

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**

RECIBIDO  
1997

**DISEÑO DE UNA RED DE PARCELAS PERMANENTES CON PROPOSITOS  
DE MANEJO FORESTAL EN UN BOSQUE HUMEDO TEMPLADO DE  
CHUQUISACA, BOLIVIA**

**POR**

**JAIME RICARDO TERAN CARDOZO**



Turrialba, Costa Rica  
1997

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE  
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
CATIE**



**PROGRAMA DE ENSEÑANZA  
ÁREA DE POSTGRADO**

**CATIE**

**// DISEÑO DE UNA RED DE PARCELAS PERMANENTES CON PROPOSITOS DE  
MANEJO FORESTAL EN UN BOSQUE HUMEDO TEMPLADO DE  
CHUQUISACA, BOLIVIA.**

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

*Magister Scientiae*

por

Jaime Ricardo Terán Cardozo


Turrialba, Costa Rica


1997

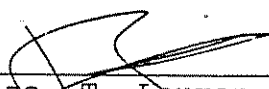
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

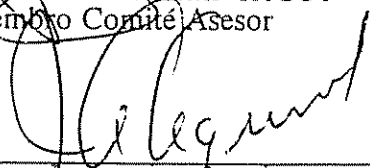
*MAGISTER SCIENTIAE*

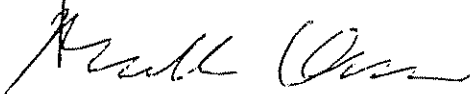
FIRMANTES:

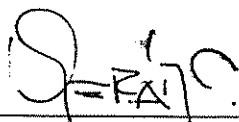
  
\_\_\_\_\_  
Daniel Marmillo, Ph.D.  
Profesor Consejero

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

  
\_\_\_\_\_  
Bas T. Louman M.Sc.  
Miembro Comité Asesor

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

  
\_\_\_\_\_  
Markku Kanninen, Ph.D.  
Director, Programa de Enseñanza

  
\_\_\_\_\_  
Jaime Ricardo Terán Cardozo  
Candidato

## DEDICATORIA

A mi origen, donde siempre retorno con logros y fracasos, lejos o con el:

**Mi madre**

**Mis hermanos y sus familias**

**Mi padre †**

A Carla

A Rafael

*ellos saben porqué*

## AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a las siguientes personas e Instituciones:

Al doctor Daniel Marmillo, mi profesor consejero en CATIE, por su guía, por su amistad, por su estrecha colaboración y valiosos consejos. Muchas gracias.

Al doctor José Joaquín Campos por alentar el trabajo, sus valiosas sugerencias, observaciones, y sobre todo por su confianza.

Al MSc. Bas Louman, por sus acertadas observaciones que mejoraron sustancialmente la calidad del documento de tesis, por su tiempo.

Al Ing. John Njittler jefe de equipo del proyecto BOLFOR, y al Ing. Richard Mancilla por la oportunidad y colaboración para ingresar al programa de maestría.

A CHEMONICS INTERNATIONAL INC. por la beca AID otorgada para mi capacitación durante estos dos años. A Charles Laduca, por su comprensión.

Al Plan Agroforestal de Chuquisaca, Bolivia (PLAFOR ), y al Lic. Vicente Campos director del proyecto, que me brindaron todo el apoyo para mi capacitación y el trabajo de campo. Mi especial reconocimiento a Martha Serrano, Esteban Morales y David Villalobos, por su profesionalismo y amistad, por el gran apoyo que significaron.

A Durí Bézzola, mi profesor consejero en Bolivia, por su permanente empuje y confianza, por su contagiosa inspiración.

A Weimar Barrios, Elizabeth Tapia y Gonzalo Gomez, cuya colaboración ha sido fundamental durante todo el trabajo de campo en la hacienda Aperiati.

Al señor Ingo Vargas por permitirme el acceso y hospedaje en su propiedad.

Al doctor Muhammad Ibrahim, por sus enseñanzas, por su amistad y apoyo.

A Adriana y Juan, como bien lo dirían ellos, "por aguantarme". A Rudy por lo "del consuelo", por su amistad y colaboración. A Lilibeth "valiente", siempre presente.

TERAN, C, J., R., 1997. Diseño de una red de parcelas permanente con propósitos de manejo forestal en un bosque húmedo templado de Chuquisaca, Bolivia.

Palabras clave: área mínima, composición florística, gradientes, inventarios forestales, tipos de bosques, parcelas de observación, bosque templado, Bolivia.

## RESUMEN

Los inventarios generales para manejo forestal, han sido tradicionalmente orientados a lograr un determinado error de estimación para el volumen de todas las especies maderables. Sin embargo la planificación de un proceso productivo sostenible necesita basarse en un conocimiento completo de las comunidades boscosas locales.

La presente investigación, realizada en un bosque húmedo templado (bh-TE) de Bolivia, busca optimizar el levantamiento de la composición florística por medio de unidades de muestreo representativas de las comunidades boscosas locales, utilizando la información generada para identificar tipos de bosques y determinar un número mínimo de parcelas de observación cuya localización responde a una máxima representatividad florística de los bosques a manejar.

Se analizó el área mínima en un reticulado de 2.4 ha. Se utilizaron tres técnicas: curva área - especie, curva área - coeficiente similitud y curva área - probabilidades chi cuadrado. Se determinó un tamaño mínimo de 0.24 ha, para la unidad básica de muestreo a utilizar en inventarios forestales.

La forma y orientación de la unidad de muestreo fue analizada en función de gradientes ambientales. Se utilizó una muestra de 10 has (40 parcelas de 0,25 ha). Se aplicaron métodos multivariados de clasificación y ordenación. Se pudo comprobar la influencia de la altitud en un gradiente principal de la vegetación en dirección este - oeste. Se detectaron gradientes menores en dirección norte - sur por efecto de la pendiente y posición topográfica. Atendiendo los ejes de variación se recomienda parcelas de forma cuadrada.

La información levantada en las unidades de muestreo de área mínima, se clasificó en grupos de vegetación y se interpretó en una tabla fitosociológica, logrando diferenciar cinco tipos de bosques con base en su similaridad de la vegetación y su relación con paisajes fisiográficos: (1) bosque de tipa (*Tipuana* y *Cupania* en serranía media), (2) bosque de laurel (*Nectandra* y *Chrysophyllum* en serranía inferior), (3) bosque de quebrachillo (*Diatenopteryx* y *Crinodendron* en galería de quebrada), (4) bosque de cebil y guayacan (*Anadenanthera* y *Machaerium* en colinas), y (5) bosque de cebil y soto (*Anadenanthera* y *Schinopsis* en lomeríos).

Por medio de un análisis de categorización de la información levantada en las parcelas de área mínima, se identificaron doce parcelas de observación que incluyen la máxima diversidad florística y estructural de cuatro tipos de bosque de interés para el manejo. Estas doce parcelas y sus respectivas localizaciones constituyen la base para la implementación de una red de dispositivos de control permanente del manejo forestal.

Se comprueba de esta manera un inventario forestal que optimiza el levantamiento florístico, basado en una imagen fitosociológica aceptable de las comunidades boscosas a manejar, genera información útil para evaluar el recurso de interés y al mismo tiempo permite avanzar en la planificación del proceso productivo sostenible,

TERAN, C. J., R., 1997. Design of a permanent plot net with forest management purposes on a humid temperate forest Chuquisaca, Bolivia.

Key words: minimum area, floristic composition, gradient, forest inventories, forest types, observation plots, temperate forest, Bolivia.

## SUMMARY

Traditionally, general inventories for forest management have been guided to obtain a determined estimation error for the volume of all timber species. However, planning a sustainable productive process needs to be based on a complete knowledge of the local forest communities.

The study was carried out in a tropical humid forest (bh-TE) in Bolivia. It seeks to raise the floristic composition, utilizing representative unit samples from the local forest communities, using the information obtained to identify forest types and to determine a minimum number of observation plots, whose localization should represent the maximum flora of the forest to manage.

A minimum area was analyzed in a reticulum of 2.4 ha. Three techniques were used: area - specie curve, area - similarity coefficient curve and area - chi squared possibility curve. The minimum size required for the basic sample units to be utilized in forest inventories was of 0.24 ha.

The direction and form of the sample unit was analyzed in function of the environmental gradient. A 10 ha. sample was used (40 plots of 0,25 ha). Multi-varied classification and arranging methods were applied. Altitude influence on a main vegetation gradient from east – west was verified. Due to the slope effect and topographic position, minor slopes were detected in a north – south direction. Keeping in mind variance axis, square form plots are recommended.



The information obtained from minimum area sample units was classified in vegetation groups and was interpreted on a phyto-sociological table, classifying five forest types, based on vegetation similarity and its relation with physio-graphic landscapes: tipa forest (*Tipuana* and *Cupania* on middle mountains); (2) laurel forest (*Nectandra* and *Chrysophyllum* on lower mountains); (3) quebrachillo forest (*Diatenopteryx* and *Crinodendron* on gallery streams); (4) cebil and guayacan forest (*Anadenanthera* and *Machaerium* on hills); and (5) cebil and soto forest (*Anadenanthera* and *Schinopsis* on hillocks).

Utilizing a categorization analysis with the information obtained from the minimum area plots, twelve observation plots were identified, that include the maximum floristic and structural diversity of four forest types of management interest. These twelve plots and their corresponding localization constitute the bases for the implementation of a permanent control net of forest management.

Verifying a forestry inventory that raises flora optimization based on an acceptable phyto-sociological image of the forest communities to be managed, generating useful information to evaluate interest resources and, at the same time, allows advancing on the planning of a sustainable productive process.

# CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
CONTENIDO	vii
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 El manejo forestal	4
3.2 Las comunidades forestales y el área mínima	4
3.3 Los conocimientos sinecológicos aplicados al manejo forestal	6
3.3.1 Clasificación	6
3.3.2 Ordenación	7
3.3.3 Relación de los tipos de bosque con factores ambientales	8
3.4 Sobre los procedimientos de muestreo en comunidades forestales	11
3.4.1 Inventarios forestales convencionales	11
3.4.2 Estudios de vegetación	13
3.4.3 Estudios de la dinámica y crecimiento de los bosques	14

<b>4. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Descripción del área de estudio</b>	<b>17</b>
4.1.1 Geología, geomorfología y suelos	17
4.1.2 Clima	17
4.1.3 Vegetación	19
4.1.4 Uso del bosque e importancia del ecosistema	19
4.1.5 Descripción fisiográfica de la Hacienda Aperiatí	19
<b>4.2 Información previa</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Determinación del área mínima</b>	<b>21</b>
4.3.1 La muestra y los datos	21
4.3.2 Análisis de homogeneidad	23
4.3.3 Aproximación cualitativa y cuantitativa del área mínima	27
4.3.3.1 Curva área - especie	27
4.3.3.2 Curva área - coeficiente de similitud	28
4.3.3.3 Probabilidades chi cuadrado ( $\chi^2$ )	29
<b>4.4 Determinación de la forma y orientación de la unidad de muestreo</b>	<b>29</b>
4.4.1 La muestra y ajuste de la estructura de datos	30
4.4.2 Detección de los factores ambientales relacionados a gradientes de vegetación	32
4.4.3 Análisis de ordenación por gradiente directo	34
4.4.4 Selección de la forma y orientación de la unidad de muestreo	34
<b>4.5 Caracterización de tipos de bosques</b>	<b>35</b>
4.5.1 Caracterización general de la vegetación arbórea	35
4.5.2 Descripción de los tipos forestales	35
<b>4.6 Selección del número y localización de las parcelas de observación</b>	<b>38</b>

<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>42</b>
<b>5.1 Aproximación cualitativa y cuantitativa del área mínima</b>	<b>42</b>
5.1.1 Descripción de la comunidad forestal en el reticulado	42
5.1.2 Análisis de homogeneidad	43
5.1.3 Aproximaciones al tamaño del área mínima	47
5.1.3.1 Curva área especie	47
5.1.3.2 Curva área - coeficiente de similitud	48
5.1.3.3 Curva área - probabilidades $\chi^2$	51
<b>5.2 Determinación de la forma y orientación de la unidad de muestreo</b>	<b>54</b>
5.2.1 La muestra y ajuste de la estructura de datos	54
5.2.2 Identificación de factores ambientales relacionados a gradientes de vegetación	54
5.2.3 Análisis directo de los gradientes de la vegetación	59
5.2.4 Selección de la forma y orientación de la unidad de muestreo	64
<b>5.3 Descripción y tipificación de la vegetación arbórea (dap <math>\geq</math> 10 cm)</b>	<b>64</b>
5.3.1 Caracterización general de la vegetación	64
5.3.2 Clasificación de tipos de bosques	71
<b>5.4 Diseño de la red de parcelas de observación</b>	<b>76</b>
5.4.1 Objetivos	76
5.4.2 Selección de las comunidades de interés	76
5.4.3 Diseño experimental	77
5.4.4 Tamaño de la parcela	78
5.4.5 Selección de parcelas de observación	84
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>89</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>90</b>

<b>ANEXOS</b>	<b>96</b>
1. ATRIBUTOS Y VARIABLES LEVANTADOS EN EL RETICULADO	96
2. CUADROS ESTADISTICOS DEL ANALISIS DE HOMOGENEIDAD	98
3. ATRIBUTOS Y VARIABLES LEVANTADOS EN PARCELAS DE 0.25 HA	99
4. PARAMETROS DE CARACTERIZACION DASOMETRICA	101
5. ESTRUCTURA POBLACIONAL N y G POR CLASE $d_{(cm)} ha^{-1}$ POR ESPECIE	102
6. CARACTERIZACIONES DASOMETRICAS DE LOS TIPOS DE BOSQUES	106
7. LISTA GENERAL PRELIMINAR DE ESPECIES LEÑOSAS	121

## LISTA DE CUADROS

1. Rangos de altitud y posición topográfica para las 40 parcelas del total de la muestra.	31
2. Estadísticos descriptivos de similitud en la determinación del área mínima por el metodo área-coeficientes de similitud.	50
3. Rangos de similitud entre parcelas para decidir su exclusión de la muestra. Análisis del vecino más cercano	54
4. Valor F discriminante de los factores ambientales dentro de la clasificación de parcelas en fondo de valle, laderas y el total de la muestra.	58
5. Parámetros dasométricos promedios de las especies en los bosques de Aperiati	68
6. Parámetros dasométricos promedios de las familias en los bosques de Aperiati	70
7. Posición discriminante de las principales especies en el total de la muestra de Aperiati (valor F de Jancey)	71
8. Parámetros dasométricos promedios por tipo de bosque y grupos de especies	72
9. Tabla Fitosociológica de la vegetación en Aperiati	73

10.	Propuesta de selección de diseños experimentales para dispositivos permanentes por tipo de bosque	78
11.	Áreas teóricas de posible influencia de árboles de altura máxima por tipo de bosque.	79
12.	Cuadro 12. Abundancia promedio de especies de interés en los bosques de cebil-soto y de laurel. Proyecciones aritméticas para áreas 0.5 y 0.75 ha.	83

## LISTA DE FIGURAS

1.	Mapa de ubicación del área de estudio	18
2.	Dispositivo experimental para la determinación del área mínima	22
3.	Ubicación aproximada de las 40 parcelas de muestreo en Aperiati	31
4.	Comparación sistemática de la similitud entre la primera faja horizontal con las restantes y entre la primera faja vertical con las restantes en el reticulado completo.	44
5.	Coefficientes de variación de las medias de similitud entre fajas horizontales agrupadas y fajas verticales agrupadas en el reticulado completo.	44
6.	Comparación sistemática de la similitud entre la primera faja horizontal con las restantes y entre la primera faja vertical con las restantes en el reticulado reducido	46
7.	Coefficientes de variación de las medias de similitud entre fajas horizontales agrupadas y fajas verticales agrupadas en el reticulado reducido.	46
8.	Curvas área-especie en el reticulado reducido (árboles con dap $\geq$ 10cm)	47
9.	Distribución de frecuencias de los coeficientes de similitud para parcelas de áreas crecientes.	49
10.	Curva área - coeficiente de similitud. Función de semejanza coeficiente Van der Maarel	50
11.	Curva área-probabilidades $\chi^2$ . Eje de ordenadas en escala logarítmica.	52
12.	Dendrograma de similitud de la vegetación en cuarenta parcelas de las comunidades boscosas de Aperiati (especies dap > 10 cm y frecuencia $\geq$ 2).	

	Sobreposición de la altitud y clasificación de 5 grupos.	55
13.	Grupos de parcelas resultantes de la clasificación numérica entre rangos de altitud y pendiente.	56
14.	Dendrogramas de similitud de parcelas en fondos de valles y en laderas y su relación con la variación altitudinal.	58
15.	Gradiente de vegetación en relación a la altitud unidades de muestreo en fondos de valle.	59
16.	Gradiente de vegetación relacionado a la altitud para unidades de muestreo en laderas.	60
17.	Gradiente de vegetación relacionado a la altitud, para el total de la muestra. Análisis directo de gradientes. Método Fuzzy.	61
18.	Gradiente de vegetación relacionado a la pendiente, para el total de la muestra. Análisis directo de gradientes. Método Fuzzy.	63
19.	Abundancia porcentual y absoluta de especies en rangos de frecuencia en las comunidades forestales de Aperiati.	65
20.	Abundancia de individuos y especies por clase de tamaño diamétrico en las comunidades forestales de Aperiati	65
21.	Distribución porcentual de la abundancia: (a) en relación al número total de especies; (b) de las especies de interés actual para manejo.	66
22.	Número de árboles del grupo de interés (D+A) por tipo de bosque en unidades muestrales de 0.25 ha.	81
23.	Abundancia de especies deseables y aceptables (D+A) por tipo de bosque en unidades muestrales de 0.25 ha. (a) Bosque de cebil y soto (b) Bosque de laurel.	82
24.	Varianza acumulada de las cuatro primeras posiciones de categorización en la muestra (n) de cada tipo de bosque.	86
25.	Red de parcelas de máxima representatividad en los bosques a manejar en Aperiati.	87

# 1. INTRODUCCION <sup>1</sup>

La preocupación sobre la condición futura de los bosques naturales en Bolivia, ha venido generando un interés creciente sobre este recurso. La reciente promulgación de una nueva ley forestal y sus reglamentos, es un ejemplo, en la cual se trató de recoger las inquietudes de varios sectores de la población.

En los bosques naturales de la región montana del Departamento de Chuquisaca, entre 500 y 3400 m sobre el mar, se desarrollaron muy pocos inventarios forestales, por lo general con el propósito de evaluar la existencia de madera comercial.

Algunos tímidos intentos de organizaciones no gubernamentales para desarrollar planes de manejo, no llegaron más allá de la organización social para la extracción del recurso comercial actual.

En este mismo sentido actúan las empresas madereras que aprovechan selectivamente las especies bajo contratos anuales concedidos por el estado. Por otro lado el bosque continúa fragmentándose y perdiendo terreno por su conversión a usos agrícolas y pecuarios.

Propietarios, instituciones y representantes de comunidades indígenas de la región están mostrando gran receptividad para nuevas prácticas de manejo forestal, por una correcta evaluación y extracción a corto plazo sin descuidar el control y conservación del bosque a largo plazo.

---

<sup>1</sup> El "diseño de la red de parcelas permanentes con propositos de manejo forestal", debe ser entendido en este trabajo como la "optimización de la composición florística en inventarios forestales", lo que permite diseñar una red de parcelas de observación en contribución al manejo forestal sostenible



Las nuevas normas técnicas del estado para planes de manejo en los bosques andinos y chaqueños, no pasarán de ser simples requisitos si no se logran desarrollar herramientas adecuadas para el nivel complejo de evaluación forestal que requiere un plan de manejo.

Apoiado por el proyecto Plan Agroforestal de Chuquisaca (PLAFOR) y con datos tomados en bosques de la Hacienda Aperiati, el presente estudio contribuye a una mayor eficiencia de los inventarios forestales en sentido de lograr en un solo evento de evaluación una imagen fitosociológica aceptable de los bosques locales y la confiabilidad deseada por el propietario para los productos de interés y los niveles exigidos por ley. La presente investigación se limita a definir la unidad del muestreo del inventario forestal bajo criterios fitosociológicos y demostrar que su aplicación proporciona información que permite precisar el proceso de selección de una red de parcelas de observación como contribución a la planificación del manejo forestal.

No se hacen estimaciones sobre errores de muestreo para productos de interés comercial o volumen total, tampoco involucra la implementación práctica de la red de parcelas de observación como dispositivos de control permanente.

El desarrollo de esta investigación se inicia con la determinación del área mínima representativa de las comunidades boscosas locales. Prosigue con un análisis de conocidos gradientes ambientales locales para definir la forma y orientación de la unidad de muestreo.

Luego se identificaron y describieron los tipos de bosques presentes, para concluir en un diseño de una red mínima de parcelas de observación, optimizando el número y localización de sitios para el monitoreo permanente de los bosques a manejar.

## 2. OBJETIVOS e HIPOTESIS

### Objetivo General

- Diseñar una red de parcelas de observación como contribución a la planificación del manejo forestal para el bosque húmedo de Aperiati, utilizando información de un inventario forestal con unidades de muestreo definidas bajo criterios fitosociológicos.

### Objetivos Específicos

- Determinar el área mínima, la forma y orientación de la unidad básica de muestreo para representar las comunidades boscosas locales.
- Tipificar forestalmente las comunidades boscosas de Aperiati y caracterizar los tipos por composición y estructura
- Identificar los sitios de máxima diversidad florística y diseñar con ellos una red mínima de parcelas de observación.

### Hipótesis

Con unidades de muestreo definidas fitosociológicamente y aplicadas en un inventario forestal, es posible optimizar una red mínima de parcelas de observación que incluya una máxima variabilidad de los tipos de bosques considerados para la planificación de un manejo forestal sostenible.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 *El manejo forestal*

El *manejo forestal sostenible* está definido como “el proceso de administrar en forma permanente la tierra forestal y de lograr uno o más objetivos claramente especificados, para alcanzar un flujo continuo de bienes y servicios deseados del bosque, sin una reducción indebida en sus valores inherentes, ni en su productividad futura y sin efectos indebidos no deseables en el ambiente físico y social” (ITTO, 1991).

