sostenida por medio de una conducción silvicultural basada en cortas cuidadosas en años de fructificación de los robles, en cortas de aclareo en diferentes etapas alrededor de centros de regeneración natural establecidas, así como en cortas de aclareo en grupos dejando únicamente la regeneración natural.

En el Bosque de Roble Blanco, el objetivo general del manejo silvicultural es lograr un bosque medio de alto volumen, regenerado naturalmente por semillas y por rebrotes, con un dosel superior discretáneo para la producción de madera de valor y otra madera comercial, y un dosel inferior coetáneo para la producción de madera para leña y carbón vegetal. Dicho objetivo se ajusta a la estructura natural, en general biestratificada.

Tal estructura probablemente se debe a que después de los años de fructificación la regeneración natural del roble blanco (abundante gracias a su poder de competencia, a su cantidad y a su tendencia a

ocurrir en grupos) sea capaz de superar en cantidad al estrato de bambú.

En consecuencia, el objetivo a largo plazo es prácticamente un 100% de participación del roble blanco en el dosel superior e inferior, siendo también bienvenidas otras especies maderables valiosas y comerciales, que de por sí son capaces de llegar a crecer en el estrato medio, como lauráceas, *Weinmannia*, *Schefflera*, entre otras.

Para asegurar a largo plazo el alto potencial requerido para el estrato inferior denso y productivo, y para disponer de suficientes candidatos valiosos para el futuro dosel superior, se recomienda llevar a cabo el proceso de transformación con una corta cuidadosa sobre una gran superficie. Esta operación silvicultural debería ser precedida por una corta de refinamiento, a aplicarse en un año con plena fructificación del roble blanco. Inmediatamente le seguiría una corta que se concentra en los estratos medio e inferior para favorecer la germinación. Con un establecimiento exitoso de suficiente regeneración de los robles, las medidas de limpieza en los bambúes, estarían de más, como lo muestran observaciones en bosques secundarios de la zona. El tratamiento de los latizales se puede restringir localmente a favorecer agrupamientos de regeneración existentes, para fomentar los futuros árboles de cosecha.

Finalmente, se debe resaltar que el manejo de un bosque medio como el propuesto está condicionado por la capacidad de rebrote del roble blanco. Como tantas otras preguntas abiertas en relación a un futuro manejo ecológica y económicamente racional de los robledales del bosque nublado, ésta todavía no puede responderse satisfactoriamente.

*"El objetivo está alto y lejano  
el camino empieza aquí y ahora".*

Schädelin

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVARADO, A. 1982. Phosphate retention in Aandepts from Guatemala and Costa Rica as related to other soil properties. Ph.D. Thesis. Raleigh, N.C., North Carolina State University. 82 p.
- AUBREVILLE, A.M. 1966. Le Costa Rica. Quelques aspects du pays, son climat, de sa végétation et de sa flore. *Adansonia (Francia)* 6:29-54.
- BALLMANN, P. 1976. Eine geologische Traverse des Ostteils der Cordillera de Talamanca, Costa Rica (Mittelamerika). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh. (Alemania)* 8:502-512.
- BERGOEING, J.P.; MALAVASSI, E. 1982. Geomorfología del valle central de Costa Rica; carta geomorfológica. San José, C.R., Universidad de Costa Rica. s.p.
- BEVAN, A. 1943. Giant oaks of Costa Rica. *American Forester (EE.UU)* 49:486-509.
- BLACK, C.A. et al. 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Madison, Wis., EE.UU., American Society of Agronomy. 1572 p.
- BLASER, J. 1984. El parámetro "Tendencia del árbol": una proposición para clasificar árboles cualitativamente. *El Chasqui (C.R.)* no. 5/6:22-25.
- BOCKOR, I. 1979. Analyse von Baumartenzusammensetzung und Bestandesstrukturen eines andinen Wolkenwaldes in Westvenezuela. Dissertation. Göttingen, Alemania, Georg-August-Universität. 138 p.
- BORMAN, F.H.; BERLYN, G. 1980. Age and growth rate of tropical trees: new directions for research. In *Workshop on age and growth rate determination for tropical trees (1980, Petersham, Mass., EE.UU.)*. Proceedings. Yale University School of Forestry and Environmental Studies. Bulletin no. 94. 135 p.
- BRUN, R. 1976. Methodik und Ergebnisse zur Biomassenbestimmung eines Nebelwaldökosystems in den venezolanischen Anden. In *IUFRO World Congress (16., 1976, Oslo, Noruega)*. Proceedings, Div. 1. Oslo, Noruega, IUFRO Congress Committee. p. 490-499.
- CAIN, S.A. 1938. The species-area curve. *American Midland Naturalist (EE.UU)* 19:573-581.
- CAIN, W.F.; SUESS, H.E. 1976. Carbon 14 in tree rings. *Journal of Geophysical Research (EE.UU)* 81:3688-3694.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1983. Estudio preliminar del medio ambiente en la Cordillera de Talamanca. Turrialba, C.R. s.p.
- CHUNG M., A.; SABOGAL M., C. 1982. Resultados de un estudio fitosociológico en un bosque de *Podocarpus*. *Revista Forestal del Perú* 11:101-111.