Bajo un enfoque silvicultural y en términos sencillos, para manejar un bosque se necesita conocer que es lo que el bosque produce y como crece. Ello implica la identificación de comunidades forestales (tipificación) que proporciona los primeros conocimientos ecológicos, los que deben ser ligados con conocimientos dinámicos a obtener en parcelas permanentes. Ambos procedimientos son esenciales para evaluar y conducir el bosque hacia una producción sostenible (Mackay, 1954; Alder y Synnott, 1992).

#### 3.2 *Las comunidades forestales y el área mínima*

Las comunidades forestales se pueden caracterizar como conjuntos de poblaciones que involucran diferentes formas de vida (vegetales y animales) que ocurren juntos en un mismo espacio y al mismo tiempo. Cada población tiene características únicas respecto a densidad y proporción de sexualidad, estructuras de clases de edad, tasas de natalidad e inmigración mortalidad y emigración. La comunidad biótica así formada es distinguida por la presencia y abundancia de árboles (Begon *et.al.*, 1995; Donoso, 1993).

El concepto de área mínima surge de “la idea ecológica de un área de una comunidad de plantas, la cual contiene todas las más importantes especies”. La escuela de sociología de plantas de Zurich-Montpellier liderada por Braun-Blanquet define el área mínima de una comunidad como el punto donde la curva área-especies llega a ser aproximadamente horizontal. La escuela de sociología de plantas de Uppsala, liderada por Du Rietz, define el área mínima como el punto donde la curva área - constantes (especies con frecuencia mayor a 90%) llega a ser aproximadamente horizontal (Hopkins, 1957).

La dificultad aún no resuelta en estos métodos es que el área mínima no puede ser determinada objetivamente. Muchos trabajos han intentado fijar objetivamente una posición en la curva área-especie, con proporciones e índices cualitativos de las especies, sin éxito (Hopkins, 1957; Gauch, 1982; Matteucci y Colma, 1982). El criterio percentil de Cain y Castro (1959), ha mostrado ser poco útil en bosques tropicales, allí las curvas área especie crecen indefinidamente (Marmillod, 1982; Freitas, 1986; Delgado, 1995; Orozco, 1991).

Por otro lado, la determinación del área mínima se hace aún más compleja al considerar los patrones espaciales, homogeneidad y escala de la vegetación (Gauch, 1982; Kershaw, 1964; Gounot, 1969), llevando a compensar la definición subjetiva del tamaño de la unidad muestral con precisiones estadísticas para el tamaño de la muestra (Gauch, 1982).

A pesar de que el método área - especie sigue siendo ampliamente utilizado, la recurrencia de la composición y estructura espacial de las comunidades boscosas es mostrado como un posible criterio para obtener un nivel aceptable de representatividad sinecológica en bosques tropicales (Marmillod, 1982 *cit. por* Lamprecht, 1990; Rollet, 1974; <sup>2</sup>).

En este sentido Gounot (1969), señala que "cuando la estructura de la vegetación es repetitiva, las discontinuidades observadas tienen un carácter que si se pueden desligar, se podrá analizar el determinismo de la estructuración". Este autor propone el método de la curva área - coeficiente de similitud para obtener el área mínima. Plantea un principio de normalidad de la distribución de frecuencias de similitud que se repite en parcelas de área creciente. Bajo este método la curva del número de especies en valor absoluto crece, mientras el porcentaje de especies comunes tiende hacia una meseta de saturación. A partir de esa meseta el grado de semejanza relativa parece permanecer constante indicando un umbral de área mínima.

---

<sup>2</sup> Comunicación personal: D. Marmillod, 1997.

### **3.3 Los conocimientos sinecológicos aplicados al manejo forestal**

“La sinecología en el sentido Angloamericano, y la sociología geobotánica en el sentido Europeo, es entendida en ambos casos, como el intento de cubrir el estudio de la composición, desarrollo, distribución geográfica y relaciones ambientales de las comunidades de plantas” (Mueller-Dombois y Elleberg, 1974, *cit. por* Havel, 1980)

Las dos principales aproximaciones de sistematización de comunidades de plantas son la clasificación y la ordenación. La clasificación es la asignación de entidades a clases o grupos, de acuerdo con las características comunes de las entidades o miembros (Gauch, 1982, Havel, 1980), mientras que la ordenación esta principalmente relacionada con continuidades y gradientes en la vegetación (Gauch, 1982).

#### **3.3.1 Clasificación**

Havel (1980) hace un primera distinción entre clasificaciones florísticas, fisonómicas y numéricas. Dentro de las clasificaciones florísticas divide las escuelas de Uppsala, Zurich-Montpellier, Soviética, y Angloamericana, mostrando que en cada una de ellas se desarrollaron conceptos, métodos y nomenclaturas distintos pero no mutuamente excluyentes en razón de una convergencia fitosociológica con la ecología cuantitativa.

En las clasificaciones numéricas, posibles por el uso de ordenadores, las muestras o atributos de las comunidades forestales, cualitativos o cuantitativos, son convertidas en puntos y luego subdivididos en celdas dentro de un hiper-espacio, agrupando las muestras o atributos que son más homogéneas que la población total (Gauch, 1982).

Las técnicas de agrupación usadas en rodales forestales pueden ser divididas entre divisivas y aglomerativas, esto es, entre progresivas divisiones del total de la muestra poblacional y la progresiva aglomeración de unidades muestrales dentro y a lo largo de los grupos. Luego se deben decidir entre bases de división monotéticas (una especie clave) o politéticas (conjunto de las especies). El arreglo final se decide entre multi-nivel (jerárquico, salidas en forma de dendrogramas), de un nivel simple (reticulado), ó desplegadas en tablas fitosociológicas, con la ventaja que todo el conjunto de datos es mostrado como una sola unidad (Havel, 1980; Gauch, 1982).

La clasificación numérica es una combinación de varias técnicas, un gran número de combinaciones es posible. De la naturaleza de la combinación dependerán las técnicas a utilizar. Por ejemplo una técnica monotética divisiva es trivial (Mateucci y Colma, 1982). Para bosques pobres en especies y diferencias cuantitativas entre rodales, la técnica politética tendrá menos probabilidad de hacer clasificaciones incorrectas (Havel, 1980).

De igual manera existen varios índices y funciones de semejanza cualitativas y cuantitativas (Greig-Smith, 1983) así como funciones de enlace para los agrupamientos, por ejemplo el paquete MULVA5 ofrece once opciones de medidas de semejanza y tres agrupamientos: enlace simple, completo y unión de variancia mínima (Wildi y Orlocí, 1996).

Ejemplos de clasificaciones numéricas con propósitos de manejo forestal en bosques tropicales americanos se encuentran en Bockor, (1978), Souza, (1990), Galvez, (1996).

### **3.3.2 Ordenación**

La ordenación es utilizada en los casos en que el objetivo es determinar las relaciones entre la vegetación y el ambiente. Puede ser hecha directamente sobre bases medioambientales o indirectamente a través de la similaridad entre los datos de vegetación dentro de gradientes abstractos, los cuales pueden o no mostrar correspondencia con los actuales gradientes medioambientales (Havel, 1980; Matteucci y Colma, 1982).

"El objetivo de la ordenación de grupos de datos es normalmente generar hipótesis acerca del relacionamiento entre la composición de la vegetación y el medioambiente o entre otros factores que los definen, y determinar entre un número indefinido el factor de mayor valor" (Greig-Smith, 1983).

Existen numerosas técnicas que varían desde simples graficaciones o técnicas de promedios, hasta sofisticados análisis multi-factoriales involucrando avanzadas teorías estadísticas. Gauch (1982) describe en detalle cinco de las técnicas más utilizadas:

promedios ponderados, ordenación polar, análisis de componentes principales, ponderación recíproca y análisis de correspondencia.

El análisis directo de gradientes es usado para desplegar la distribución de organismos a lo largo de gradientes de importantes factores medioambientales, mientras que la ordenación y clasificación empiezan con el análisis de los datos de vegetación aislados y recién más tarde son utilizados para su interpretación. La ordenación sobre las bases de la teoría de grupos "fuzzy" es un ejemplo de esta ordenación directa. Ella incentiva una deliberada y heurística aproximación al análisis de datos siendo muy favorable para interacciones y aproximaciones sucesivas (Roberts, 1986).

Ejemplos de estudios de ordenación para identificación de tipos de bosques se encuentran en Swaine y Hall (1976), Bouxin (1976), Allen y Peet (1990).

Comparaciones de clasificación y ordenación en la práctica forestal puede encontrarse en (Havel, 1980), en Bouxin (1976), y relacionados a la vegetación en general en Podani (1989), Gauch (1982), Greig-Smith (1983), Whittaker (1982) y otros.

### **3.3.3 Relación de los tipos de bosque con factores ambientales**

En una comunidad forestal, la vegetación es generalmente el componente más fácil de reconocer y por ello es utilizada para definir unidades ecológicas homogéneas. La similitud de la vegetación también refleja una fidedigna respuesta al medio ambiente. Sin embargo, es casi imposible determinar objetivamente límites entre dos tipos de vegetación, excepto por algún efecto de discontinuidad espacial, un cambio brusco de la vegetación o del ambiente.

Bosques en sitios óptimos pueden ser menos característicos que en sitios extremos (Havel, 1980; Matteucci y Colma, 1982). Una clasificación puramente florística es inadecuada (Jahn, 1982) por lo que consideraciones sobre factores ambientales es altamente deseable (Havel, 1980). Las relaciones ambiente y vegetación mapeadas conjuntamente pueden ser mucho más significativas al manejo forestal.

Los factores ambientales no operan aislados. Se puede definir una comunidad en función del clima, topografía, suelo y organismos, pero es claro que actúan sinérgicamente. Es importante distinguir entre estos factores que actúan indirectamente sobre la vegetación de otros que lo hacen directamente como la temperatura, intensidad de la luz, disponibilidad de nutrientes, de humedad (Havel, 1980).

#### Factores climáticos - fisiográficos

A escala regional o continental la división de grandes formaciones y series (Beard, 1955), zonas de vida o grandes tipos fisionómicos (Letouzey, 1980), se basan en la radiación, humedad, vientos, temperaturas, y otros. Tales factores son poco eficientes en subdivisiones locales, aunque en sitios montañosos la formación de microclimas estrechamente relacionados con características fisiográficas (drenajes, exposiciones, suelos, etc.) expresan comunidades forestales diferenciadas en pequeñas superficies (Jahn, 1982). En este sentido Cárdenas (1986), Salcedo (1986) y Galvez (1996) en Perú, Costa Rica y Guatemala respectivamente, muestran la importancia de distinguir la distribución de la vegetación en función de unidades fisiográficas o geomorfológicas. Un cambio muy común es la transición de vegetación arbórea - arbustiva - pastizal que ocurre en los límites superiores de bosques secos y húmedos de montañas altas (Letouzey, 1980).

Evidencias respecto a variaciones en la composición y abundancia de los bosques en relación a la altitud, posición topográfica y pendientes se reportan en los trabajos de Heinsdijk, (1957, *cit. por* Rollet, 1980), Veillón, (1991 y 1992) y Veillón (1965, *cit. por* Rollet, 1980). En ciertos casos (bosque de lianas en Brasil o los bosques abiertos de África) puede existir un mismo tipo de vegetación establecidos en suelos ricos y pobres (Letouzey, 1980). Ejemplos de discontinuidades espaciales son descritos por Cárdenas (1986), Vásquez (1988), y Linares (1988).

En casos donde prevalece el concepto de comunidades continuas y cambios por gradientes ambientales, se acepta la existencia de ecotonos o franjas de transición de ancho variable entre un tipo de vegetación y otra (Braun Blanquet, 1979; Whitakker, 1982; Donoso, 1993).



### Factores edáficos

Los gradientes de fertilidad, de drenaje o humedad en el suelo, el relieve o micrositio, la profundidad y material parental, microelementos y otros factores físicos y químicos afectan la distribución, composición florística y estructura de la vegetación en un paisaje, aún bajo condiciones de clima homogéneos (Greig-Smith 1983; Lamprecht, 1990; Donoso, 1993; Cárdenas, 1986). A pesar de ello, existe la posibilidad de relacionar especies indicadoras para distinguir tipos de bosque con las condiciones generales y especies con suelos y sitio (Letouzey, 1980).

De las Salas (1978) indica que en general las propiedades químicas en suelos forestales influyen mucho menos en la vegetación que las propiedades físico-mecánicas. Esta relación es también mencionada por Letouzey (1982), aunque trabajos recientes demuestran que la distribución de las especies correlacionan con ciertas concentraciones de microelementos en el suelo (Herrera, 1996).

Ashton (1982) determino en Sarawak que las variaciones florísticas dependen de fenómenos nutritivos (como el contenido de fósforo) y las estructurales a factores físicos del suelo (como profundidad y retención de agua). En Perú, Malleux (1971, 1975) encontró que entre más limitaciones físicas tiene un suelo el bosque se hace mas homogéneo, al respecto en Colombia la asociación Mangual con dominancia de unas pocas especies de alta productividad se desarrolla en suelos inundados en parte del año. Algo parecido ocurre en el Catival donde domina *Prioria copaífera* en suelos con inundaciones periódicas, drenaje deficiente, y alta fertilidad; el número de especies que acompañan a esta especie aumenta cuando aumenta la altitud y mejora el drenaje (Vázquez, 1988; Linares, 1988).

En la selva de Ticoporo, Venezuela, Veillon (1992), distingue dos rodales con características florísticas y estructurales diferentes bajo clima similar pero topografía y suelo distintos, el uno arcilloso, pesado e impermeable y el otro de estructura arenosa.

Havel (1980) hace una extensa revisión de estudios que usan técnicas de clasificación numérica y análisis de gradientes para evaluar la influencia del clima, topografía, suelo y fuego en relación al manejo forestal.

### ***3.4 Sobre los procedimientos de muestreo en comunidades forestales***

Los procedimientos de muestreo de la población de árboles en comunidades forestales están generalmente dirigidos hacia uno más de estos propósitos: (i) evaluaciones temporales para cuantificar un producto o porción de una comunidad, (ii) estudios de vegetación iniciales de interés ecológico - productivo, y (iii) evaluaciones periódicas de control en parcelas permanentes.

#### **3.4.1 Inventarios forestales convencionales**

Malleux (1982) define un inventario forestal como "un sistema de recolección y registro cuali-cuantitativo de los elementos que conforman el bosque, de acuerdo a un objetivo previsto y en base a métodos apropiados".

Cuando el objetivo es una evaluación del potencial maderero, la prospección es rápida y solo busca conocer la disponibilidad volumétrica actual de todas o determinadas especies.

Si la información será utilizada en un plan de aprovechamiento forestal, la evaluación incluye la apreciación topográfica y edáfica respecto a acceso y extracción.

El nivel más complejo es la evaluación para un plan de manejo, ya que es necesario obtener información silvicultural, de crecimiento y de fauna, que establezcan las condiciones del bosque a ser manejado (Pineda, 1996).

Por el grado de detalle se tienen inventarios de reconocimiento, exploración, semidetallado y detallado. Estos se distinguen por el grado de confiabilidad de la evaluación, desde aquellos donde no importa el error, entre 15-20%, de 10-15% y no mayor a 10%, respectivamente.

Wood (1990) con información de inventarios forestales de 60 países tropicales, indica que en 45% de ellos se emplea el muestreo sistemático, en 25 % el aleatorio simple, 12% el aleatorio irrestricto, 7% los clusters, 3 % el preferencial y un 6% de otros.

El tamaño de la muestra debe equilibrar los costos con la cantidad y calidad de datos obtenidos. Esto se relaciona con el nivel de detalle deseado, precisión de las unidades muestrales y la variabilidad de la comunidad o región de estudio. Un largo número de pequeñas parcelas generalmente representa mejor una población que un número pequeño de parcelas grandes (Prodan *et al.*, 1997). Cuando no se conocen parámetros de variación (error) ni existen experiencias de inventarios en el lugar, se fijan intensidades de muestreo, 0.01 % - 10% en base al área total. Es más apropiado definir un número adecuado de parcelas en función de la variabilidad del producto, que aventurar intensidades de muestreo (Hutchinson, 1992).

Los tamaños de parcelas para inventarios utilizadas en Perú, Bolivia y Brasil varían entre 0.05 - 1 ha (Malleux 1982; Dauber, 1995; Higuchi, *et al.*, 1982). La mejor forma y tamaño de la parcela es aquella que produce un alto nivel de precisión con un bajo costo (Fresse, 1969; Prodan *et al.*, 1997). El tamaño esta relacionado a la dimensión de los individuos a inventariar (Hutchinson, 1992), entre más grandes menor variancia y más apropiadas para individuos de baja frecuencia.

Respecto a los tipos de parcelas, Wood (1990) encontró que el 46% de los países tropicales utilizan parcelas de área fija, 36% fajas, 14% parcelas de radio variable y 4% otros. Es común la subdivisión de las parcelas (estructurales o en nido) para levantar individuos de categorías diamétricas inferiores, como ser latizales y brinzales (Hutchinson, 1992).

Se utilizan parcelas cuadradas, pero es mas común una forma rectangular con relación longitud/ancho = 10 (pe. 200x20; 500x50) o mayor. Estas representan mejor distribuciones agregadas y variaciones de la vegetación si se establecen cruzando posibles gradientes ambientales. La apertura de brechas es más simple y directa, un mejor control visual y menos tiempo de desplazamientos. Su principal desventaja es un mayor perímetro (Malleux, 1982; Silva, 1980; Higuchi *et al.*, 1982; Corvalán, 1980;

Dauber, 1995). Las circulares son más eficientes para eliminar el efecto de borde pero tienen muchas dificultades de delimitación, reubicación y visibilidad.

### 3.4.2 Estudios de vegetación

Tienen un enfoque descriptivo y comparativo. El propósito principal es el conocimiento completo de la comunidad y la caracterización de ella por medio de métodos sinecológicos. Dentro de la unidad de muestreo de área mínima, la vegetación es generalmente censada.

Típicamente, la unidad taxonómica empleada en el muestreo son las especies. Ello resulta en datos de la comunidad en doble vía con una matriz de valores de abundancia de "muestras por especies". La medición de la abundancia de especies incluye la presencia o ausencia, porcentaje de cobertura (o dominancia medida por el área basal en m<sup>2</sup>/ha), densidad (numero de individuos), frecuencia (porcentajes de cuadros con especies presentes), biomasa o algún pesaje promedio de dos o más cantidades de este tipo como el Índice de Valor de Importancia (Gauch, 1982; Greig-Smith, 1957; Whittaker, 1982).

El procedimiento de muestreo es seleccionado entre tres vías dicotómicas: (a) objetivos del estudio (estimación o reconocimiento de patrones), (b) número de variables (univariadas o multivariadas), y (c) naturaleza del universo a muestrear (discreto o continuo). Esto lleva a reconocer 8 principales alternativas de muestreo (Kenkel *et al.*, 1989).

Gauch (1983), reconoce cuatro formas de localizar la muestra en la región estudiada: (a) aleatoria, (b) regular en una cuadrícula o en un transecto, (c) preferencial, considerando sitios típicamente homogéneos, representativos, sin perturbaciones, y (d) muestreo estratificado.

El muestreo regular y el preferencial han sido frecuentemente utilizados para estudios de variación ambiental y por ecólogos de plantas, este último asociado a análisis multivariados con propósitos descriptivos, cuyos resultados "pueden ser totalmente adecuados para los propósitos de un estudio" (Crovello, 1970, *cit. por* Gauch, 1983).

Sin embargo el diseño del muestreo y el tamaño de la muestra se adaptan a las necesidades y condiciones específicas de cada lugar. Donoso *et al.*, (1986) en busca de verificar variaciones de un tipo forestal en Chile, emplea un premuestreo sobre un error de muestreo prefijado, para determinar el tamaño de la muestra. Galvez (1995), en Petén, Guatemala, utiliza datos de 40 parcelas permanentes de 2,500 m<sup>2</sup> para la caracterización de los tipos de bosques presentes. Bockor (1978) en un bosque nuboso Venezolano, utiliza un parcelas equidistantes en un transecto de 7 km., inventariando todas las especies forestales con diámetro  $\geq 10$  cm dap, para tipificar bosques con fines ecológicos y de manejo forestal.

Souza (1990), determina primero tamaños de parcelas apropiados para tres clases diamétricas, luego aplica un muestreo sistemático y analiza los datos con métodos multivariados para encontrar agrupamientos homogéneos, mapeo de áreas productivas y de protección permanente.

### **3.4.3 Estudios de la dinámica y crecimiento de los bosques**

El objetivo principal de las parcelas permanentes es proveer estimaciones de los cambios y existencias del bosque (Alder y Synnott, 1992), mínimamente se registran datos sobre crecimiento, mortalidad y en comparación con testigos, datos sobre efectos del raleo y otros tipos de intervenciones silvícolas en bosques manejados (Hutchinson, 1992).

Por lo tanto una parcela permanente no solo debe ser representativa para estimaciones de volumen, debe expresar mínimamente las condiciones biológicas y físicas de un estrato forestal, una clase de calidad de sitio o una clase de topografía (Hutchinson, 1992) y entre todas deben representar la población como un todo (Dawkins, 1980).

Alder y Synnott (1992) exponen algunos principios generales que influyen al momento de decidir el tamaño de una parcela incluyendo la precisión del muestreo, estandarización de la muestra, costos de establecimiento y representatividad de la parcela debido a la heterogeneidad del bosque a escala local.

En base a estos criterios y experiencias, recomiendan que una parcela permanente en un bosque tropical lluvioso tenga al menos una hectárea. Marmillod, (1982 *cit. por*

Lamprecht, 1990) ha contribuido a demostrar que desde una óptica de manejo forestal existen conveniencias prácticas para este tamaño.