- DAYTON, W.A. 1944. Copey oak in Costa Rica. *Agriculture in the Americas (EE.UU.)* 4:134-135.
- DENGO, G. 1962. Tectonic-igneous sequences in Costa Rica. *Geological Society of America. Bulletin* 1:33-161.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación de invernadero. Turrialba, C.R., CATIE. 62 p.
- ENGLER, A. 1964. *Syllabus der Pflanzenfamilien II, Bd. 12.* Berlin, Alemania, Bornträger. 666 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. 1974. *Soil Map of the world: legend.* Paris, Francia. vol 1, 59 p.
- FITZPATRICK, E.A. 1984. Suelos: su formación, clasificación y distribución. México, D.F., Editorial Continental. 430 p.
- GREEN, G. 1984. Management plan for the Merenberg reserve and foundation - Colombia, South America. Thesis M.Sc. Oxford, G.B., University of Oxford. 77 p.
- GREIG-SMITH, P. 1964. *Quantitative plant ecology.* 2ed. Londres, G.B., Butterworth. 256 p.
- GRUBB, P.J.; LLOYD, J.R.; PENNINGTON, T.D.; WHITMORE, T.C. 1963. A comparison of montane and lowland rain forest in Ecuador. I. The forest physiognomy and floristics. *Journal of Ecology (G.B.)* 51:564-599.
- HALL, C. 1984. Costa Rica: una interpretación geográfica con perspectiva histórica. San José, C.R., Editorial Costa Rica. 476 p.
- HARTSHORN, G. *et al* (eds.) 1983. Costa Rica: perfil ambiental; estudio de campo. San José, C.R., U.S.A.I.D., Centro Científico Tropical. 149 p.
- \_\_\_\_\_; POVEDA, L.J. 1985. Checklist of trees. In *Costa Rican Natural History*. Ed. by D. Janzen. III. EE.UU., University of Chicago Press. p 158-183.
- HETSCH, W; HOHEISEL, H. 1976. Standorts- und Vegetationsgliederung in einem tropischen Nebelwald. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.* 147:200-209.
- HOHEISEL, H. 1976. *Strukturanalyse und Waldtypengliederung im primären Wolkenwald "San Eusebio" in der Nordkordillere der venezolanischen Anden.* Dissertation. Göttingen, Alemania, Georg-August-Universität. 108 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science (EE.UU.)* 105:367-368.
- \_\_\_\_\_; 1965. *Ecología de la Cordillera de Talamanca en la república de Panamá, especial a las áreas de Bosquete y Cerro Punta.* Ciudad Colón, Panamá, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 21 p.