Primack y Hall (1992), indican que 0.6 ha es un tamaño insuficiente para el monitoreo del bosque manejado en Sarawak. Mientras que las grandes parcelas, como la de 50 ha establecida en Barro Colorado, Panamá, enfocan un manejo forestal ecológicamente completo, para solo conservación o para combinación con extracciones (Hubell y Foster, 1990; Sheil, 1995).

La forma óptima para parcelas permanente es la cuadrada, o una relación longitud/ancho ( $L/A$ )= 1. Cuando las parcelas permanentes se utilicen junto a parcelas temporales se recomienda una relación intermedia de  $L/A = 4$  (pe. 200x50), o en casos no compatibles procurar que las subdivisiones sean del mismo tamaño, para facilitar comparaciones, localización y medición de los árboles (Alder y Synnott, 1992; Dallmeier, 1992).

La distribución de la parcelas esta relacionada con los objetivos del muestreo aunque en ciertos casos la ubicación y orientación de las parcelas son subjetivas (Sheil, 1995). El establecimiento vía una estrategia definida, (Sheil, 1995) lleva a una selección dicotómica: parcelas muestrales y parcelas experimentales (Alder y Synnott, 1992)

Un ejemplo del primer caso es la necesidad de establecer una red de parcelas dispersas en una región o una nación para ajustar políticas de manejo, como el caso de las 700 parcelas de 1 ha establecidas en Ghana (Alder y Synnott, 1992).

Un ejemplo del segundo caso es la Finca La Tirimbina en Costa Rica, donde se instalaron nueve parcelas de 1 ha, en seis se monitorean dos tratamientos silviculturales distintos. Las parcelas cubren casi toda la superficie del bosque en una hacienda y se espera que los resultados ayuden a los finqueros a manejar su bosque de manera sostenible (Finegan y Quiroz, 1995; Camacho y Finegan, 1997).

Criterios que pueden ayudar a aproximar el número y distribución de parcelas, están relacionados con precisiones estadísticas comunes en inventarios estáticos, correlaciones de variables entre parcelas temporales con permanentes en inventarios forestales continuos (Alder y Synnott 1992; Malleux 1982), y por regresiones estadísticas para

niveles de confianza deseados en predicciones de crecimiento y rendimiento (Alder y Synnott, 1992).

Una red de parcelas permanentes en sistemas de Inventarios Forestales Continuos (IFC), con sistemas de muestreo sin reemplazo, con reemplazo parcial y reemplazo total es un procedimiento frecuente de conversión de parcelas temporales a permanentes (Dawkins, 1980, Alder y Synnott, 1992)).

La aplicación de análisis numéricos, como el método de categorización (Orloci, 1973 *cit. por* Feoli y Feoli, 1979), pueden ser utilizados para seleccionar objetivamente la cantidad y localización de sitios para parcelas permanentes que incluyan una máxima representatividad florística de las comunidades involucradas.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Descripción del área de estudio

Aperiati es una hacienda localizada entre las coordenadas 20°19' 21" - 20° 23' 29" de y 63° 51' 32" - 63° 54' 39" de LW. Pertenece a la Provincia Hernando Siles del Departamento de Chuquisaca (figura 1). Se accede al lugar, distante 80 km. de Monteagudo, por el camino a Rosario del Ingre. La Hacienda Aperiati cubre aproximadamente 3.081 ha (30.8 km<sup>2</sup> ).

#### 4.1.1 Geología, geomorfología y suelos

Geológicamente la región corresponde al Paleozoico superior hasta el Cuaternario, y contiene los sistemas Devónico, carbonífero, triásico y Cretácico. Los suelos son sedimentarios, de diversos tipos de areniscas, de textura arenosa, franco arenosa o franco arcillo arenosa; drenaje bueno o moderado; desde libres de sales y álcalis hasta ligeramente calcáreos; de moderada a baja fertilidad. En las serranías predominan suelos con poco desarrollo (Entisoles, Inceptisoles) y poco profundos (pe. Litic troprothent, Litic Ustropept) con riesgos de erosión, mientras que en las terrazas y llanuras son profundos con desarrollo de horizontes y acumulación de materia orgánica. En general la variación de los suelos tiene relación con la topografía y el relieve (CORDECH, 1989).

#### 4.1.2 Clima

El clima es subhúmedo a húmedo mesotermal (C2 B'3s b'3), con precipitaciones entre 900-1500 mm/año distribuidas entre noviembre y abril. Temperaturas medias entre 18-23 °C, máximas absolutas mensuales de 41.9 °C y mínimas mensuales absolutas de hasta -3.5°C. Según la clasificación de Holdridge, corresponde a la zona de vida del bosque húmedo templado del piso montano (CORDECH, 1989).



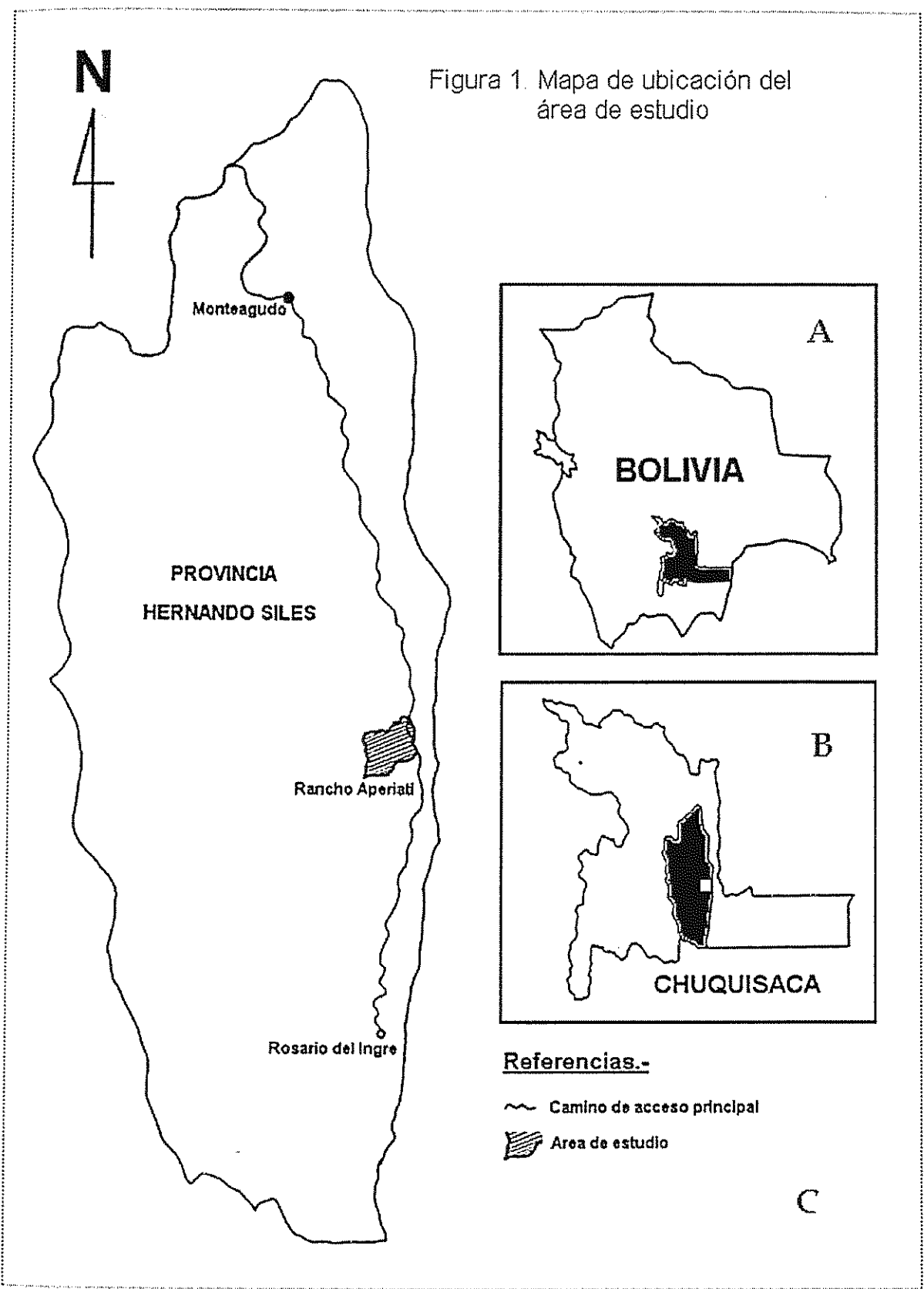


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

### 4.1.3 Vegetación

La zona presenta una cobertura vegetal transicional de los Dominios Chaqueño y Yungas. El primero está representado por bosques ralos y xeromórficos deciduos por sequía. Los bosques de los Yungas por su mayor humedad son del tipo siempre verde estacional. Entre ambos se desarrollan los bosques de transicionales con especies siempre verdes y caducifolias entremezclados. En las cimas altas se establecen comunidades herbáceas.

### 4.1.4 Uso del bosque e importancia del ecosistema

Cerca del 70% (3900 Km<sup>2</sup>) de la provincia Hernando Siles está cubierta por diferentes tipos de cobertura vegetal que corresponden a los dominios Amazónico y Chaqueño. La región es básicamente ganadera y agrícola, por lo que el pastoreo dentro del bosque y la conversión del bosque a pastizales y cultivos es frecuente. Existe también un uso doméstico diversificado, mientras que la extracción forestal comercial es selectiva, principalmente realizada por empresas con contratos de aprovechamiento anual. Las especies más aprovechadas recientemente fueron cedro (*Cedrela lilloi*), timboy (*Enterolobium contortisiliquum*), nogal (*Juglans australis*), quina (*Myroxylon peruiferum*) y pino de monte (*Podocarpus parlatorei*).

La importancia de estos bosques no se limita a una producción maderable local. La zona es cabecera de la cuenca endorreica del río Parapetí, que ha jugado un rol preponderante en la génesis de los paisajes e hidrografía de las llanuras Chaqueñas, y actualmente muy importante para la conservación de las zonas pantanosas de los Bañados del Izozog donde el río llega a desaparecer.

### 4.1.5 Descripción fisiográfica de la Hacienda Aperiati

La Hacienda Aperiati se incluye entre los cordones montañosos orientados norte-sur de la provincia Hernando Siles. Comprende microcuencas que tributan al río Ñaurenda el que desemboca en el río Parapetí.