- \_\_\_\_\_.; GRENKE, W.C.; HATHAWAY, W.H.; LIANG, T.; TOSI, J.A. 1971. Forest environments in tropical life zones; a pilot study. New York, N.Y., EE.UU., Pergamon. 747 p.
- JANZEN, D. 1983. Costa Rican natural history. Chicago, Ill., EE.UU., University of Chicago Press. 816 p.
- JIMENEZ, W. 1984. Evolución del crecimiento de *Quercus copeyensis* Muller en un bosque de robles no intervenido en San Gerardo de Dota, Costa Rica. Tesis Lic. Ciencias For. Heredia, C.R., Universidad Nacional. 192 p.
- JORDAN, C.F. 1985. Nutrient Cycling in Tropical forest Ecosystems. Chichester, N.Y., EE.UU, J. Wiley. 190 p.
- JUNKOV, M. 1984. Localización y valorización de la masa forestal en Costa Rica. Proyecto DGF-PNUD-FAO-COS/79/001. San José, C.R., DGF. 78 p.
- KAPOS, V.; TANNER, E.V.J. 1985. Water relations of Jamaican upper rain forest trees. Ecology (EE.UU.) 66: 241-250.
- KEOGH, R.M. 1984. Changes in the forest cover of Costa Rica through history. Turrialba (C.R.) 34:325-331.
- KNOBLICH, K.; ZIRFAS, J.; TORRES, C. 1977. Rutschungen im Bereich der Cordillera de Talamanca von Costa Rica. Giessener Geologische Schriften (Alemania) 12:175-198.
- KOEPPE, W.; GEIGER, R. 1961. Klimakarte der Erde. Reeditado por R. Geiger und W. Pohl. Darmstadt, Alemania. s.n. s.p.
- LAMPRECHT, A.M. 1984. Dendroklimatische Untersuchungen in Südamerika. EAFV-Berichte no. 263. 79 p.
- \_\_\_\_\_. 1956. Der Gebirgsnebelwald der venezolanischen Anden. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen (Suiza). 58:1-27.
- \_\_\_\_\_. 1958. Über Profilaufnahmen im Tropenwald. In IUFRO Congress (12., 1956, Oxford, G.B.). Londres, G.B., s.n. v. 2, p. 35-43.
- \_\_\_\_\_. 1972. Einige Strukturmerkmale natürlicher Tropenwaldtypen und ihre waldbauliche Bedeutung. Forstwissenschaftliches Centralblatt (Alemania) 91:270-277.
- \_\_\_\_\_. 1986. Waldbau in den Tropen. Hamburg, Alemania, P. Parey. 318 p.
- LAUER, W. 1952. Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln. Bonner Geographische Abhandlungen (Alemania) 9:15-98.
- \_\_\_\_\_. 1976. Zur hygrischen Höhenstufung tropischer Gebirge. In Neotropische Ökosysteme, Festschrift H. Sioli. Biogeographica (Alemania) 3:169-182.
- LEIBUNDGUT, H. 1982. Europäische Urwälder der Bergstufe. Berna, Suiza, P. Haupt. 308 p.

- MADRIGAL, R.; ROJAS, E. 1980. Manual descriptivo del mapa geomorfológico de Costa Rica. San José, C.R. SEPSA. 78 p.
- MARIAUX, A. 1969. La périodicité des cernes dans le bois de Limba. Bois et Forêts des Tropiques (Francia) 169:29-35.
- MARMILLOD, D. 1982. Methodik und Ergebnise von Untersuchungen über Zusammensetzung und Aufbau eines Terrassenwaldes im peruanischen Amazonien. Dissertation. Göttingen, Alemania, Georg-August-Universität. 198 p.
- MARTIN, P.S. 1964. Paleoclimatology and tropical pollen profile. In International Congress on Quarternary (7., 1964, Warsaw, Ariz., EE.UU.) Proceedings. Warsaw, Ariz., EE.UU. p. 319-323.
- MEIWES, K.J. et al. 1984. Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralboden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung von Waldböden. Berichte Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldsterben (Alemania) 7:1-67.
- MERKER, C. A. et al. 1943. The forests of Costa Rica. Washington, D.C., EE.UU., USDA. 84 p.
- MULLER, C.H. 1942. The Central American species of *Quercus*. Washington, D.C., EE.UU., U.S. Government Printing Office. 97 p.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS. 1954. Soil color charts. Baltimore, Md., Munsell Color Company. s.p.
- NUHN, H. 1978. Atlas preliminar de Costa Rica. San José, C.R., Instituto Geográfico Nacional. s.p.
- OFICINA DE PLANIFICACION DEL SECTOR AGROPECUARIO. 1979. Manual descriptivo del mapa de asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. San José, C.R., SEPSA. 236 p.
- OROZCO, L. 1991. Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. CATIE. Colección silvicultura y manejo de bosques naturales no. 2. Serie técnica. Informe técnico no. 176. 33 p. En prensa.
- PICHLER, H.; WEYL, R. 1975. Magmatism and crustal evolution in Costa Rica. Geologische Rundschau. (Alemania) 64:457-475.
- POHL, R.W. 1974. Blooming behaviour of bamboos in Costa Rica. American Journal of Botany (EE.UU.) 61:48-49.
- RAMIREZ, M. 1982. Vegetación y zona de vida en la región pacífica sureste del Parque Internacional La Amistad, sector costarricense. Turrialba, C.R., CATIE. 53 p.
- RICHARDS, P.W. 1952. The tropical rain forest, an ecological study. Cambridge, G.B., Cambridge University Press. 450 p.
- ROBBINS, R. G. 1958. Montane formations of central highlands of New Guinea. In Symposium Humid Tropics Vegetation (1958, Tjiawi, Indonesia). Proceedings. s.l., UNESCO. p. 176-195.

- ROLLET, B. 1979. Aplicacion de diverses méthodes d'analyse de données á des inventaires forestiers détaillés levés en forêt tropicale. *Oecologia Plantarum* (Francia) 14:319-344.
- \_\_\_\_\_. 1984. Etudes sur une forêt d'altitude des Andes vénézuéliennes. *Bois et Forêts des Tropiques* (Francia) 205:3-23.
- ROTH, I. 1981. Structural patterns of tropical barks. *Hb. Pflanzenant.* (Alemania) 9:1-609.
- RUDLOFF, W. 1981. World-climates, with tables of climatic data and practical suggestions. Stuttgart, Alemania, WVG. 632 p.
- SABOGAL, C. 1987. Struktur und Entwicklungsdynamik eines amazonischen Naturwaldes bei Pucallpa, Perú. Dissertation. Göttingen, Alemania, Georg-August-Universität. 210 p.
- SCHUBEL, R.J. 1980. The human impact on a montane oak forest in Costa Rica. Ph.D. Thesis. California, EE.UU., University of California. 144 p.
- SILES, G. 1980. Estudio socio-económico y técnico de productores de carbón, recolectores de mora y lana en la reserva de Río Macho y Los Santos. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico. 10. p. 1-29.
- SUDGEN, A.M. 1983. Determinants of species composition in some isolated neotropical cloud forests. In *Tropical Rain forest: Ecology and Management*. Ed. by S.L. Sutton; T.C. Whitmore; A.C. Chadwick. London, G.B., Blackwell. p. 43-56.
- STEINHARDT, U. 1978. Untersuchungen über den Wasser- und Nährstoffhaushalt eines andinen Wolkenwaldes in Venezuela. Dissertation. Göttingen, Alemania, Georg-August-Universität. 154 p.
- STILES, G. 1982. Structure of the epiphytic community on an oak tree - *Quercus costaricensis*. *Tropical Biology* (C.R.) 82:496-499.
- STUIVER, M.; REBELLO, A. DE L.; WHITE, J.C.; BROECKER, W. 1981. Isotopic indicators of age/growth in tropical trees. In *Age and growth rate of tropical trees*. Ed. by F. H. Borman; G. Berlyn. Yale University School of Forestry and Environmental Studies. Bulletin No. 94. 135 p.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL CONSERVATION SERVICE. 1975. Soil taxonomy. United States Agricultural Handbook No. 18. 503 p.
- VARESCHI, V. 1980. Vegetationsökologie der Tropen. Stuttgart, Alemania, E. Ulmer. 293 p.
- VEGA C., L. 1964. Estudio preliminar de los bosques de roble (*Quercus humboldtii* Bonp.) de la Sierra Bocayá, Colombia. Bogotá, Col., Universidad Distrital "Francisco José Caldas". 72 p.
- \_\_\_\_\_. 1966. Observaciones ecológicas sobre los bosques de roble de la Sierra Boyacá, Colombia. Turrialba (C.R.) 16:286-296.
- VEILLON, J.P. 1961. Proyecto de plan de manejo para el bosque San Eusebio. Mérida, Ven., Universidad de los Andes. 38 p.