Dentro del territorio hacendal se distingue un principal eje de variación altitudinal este-oeste entre 1040-1800 m de altitud, que permite diferenciar tres zonas fisiográficas:

a) *La serranía* alta al límite oeste (AO), es la más alejada y muy poco posible de acceder para aprovechamientos forestales. Presenta un frente norte-sur con cota máxima a 1800 m, allá arriba solo crecen comunidades herbáceas y arbustivas. De ella en dirección este-oeste, descienden serranías acordonadas apareciendo comunidades de matorrales en las cimas secas y vegetación joven de los bosques altos que bajan por laderas y fondos de los valles estrechos y húmedos entre contactos y fallas geológicas, frecuentes paredes rocosas verticales y conglomerados sueltos de rocas métricas. El agua de esta zona ( de  $\pm$  1300 ha), es descargada por manantiales que surgen entre 1450-1550 m, a dos quebradas principales (La Bolsa y San Pablito), que mantienen agua corriente durante todo el año. Mas abajo por la zona colinada se unen en un solo cauce (Caratirota), que en ocasiones seca en su camino hacia el río principal (Ñaurenda), en el extremo opuesto de la serranía. Los suelos en la parte media - superior son derivados de areniscas, lutitas y limolitas, mientras que la parte inferior predominan areniscas, limolitas, lutitas y cuarcitas.

b) *Las colinas* intermedias (IM), en esta franja angosta de valles norte-sur que interrumpen los cordones que bajan de la serranía, presenta buenas posibilidades de acceso a un aprovechamiento forestal. Presenta bosques importantes en los fondos de los valles generalmente en forma de U, en forma de galerías de quebrada con laderas bajas alargadas y con poca pendiente. Las laderas suben abruptamente hasta las cimas a 1400 m y en el transcurso el bosque cambia rápidamente disminuyendo su densidad y altura. Las quebradas con agua durante todo el año, son prolongaciones de las que se originan en la serranía. Las quebradas que se originan en esta zona secan luego de finalizadas las lluvias estivales. Los suelos son derivados de areniscas, calizas y margas en vecindad con la serranía, mientras que en vecindad con los lomeríos los suelos provienen de areniscas, arcillitas, limolitas y margas.

c) *Los lomeríos* bajos al extremo este (BE), son valles abiertos, laderas cortas y fuertes pendientes entre un rango de 1040 -1200 m de altitud. Zona de entrada a la hacienda, con terrazas en producción agrícola o con pastos. Bosques con fuerte aprovechamiento maderable doméstico y pastoreo - ramoneo. Solo se generan corrientes de agua estivales aunque por esta zona transcurre un caudal mínimo por la quebrada principal que proviene de la serranía (Caratirota) y otra quebrada de menor importancia (Iguaviranti) que seca

regresivamente hacia la naciente apenas terminan las lluvias. Los suelos se derivan de areniscas, areniscas conglomerádicas, conglomerados y arcillitas.

#### 4.2 Información previa

La única información directa de los bosques naturales de Aperiati ha sido recogida en una exploración rápida realizada por Serrano *et.al.*, (1996). Los datos son parciales y están en proceso de análisis, sin embargo permitieron a los autores aproximar tres comunidades forestales relacionando criterios fisionómicos y de abundancia de las especies.

#### 4.3 Determinación del área mínima

##### 4.3.1 La muestra<sup>3</sup> y los datos

El estudio se realizó en una sola comunidad boscosa en el sector central norte de la Hacienda. El dispositivo experimental o reticulado, consiste en una malla o red de parcelas contiguas (Greig-Smith, 1952, *cit. por* Gounot, 1969) donde se hace un "muestreo exhaustivo" (Gounot, 1969). Una gran ventaja de este dispositivo es su flexibilidad para reagrupar las parcelas en diferentes formas o tamaños (Hopkins, 1957; Gounot, 1969, Condit, *et.al.*, 1996).

Los criterios de localización, tamaño del reticulado y de la unidad de muestreo fueron:

1. Que la comunidad incluya la mayor diversidad posible de especies, para lo que se hicieron incursiones rápidas en diferentes comunidades de la hacienda.
2. Que hubiese un control de la homogeneidad florística y ecológica. Se basó en observaciones fisionómicas de la vegetación, uniformidad del relieve y suelo superficial.

---

<sup>3</sup> Los términos de muestreo que se emplean han sido adaptados de Wildi y Orloci, 1996.

- Muestra es el conjunto de "cuadros" de todo el reticulado.
- La unidad de muestreo en el reticulado es un "cuadro" de 100 m<sup>2</sup>, este es un elemento (multivariado) de la muestra, ya que además del espacio físico incluye los atributos. Así "cuadro" es sinónimo de "releve"
- Un atributo es un descriptor de un cuadro, como las especies y factores de sitios. El atributo es estimado por medio de variables y unidades de medición estándares (área basal en m<sup>2</sup>/ha de tal especie).
- Un estrato es un "subgrupo", una "faja" o "grupos de cuadros de área creciente" de la muestra.



Durante las mediciones los bordes se controlaron con sogas de plástico. Los datos y variables levantadas se detallan en el anexo 1. Los datos se revisaron y almacenaron en hojas electrónicas EXCEL. El procesamiento y análisis se realizó en los paquetes EXCEL, SAS y MULVA5.

La flecha que muestra la existencia de un gradiente de relieve en el reticulado (fig. 2) que asciende desde un curso de drenaje fino hasta llegar cerca de la cima de la ladera, los ejemplos de división horizontal (H) y vertical (V) respecto al eje del gradiente y la numeración de las fajas (V1, V2...V8; H1, H2...H8) permitirán ilustrar parcialmente los procedimientos de análisis de homogeneidad de la vegetación dentro del reticulado.

#### 4.3.2 Análisis de homogeneidad

Una condición esencial para estudios de área mínima, es que el lugar sea ambientalmente uniforme y que la vegetación sea homogénea, esto es que involucre una sola comunidad o tipo de bosque (Gounot, 1969).

La uniformidad ambiental se analizó con los datos levantados en 37 unidades muestrales. Se interpretó la uniformidad en relación a la alta o baja frecuencia de los valores o categorías de los atributos ambientales registrados.

La homogeneidad de la vegetación se examinó bajo un supuesto gradiente de vegetación relacionado a la variación del relieve. Se comparó la similitud de la vegetación entre porciones o subdivisiones del reticulado (fajas de la figura 2). La forma y tamaño de las fajas de comparación se basaron en los siguientes criterios:

- a.- Que todas las fajas tengan igual tamaño o igual número de cuadros.
- b.- Que incluyan la misma proporción de mezcla de heterogeneidad en el caso de fajas orientadas en forma paralela al gradiente ambiental (fajas verticales)
- c.- Que no mezclen posibles tipos de bosques en el caso de fajas que cruzan el eje de variación ambiental (fajas horizontales)
- d.- Considerar la dominancia de las especies, pocas especies dominando en la comunidad esta será más homogénea y se podrán tomar áreas de comparación más grandes.

Se eligieron fajas rectangulares, cada una de 30 cuadros (0.3 ha) recorriendo la longitud total del reticulado (figura 2). Se lograron 8 fajas horizontales y 8 fajas verticales. Para cada faja se elaboró la lista de especies y para cada especie se calculó el Índice de Valor de Importancia simplificado (Anexo 1). Cada lista fue un vector, que por pares fueron comparados en un análisis matricial simple, utilizando funciones de semejanza. Los resultados se interpretaron con la ayuda de estadísticos descriptivos. Las funciones, matrices y estadísticos son los siguientes:

Coefficiente de correlación de Pearson (rP), cuyo valor de mas alta similaridad es 1, valores de 0 señalan indiferencia y el valor de mas alta disimilitud es -1. Este coeficiente se expresa generalmente en forma de número y se obtiene con la ecuación:

$$r = \frac{\sum_j^m (x_{aj} - \bar{x}_a) \cdot (x_{bj} - \bar{x}_b)}{\sqrt{\sum_j^m (x_{aj} - \bar{x}_a)^2 \cdot \sum_j^m (x_{bj} - \bar{x}_b)^2}} \quad [1]$$

donde:  $x_{aj}$  y  $x_{bj}$  son las cantidades de la especie a y de la especie b en la muestra j.  
 $\bar{x}_a, \bar{x}_b$  son los promedios de la especie a y de la especie b en el conjunto de m muestras (Matteucci y Colma, 1982)

El análisis de correlación se obtuvo con el procedimiento PROC CORR del SAS. La hipótesis inherente a un modelo aleatorio, es que rP = 0.

Coefficiente Van Der Maarel (rM), cuyos valores extremos de porcentaje de similitud son: P = 0 si dos listas no tienen ninguna especie en común y P = 100 si las dos listas son idénticas (Wildi y Orloci, 1996). Se considera un análogo cuantitativo de la fórmula cualitativa de Jacard (Kortekass *et al.*, 1976). Se obtiene con la formula siguiente:

$$r_{(x,y)} = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2 + \sum y_i^2 - \sum x_i y_i} \quad [2]$$

donde:  $x_i, y_i$  son los resultados de las especies en las parcelas x - y (Jensen, 1970)

Este coeficiente de "cobertura-ponderada", trata de compensar la mayor contribución de similitud que hacen las especies de alta cobertura en relación a las especies de baja cobertura y se lo conoce también como proporción de similitud (Campbell, 1978). La computación de este coeficiente fue realizado con la tarea RESEMB del programa MULVA5.

Probabilidad Chi cuadrado ( $\chi^2$ ), consiste en un criterio de prueba pareada, basado en la suma de rangos de las diferencias entre los IVIs de dos vectores. Las probabilidades de que dos listas sean distintas es  $\chi^2 < 0.05$ , y que dos listas sean iguales  $\chi^2 > 0.05$ . El criterio de prueba es:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1) \quad [3]$$

donde:  $n_i$  es el numero de observaciones de la i-ésima muestra,  $i = 1, \dots, k$

$n = \sum n_i$  y  $R_i$  es la suma de los rangos para la i-ésima muestra.

$H$  se distribuye como  $\chi^2$  con  $k-1$  grados de libertad (Steel y Torrie, 1988)

La computación de las probabilidades se realizó con el PROC NPAR1WAY del programa SAS usando la prueba de Kruskal-Wallis.

Matrices de semejanza, las comparaciones numéricas de similitud se hicieron con los vectores arreglados en un tabla bruta o matriz primaria atributo/muestra de la forma siguiente:

$$A = \begin{bmatrix} sp_{11} & sp_{12} & sp_{13} & \dots & sp_{1j} \\ sp_{21} & sp_{22} & sp_{23} & \dots & sp_{2j} \\ sp_{31} & sp_{32} & sp_{33} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ sp_{i1} & sp_{i2} & sp_{i3} & \dots & sp_{ij} \end{bmatrix} \quad [4]$$

donde cada columna representa una muestra  $j$  (faja o división del reticulado) y cada fila una especie  $i$ . Cada valor  $sp_{ij}$  corresponde al IVI de cada especie  $i$  en una parcela o faja  $j$ .



Al aplicar las funciones de semejanza, la comparación de dos columnas se reduce a un simple valor numérico, obteniendo una matriz directa de:

$$S = \frac{n(n-1)}{2} \quad [5]$$

coeficientes o probabilidades, que en el caso de coeficientes de similitud Van der Maarel ( $rM$ ) para un grupo de 8 fajas (horizontales o verticales) la matriz resulta en:

$$S = \left\{ \begin{array}{cccccccc} rM_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ rM_{21} & rM_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ rM_{31} & rM_{32} & rM_{33} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ rM_{41} & rM_{42} & rM_{43} & rM_{44} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ rM_{51} & rM_{52} & rM_{53} & rM_{54} & rM_{55} & \cdot & \cdot & \cdot \\ rM_{61} & rM_{62} & rM_{63} & rM_{64} & rM_{65} & rM_{66} & \cdot & \cdot \\ rM_{71} & rM_{72} & rM_{73} & rM_{74} & rM_{75} & rM_{76} & rM_{77} & \cdot \\ rM_{81} & rM_{82} & rM_{83} & rM_{84} & rM_{85} & rM_{86} & rM_{87} & rM_{88} \end{array} \right\} \quad [6]$$

Cada valor de  $rM_{ij}$ , es un coeficiente de similitud entre un par de fajas. De la misma forma se obtuvieron los coeficientes de correlación  $rP_{ij}$  y probabilidades  $\chi^2_{ij}$

Estadísticos descriptivos, aplicados para interpretar los valores de las matrices en forma conjunta o por subgrupos (Steel y Torrie, 1988):

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} \quad [7]$$

donde:  $\bar{x}$  = media de los valores  $ij$ -ésimos (para una parte o toda la matriz)

$n$  = numero de coeficientes  $ij$ -ésimos considerados (para una parte o toda la matriz)

$x_i$  = valor de similitud de la  $i$ -ésima fila en la  $j$ -ésima columna

La varianza de la media es:

$$\hat{V}(\bar{x}) = \frac{S^2}{n} = \frac{\sum_i^n x_i^2}{n} - \frac{(\sum_i^n x_i)^2}{n^2} \quad [8]$$

donde  $S^2$  = varianza de los valores ij-ésimos considerados (para una parte o toda la matriz),

y el coeficiente de variación dado por la siguiente expresión:

$$CV = \frac{S^2}{x} * 100 \quad [9]$$

Para tomar una decisión sobre una homogeneidad aceptable, se tomó como referencia a Gauch (1982), el que indica que "*aún en pequeñas comunidades homogéneas, muestras replicadas tienen comúnmente un promedio de similaridad entre 50-90%*".

Este nivel de similitud referencial estuvo lejos de ser alcanzado para las comparaciones entre fajas de 0.3 has en el reticulado de 2.4 ha. Se tuvo la necesidad de reducir el área del reticulado en aquellos lugares de máxima heterogeneidad y realizar nuevamente el análisis de homogeneidad con fajas de 0.2 ha en una superficie 1.44 ha, con el cual se logro cumplir el criterio de homogeneidad.

### 4.3.3 Aproximación cualitativa y cuantitativa del área mínima

El propósito es definir el tamaño de la unidad básica de muestreo representativa de las comunidades boscosas locales a utilizar en los inventarios forestales. Las determinaciones se realizaron con la información del área homogénea del reticulado de 1.44 ha.

#### 4.3.3.1 Curva área - especie

En el sentido de la escuela fitosociológica, el área mínima es el área a la cual la curva área-especies, llega a ser aproximadamente horizontal (Hopkins, 1957).

El procedimiento fue el siguiente: se acumularon cuadros hasta llegar a una superficie de 600 m<sup>2</sup>. Se contó el número de especies en esta área. Esta cuenta se repitió para

acumulaciones desde cuatro distintos puntos del reticulado. El procedimiento se repitió con áreas de 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 4200 4800 y 5400 m<sup>2</sup> respectivamente

La curva área - especie, se construye graficando el número de especies registradas para cada acumulación de área. Se hizo la interpretación gráfica de la tendencia de estabilización de la curva (Matteucci y Colma, 1982) con la media de las cuatro repeticiones. Se utilizó también el criterio percentil, este indica que a un incremento de 10% en área debe existir un incremento de al menos 10% en especies, caso contrario se ha alcanzado el área mínima (Caín, 1959).

#### **4.3.3.2 Curva área - coeficiente de similitud**

El método es propuesto por Gounot (1969). Involucra una noción fitosociológica real, ya que atiende el aspecto florístico e integra la estructura de la vegetación como unidad o motivo fundamental que se repite sobre la superficie ocupada por un agrupamiento vegetal.

El procedimiento consistió en dividir el reticulado de 1.44 ha en 36 parcelas de 400 m<sup>2</sup>. Para cada parcela se calculó el vector o lista florística especie-IVI simplificado. Se hicieron las comparaciones en forma matricial obteniendo  $36 \cdot (36 - 1) / 2$  coeficientes de similitud [2]. Para la matriz de coeficientes se calcularon estadísticos descriptivos (mínimos, máximos, medias, varianzas) y se graficaron las frecuencias en histogramas.

Este mismo procedimiento fue repetido para 18 parcelas de 800 m<sup>2</sup>, 9 parcelas de 1600 m<sup>2</sup>, 4 parcelas de 3200 m<sup>2</sup> y 2 parcelas de 6000m<sup>2</sup>, utilizando el programa MULVA5.

Entre mas grandes son las parcelas, el valor absoluto de especies comunes crece, mientras que el valor relativo en porcentaje de las especies comunes tiende a una meseta de saturación (Gounot, 1969). Sobre esta meseta de saturación se decide el área mínima de la comunidad. La curva área - coeficiente de similitud, se construyó con los valores medios de los coeficientes de similitud entre parcelas de tamaño creciente.

#### **4.3.3.3 Probabilidades Chi cuadrado**

La prueba plantea la probabilidad de representar la población total con una parte de ella y que a partir de una cierta área la probabilidad de similitud se mantiene sobre un nivel definido de significancia.

El procedimiento fue el siguiente: se acumularon cuadros hasta llegar a una superficie de 600 m<sup>2</sup>. Esta acumulación se repitió desde cuatro distintos puntos del reticulado. Se calculó el vector o lista "especie-IVI simplificado" para esta población y por medio de la prueba de Kruskal-Wallis [3] en el programa SAS, se comparó con el vector igualmente calculado para la población total de 1.44 ha.

De esta manera se obtienen cuatro valores de probabilidad  $\chi^2$  de semejanza entre las poblaciones comparadas. El procedimiento se repitió con áreas de 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 4200, 4800 y 5400 m<sup>2</sup> respectivamente. Los valores se graficaron y se estimó el área mínima para probabilidades mayores a 0.05.

#### **4.4 Determinación de la forma y orientación de la unidad de muestreo**

El propósito es determinar la forma y orientación de la unidad de muestreo de área mínima a utilizar en los inventarios forestales, basada en la detección de gradientes ambientales conocidos.

Sobre supuestos de existencia de un eje mayor relacionado a la altitud sobre el mar y un eje menor relacionado a la exposición, perpendiculares entre sí, se emplearon métodos multivariados para poner en evidencia la variación de tales factores y su relación con la variación de la vegetación. En este sentido la forma y orientación de la parcela debería atender la influencia de los gradientes.

#### 4.4.1 La muestra <sup>5</sup> y ajuste de la estructura de datos

Se seleccionaron potenciales sitios de muestreo de la vegetación en relación a los supuestos gradientes de altitud y exposición. Se utilizaron parcelas de 0.25 ha según los resultados de análisis de área mínima.

Considerando la posible influencia de los ejes de variación supuestos, se tomó la decisión usar parcelas de forma cuadrada. Mediante un muestreo preferencial (Gauch, 1982; Gounot, 1969), se levantaron 25 unidades de muestreo, procurando los sitios homogéneos y representativos de los posibles gradientes.

Luego de analizar la forma y orientación más conveniente de la parcela para inventario, el próximo paso debería incluir un muestreo sistemático para propósitos de identificación de tipos de bosques.

Sin embargo por restricciones de tiempo y dinero, se decidió proseguir al muestreo para gradientes, con un muestreo regular (Gauch, 1982) de 15 parcelas adicionales distribuidas sistemáticamente en las intersecciones de la cuadrícula UTM de 1x1 km. de las cartas topográficas del lugar (Instituto Geográfico Militar).

Se llegó a muestrear un total de 40 parcelas, cuya ubicación aproximada se muestra en la figura 3 y su distribución en rangos de variación ambiental en el cuadro 1. Se decidió utilizar los datos de todas las parcelas tanto para el análisis de gradientes como para la identificación de los tipos de bosques.

Los atributos registrados en cada unidad de muestreo se detallan en el anexo 3. Los datos fueron revisados y almacenados en hojas electrónicas EXCEL.

---

<sup>5</sup> Para los estudios de gradientes e identificación de tipos de bosques, los términos significan:

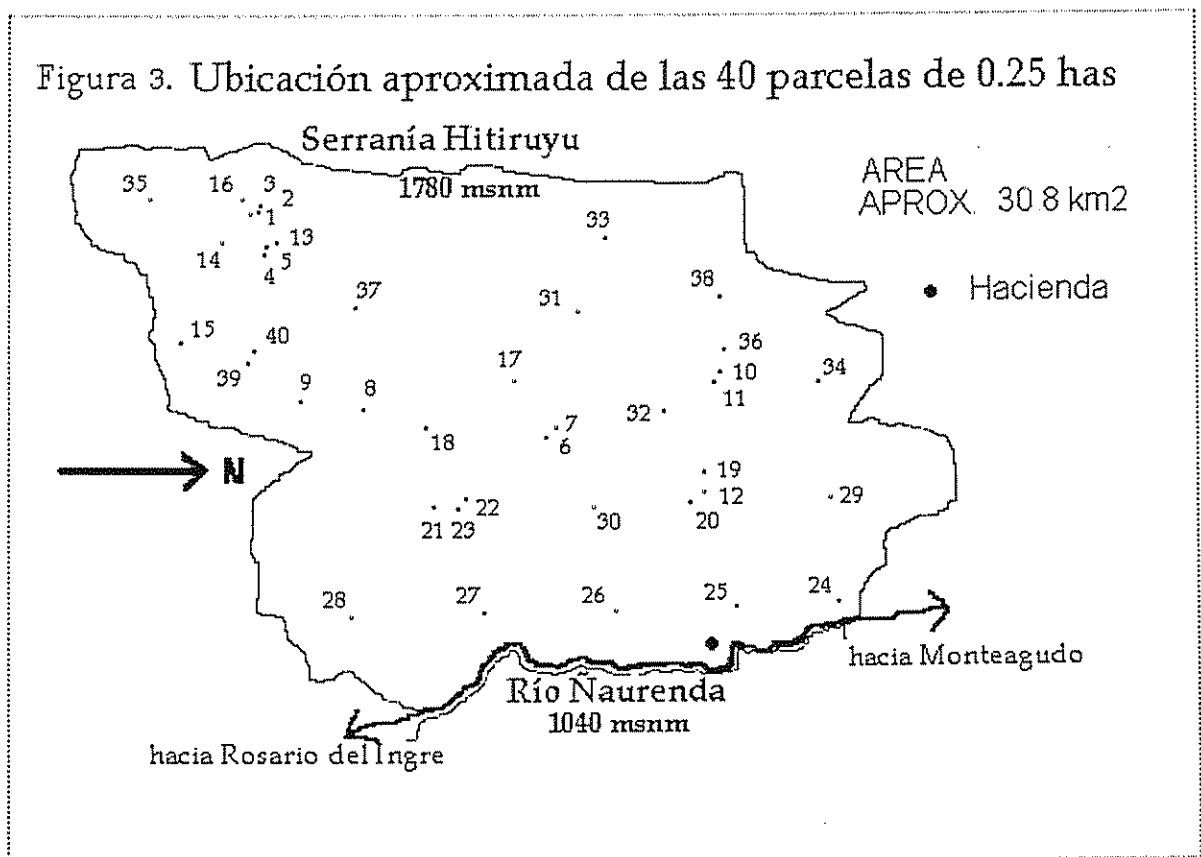
- Muestra es el conjunto de unidades muestrales (parcelas) de toda la hacienda Aperiati.
- La unidad de muestreo es una "parcela" mas los atributos en un área mínima de 0.25 ha. Se emplea como sinónimo de "levantamiento" o "releve". Es el elemento (multivariado) de la muestra.
- Un atributo, es un descriptor de una unidad de muestreo como las especies y factores de sitios.
- Un estrato es un determinado grupo de parcelas asociado a un paisaje fisiográfico como ser Serranía (AO), Colinas (IM) y Lomeríos (BE), o a un definido tipo de bosque.