- WEBER, H. 1959. Die Paramos von Costa Rica und ihre pflanzengeographische Verkettung mit den Hochanden Südamerikas. Wiesbaden, Alemania, Akademie der Wissenschaften und Literatur, Mainz. P. Steiner. 71 p.
- WEIDELT, H.J. 1986. Die Auswirkungen waldbaulicher Pflegemaßnahmen auf die Entwicklung exploitierter Dipterocarpaceen-Wälder. Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen Heft 19. 166 p.
- WEISE, H. 1983. Strukturuntersuchungen in peruanischen Naturwäldern der ostandinen Bergstufe. Diplomarbeit. Göttingen, Alemania, Georg-August-Universität. 79 p.
- WEYL, R. 1955. Vestigios de una glaciación del pleistoceno en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Informe trimestral, Instituto Geográfico de Costa Rica. 2:9-32.
- \_\_\_\_\_. 1957. Contribución a la geología de la Cordillera de Talamanca de Costa Rica. San José, C.R., Instituto Geográfico de Costa Rica. 73 p.
- \_\_\_\_\_. 1961. Die Geologie Mittelamerikas. Beiträge zur regionalen Geologie der Erde Bd. 1. Berlin, Alemania, Bornträger. 226 p.
- \_\_\_\_\_. 1980. Geology of Central America. 2 ed. rev. Beiträge zur regionalen Geologie der Erde Bd. 15. Berlin, Alemania, Bornträger. 371 p.
- WHITMORE, T.C. 1984. Tropical rain forests of the Far East. 2. ed. Oxford, G.B., Oxford University Press. 400 p.
- WIDMER, Y. 1985. Caracterización y ecología de *Chusquea* spp. en el bosque nublado de la Cordillera de Talamanca (Costa Rica) y estudios preliminares para su utilización en la región (Informe interno). Turrialba, C.R., CATIE. 57 p.
- WORBES, M. 1986. Lebensbedingungen und Holzwachstum in zentralamazonischen Überschwemmungswäldern. Scripta Geobotanica (Alemania) 17:1-112.

ANEXO 1. Lista de especies encontradas en los levantamientos estructurales del bosque en estudio.

CODIGO	NOMBRE VERNACULO Y CIENTIFICO	FAMILIA
<b>ARBOLES</b>		
02	Arrayan blanco, Arrayan <i>Weinmannia pinnata</i> L. <i>Weinmannia trianaea</i> var. <i>sulcata</i> (Engl.) Cuatr.	CUNONIACEAE
03	Azulillo <i>Ilex discolor</i> var. <i>lamprophylla</i> (Std) E.	AQUIFOLIACEAE
47	Azulillo hoja menuda <i>Ilex pallida</i> Standley	AQUIFOLIACEAE
07	Ciprecillo <i>Podocarpus macrostachyus</i> D. Don	PODOCARPACEAE
08	Cura <i>Viburnum venustum</i> Morton <i>Viburnum costaricanum</i> (Oerst.) Hemsl.	CAPRIFOLIACEAE
09	Chilemuela <i>Drimys granadensis</i> L.	WINTERACEAE
12	Encino, Encino blanco <i>Quercus costaricensis</i> Liebm.	FAGACEAE
14	Guayabillo <i>Myrcianthes storkii</i> (Std.) Mc Vaugh	MYRTACEAE
16	Ira amarillo, Aguacatillo blanco <i>Phoebe pittieri</i> Mez <i>Phoebe tonduzii</i> Mez	LAURAECAE
17	Ira rosa <i>Ocotea austinii</i> C.K. Allen <i>Nectandra cufodontisii</i> (O.C. Schmid)	LAURAECAE
19	Limoncillo <i>Prunus cornifolia</i> Koehne	ROSACEAE
20	Lorito <i>Prumnopitys standleyi</i>	PODOCARPACEAE
21	Madroño <i>Vaccinium consanguineum</i> Klotzsch	ERICACEAE
22	Magnolia, Magnolia amarilla <i>Magnolia sororum</i> Seibert	MAGNOLIACEAE
23	Nance <i>Clethra gelida</i> Standley <i>Clethra molinae</i> Standley & L. Williams	CLETHRACEAE
24	Papayillo <i>Didymopanax pittieri</i> Marchant	ARALIACEAE
25	Cuerillo <i>Symplocos serrulata</i> H.B.K.	SYMPLOCACEAE

CODIGO	NOMBRE VERNACULO Y CIENTIFICO	FAMILIA
26	Quizarra amarillo <i>Nectandra cufodontisii</i>	LAURACEAE
27	Ratoncillo <i>Grammadenia myricoides</i> (Sch.) Lundell	MYRSINACEAE
28	Resina <i>Styrax argenteus</i> Presl.	STYRACACEAE
29	Roble blanco, Roble, Roble varsino <i>Quercus copeyensis</i> C. H. Müller	FAGACEAE
31	Salvia, Salvia de hoja grande <i>Aegiphila odontophylla</i> Donnell-Smith	VERBENACEAE
33	Titora <i>Cleyera theaeoides</i> (Swartz) choisy	THEACEAE
36	Uruca <i>Trichilia havanensis</i> Jacquin	MELIACEAE
37	Lagarto colorado <i>Zanthoxylum melanostictum</i> Champ & Schlecht.	RUTACEAE
49	Lagartillo <i>Zanthoxylum chiriquinum</i> Standely	RUTACEAE
38	Yemahuevo <i>Ocotea fulvescens</i> Std. & L. Williams	LAURACEAE
45	Lloro <i>Cornus disciflora</i> DC.	CORNACEAE
<b>ARBUSTOS</b>		
01	Agüila <i>Hedyosum montanum</i> W. Burger	CHLORANTHACEAE
04	Barra de agua <i>Hedyosmum mexicanum</i> Cordemoy	CHLORANTHACEAE
05	Cafecillo <i>Pallicourea adusta</i> Standley <i>Psychotria</i> sp.	RUBIACEAE
06	Candelilla <i>Fuchsia arborescens</i> Sims	ONAGRACEAE
11	Duraznillo <i>Rhamnus oreodendrom</i> L.O. Williams	RHAMNACEAE
15	Huesillo <i>Ardisia compressa</i> H.B.K.	MYRSINACEAE
18	Lengua de vaca <i>Miconia pittieri</i> Cogn. <i>Miconia tonduzii</i> var. <i>oblongifolia</i> Cogn. <i>Leandra costaricensis</i> Cogn.	MELASTOMACEAE
60	Madroncillo <i>Fuchsia microphylla</i> H.B.K. subsp. <i>hemsleyana</i> Woodsane	ONAGRACEAE
68	Mora <i>Rubus</i> sp.	ROSACEAE

CODIGO	NOMBRE VERNACULO Y CIENTIFICO	FAMILIA
43	Piper <i>Piper bredemeyeri</i> Jacquin	PIPERACEAE
34	Tucuico <i>Ardisia glandulosa-marginata</i> Oerst.	MYRSINACEAE
35	Uña de gato <i>Miconia schnellii</i> Wurdark	MELASTOMACEAE
44	Zapotillo <i>Meliosma aff. vernicosa</i> (Lieb) Griseb.	SABIACEAE
39	Zorrillo <i>Solanum storkii</i> Morton & Standley <i>Solanum vaccinflorum</i> Std. & L. Will.	SOLANACEAE
<b>PALMAS</b>		
32	Surtuba <i>Geonoma</i> sp.	ARECACEAE (PALMAE)
<b>HELECHOS ARBORESCENTES</b>		
10	Chumico <i>Cyathea gracilis</i> L.	CYATHACEAE
70	Pituza <i>Cyathea</i> sp.	CYATHACEAE
<b>GRAMINEAS</b>		
48	Cañuela de hoja grande <i>Chusquea talamancensis</i>	GRAMINEAE
50	Cañuela de hoja menuda <i>Chusquea tomentosa</i>	GRAMINEAE
77	Navajuela <i>Rhynchospora aff. schiedeana</i> G.	CYPERACEAE
<b>EPIFITAS</b>		
42	Azahar bejuco <i>Clusia major</i> L.	HYPERICACEAE (GUTTIFERAE)
46	Azahar colorado <i>Clusia</i> sp.	HYPERICACEAE (GKUTTIFERAE)
62	Epifita <i>Anthurium concinnatum</i> Schott	ARACEAE
41	Papayillo bejuco <i>Oreopanax capitatum</i> (Jacq) Dc & Planch.	ARALLIACEAE

CODIGO	NOMBRE VERNACULO Y CIENTIFICO	FAMILIA
<b>HELECHOS</b>		
58	Dientecillo <i>Arachniodes denticulata</i> (Swartz) Ching	ASPIDIACEAE
57	Tallonegro <i>Asplenium serra</i> Langsd. & Fischer	ASPLENIACEAE
56	Helecho <i>Blechnum falciforme</i> (Liebm.) C. Chr.	BLECHNACEAE
80	Plumilla <i>Dryopteris parallelogramma</i> (K.) Alston	ASPIDIACEAE
69	Alilla <i>Polypodium loriceum</i> L.	POLYPODIACEAE
<b>HERBACEAS</b>		
72	Begonia <i>Begonia udisilvestris</i> C. DC.	BEGONIACEAE
55	Chayotillo <i>Piper</i> sp.	PEPERACEAE
74	Jaboncillo <i>Phytolacca rugosa</i> Braun & Boncho	PHYTOLACACEAE
51	Lanita <i>Alloplectus</i> sp.	GESNERIACEAE
64	Lengua de Toro <i>Axinea costaricensis</i> Cogn.	MELASTOMACEAE
54	Lilia <i>Smilacina paniculata</i> M. & K.	LILIACEAE
73	Navideña <i>Adenostyles</i> sp.	ASTERACEAE (COMPOSITAE)
53	Planchilla <i>Liabum sagittatum</i> Sch. Bip.	ASTERACEAE (COMPOSITAE)
71	Quebracha <i>Senecio multivenius</i> Benth.	ASTERACEAE (COMPOSITAE)
61	Soledad <i>Peperomia acuminata</i> Ruiz & Pavon	PEPEROMIACEAE (PIPERACEAE)
52	Subidora <i>Peperomia dotana</i> Trel.	PEPEROMIACEAE

Publicación del Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales (COSUDE),  
editado por INFORAT/CATIE.

Coordinadora de INFORAT: Claudia Monge

Revisión de la Traducción  
al Español: Cesar Sabogal  
Daniel Marmillod

Editor: Emilio Hidalgo de Caviedes

Revisión Bibliográfica: Carlos E. Granados M.

Dibujos: Marcela Oviedo

Diseño Artístico de la Portada: Lucio Pedroni

Diseño Gráfico de la Portada: Roy García

Levantado de Texto: Marlen Camacho  
Grace Sánchez  
Alvaro Chaves

Montaje de Artes Finales: Rocío Jiménez

Impreso en los talleres gráficos de Varitec, S.A.

Edición de 650 ejemplares

Se terminó de imprimir en el mes de octubre de 1991