Cuadro 1. Rangos de altitud y posición topográfica para las 40 parcelas del total de la muestra.

Posición topográfica	Elevación (m)			Total
	< 1200	1200 - 1400	>1400	
Fondo de valle	5	4	1	10
Ladera baja	4	6	3	13
Ladera media	4	2	2	8
Ladera alta	5	1	3	9
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>40</b>

La información se analizó en EXCEL y en el paquete MULVA5 (Wildi y Orloci, 1996) en el cual el procesamiento se hace en programas independientes pero integrados, cada programa utilizado será en adelante denominado como "tarea".

Figura 3. Ubicación aproximada de las 40 parcelas de 0.25 has



#### 4.4.2 Detección de los factores ambientales relacionados a gradientes de vegetación

El propósito es clasificar o agrupar parcelas por similitud florística y con estos grupos aproximar relaciones con factores ambientales. No se trata de interpretaciones florísticas sino de detectar factores ambientales que estarían afectando la distribución de la vegetación.

El ajuste de los datos es el paso inicial para empezar el análisis multivariado.

- a) Con la tabla bruta o matriz primaria atributos/unidades muestrales, en este caso IVI de las especies/parcelas de levantamiento, sin ninguna transformación previa se obtuvieron estadísticas de especies y parcelas para identificar grupos de especies de baja frecuencia. Tarea *OPEN*.
- b) Se hizo un reagrupamiento de los atributos eliminando las especies con un solo individuo (Frecuencia = 1) para aumentar la coherencia de la muestra y reducir la cantidad de ceros (Gauch, 1982). Tarea *GROUP*
- c) Estandarización de los valores con la raíz cuadrada del valor absoluto para expresar mejor la presencia de las especies raras:  $x' = \sqrt{|x|}$  [10], y transformación del vector parcela ajustado a la extensión de una unidad (para cualquier parcela X):  $x = \frac{x}{\sqrt{\sum x_i^2}}$  [11]. Tarea *OPEN*.
- d) Elaboración de una matriz secundaria de semejanzas [6], a partir de la matriz primaria [4], en la que los vectores de la tabla bruta fueron reemplazados con un valor de similitud [2]. Esta matriz sirve de entrada para los análisis numéricos. Tarea *RESEMB*.
- e) Un primer análisis de aglomeración basada en la estrategia del vecino mas cercano para detectar levantamientos extraños o raros (outliers) al conjunto. Se considera un umbral mínimo de similitud de 0.4 para reconocer los outliers. Se obtiene un histograma de distribución con clases de vecindad. Tarea *IDEN*.

Luego del ajuste, empieza propiamente el procedimiento de clasificación basado en el agrupamiento de parcelas por similitud de vegetación.

- f) Análisis de agrupamiento ("cluster analysis"), empleando el algoritmo de mínima variancia, basado en la suma de cuadrados entre dos grupos(parcelas), k y j. El cálculo esta dado por:

$$Q_{ij} = \frac{n_j \cdot n_k}{n_j + n_k} \delta_{jk} \quad [12]$$

donde:  $Q_{ij}$  = suma de cuadrados entre dos grupos k y j.

$n_j$  y  $n_k$ , son los tamaños de los grupos

$\delta_{jk}$  = cuadrado de la distancia al centroide.

Se asume que  $\sqrt{\delta_{jk}}$  es una distancia euclidiana

Las ventajas de este algoritmo: agrupa en formas mas agradables, en tamaños similares y evita encadenamientos de los puntos de fusión. Tarea *CLUSTER*.

Los algoritmos fusionan a determinados niveles de semejanza los valores similitud entre las parcelas comparadas. En este caso las fusiones son aglomerativas, politéticas y jerárquicas y miden la dispersión entre todos los pares de muestras de los grupos. La transformación de la dispersión a valores de coeficiente de correlación o de similitud (rP) se hace por medio de la siguiente relación:

$$\delta = 2(1 - r) \quad [13]$$

Los grupos o clases se obtiene al fijar un límite de fusión en el dendrograma. Jensen (1970) indica que una similaridad [2] de 0,6 es un nivel mínimo de homogeneidad para fitosociología numérica de *asociaciones*, Kortekaas *et.al.*, (1976) indican valores entre 0.4 y 06. Mientras que para diferenciar bosques Peteneros, Galvez (1996) utiliza una similitud de 0,55. Los umbrales de similitud pueden fijarse como rangos para distintos niveles de descripción de la vegetación (comunidades, asociaciones, sub-asociaciones), y aunque son arbitrarios indican que los grupos se derivaron de niveles de similaridad dados (Kortekaas *et.al.*, 1976). Para nuestro caso utilizamos valores de similitud entre 0.4 - 0.6 como umbrales de agrupamientos para relacionar factores ambientales.

- d) El último paso fue la categorización estadística de los factores ambientales basado en el valor de F de Jancey. Altos valores indican una buena correspondencia entre los



grupos clasificados y los factores ambientales, bajos valores indican baja correspondencia:

$$F = \frac{V_b}{V_w} \quad [14]$$

donde:  $V_b$  = es la variancia entre los grupos

$V_w$  = es la variancia dentro de los grupos

Los valores F son mostrados en orden decreciente. Tarea *DISC*.

#### 4.4.3 Análisis de ordenación por gradiente directo

La aproximación previa de una o más relaciones vegetación - factores de sitio permite ingresar al método de ordenación directa. Se utilizó el método propuesto por Roberts (1986) basado en la teoría del agrupamiento fuzzy aplicado a variables continuas, por su adecuación conceptual al propósito de este estudio y su facilidad de computo al estar incluido en el programa MULVA5. Este método responde a las siguientes preguntas (Wildi y Orloci, 1996):

- Considerando un factor de sitio medido en el campo, hay un gradiente relacionado en los datos de la vegetación ?
- Que tan estrecha es la relación entre un factor de sitio y un gradiente de vegetación ?
- Hay parcelas en el grupo de datos que no se ajustan al patrón dominante ?

El procedimiento metodológico está desarrollado paso a paso en Roberts (1986), mientras que el procedimiento en el programa MULVA5 está detallado como un análisis secundario FUZZY (Wildi y Orloci, 1996). La interpretación es facilitada por la graficación de valores en relación a dos ejes de variación que miden la correlación entre el gradiente de la vegetación y el factor de sitio. Valores cercanos a la unidad indican que el gradiente está razonablemente bien explicado por el factor de sitio considerado.

#### 4.4.4 Selección de la forma y orientación de la unidad de muestreo

La decisión de la forma y orientación de la parcela fue tomada en relación a la atención de los ejes de variación detectados en el análisis de gradientes.

#### **4.5 Caracterización de tipos de bosques**

Para el tercer objetivo de la investigación estaba previsto un inventario forestal convencional, pero por las restricciones ya mencionadas (tiempo, dinero), este paso fue realizado antes de analizar la forma y orientación de la parcela. Las parcelas que realmente corresponden a este paso son las 15 unidades levantadas mediante el muestreo regular ya descrito en la anterior sección (4.4). Sin embargo se consideró conveniente a los propósitos de identificación de tipos de bosques adicionar la información levantada para análisis de gradientes.

El uso de métodos multivariados para clasificar grupos de parcelas tiene en este caso el propósito de llegar a una interpretación florística estructural de las semejanzas de la vegetación y de la distribución de las comunidades diferenciadas en relación a ciertas características ambientales.

Se utilizó la información de la muestra de 40 parcelas (cuadro 1). Los atributos y variables se detallan en el anexo 3. La descripción de los parámetros dasométricos adicionales están en el anexo 4.

##### **4.5.1 Caracterización general de la vegetación arbórea**

No involucra aún los métodos multivariados, consiste en una descripción global de composición y estructura de la vegetación en relación al total de la muestra. Se elaboraron tablas resúmenes que muestran la importancia de las especies y familias en cuartiles definidos por el IVI simplificado {[21] anexo 1}, abundancia, dominancia, volumen y frecuencia. Se incluye para cada especie el interés de manejo actual. La descripción esta basada en la metodología desarrollada por Nalvarte *et.al.*, (1992).

##### **4.5.2 Descripción de los tipos forestales**

Se hizo una clasificación numérica (método multivariado) para el total de la muestra, interpretada florística y ambientalmente en una tabla de trabajo fitosociológica. Este procedimiento tiene la ventaja de describir y mostrar la vegetación como un complejo de tipos de vegetación con todos los detalles del conjunto de datos, también presenta las

relaciones muestras - especies ordenadas de manera que facilitan la interpretación entre ellas y las relaciones con el ambiente. Los cuatro pasos siguientes de procesamiento hechos en el programa MULVA5 comprenden una solución analítica de una tabla fitosociológica:

El primer paso comprende el agrupamiento de las parcelas y un análisis complementario para encontrar el gradiente florístico en los datos.

- a) Con la matriz bruta estandarizada y reducida (incisos a,b,c,d de sección 4.4.2. Tarea OPEN), se procesó la matriz de semejanzas con la función de productos recíprocos con datos centrados. Tarea RESE:

$$r(x,y) = \sum xy \frac{\sum x \sum y}{n} \quad [15]$$

donde:  $x_i - y_i$  son los resultados de las especies en las parcelas  $x - y$ .

- b) Las parcelas fueron agrupadas empleando el algoritmo de mínima variancia [12]. Tarea CLUS. Se obtiene el dendrograma especificando el número de grupos de relevamientos a ser formados. Los valores de fusión son transformados [13] a valores de coeficientes de correlación [1].
- c) Los datos son estandarizados [10], y transformados para análisis de correspondencia, tarea OPEN:

$$U_{hj} = \frac{F_{hj} - \frac{F_h F_j}{F}}{\sqrt{F_h F_j}} \quad [16]$$

$F_{hj}$  es un valor original del atributo  $j$  en la parcela  $h$ ;  $F_h$  y  $F_j$  son los totales marginales y  $F$  el gran total.

- d) Se calcula luego una nueva matriz de semejanza con la función de productos recíprocos sin cambiar el centro de gravedad, (datos no centrados), tarea RESEMB:

$$r(x,y) = \sum xy \quad [17]$$

- e) Con esta nueva matriz de semejanzas, la tarea COMPORD computa el análisis de correspondencia con el propósito de encontrar el principal gradiente florístico en los datos. Se produce un simultáneo ordenamiento de atributos y levantamientos. Son

determinados los valores para los levantamientos y atributos que sirven como coordenadas de ordenación sobre los ejes canónicos.

El segundo paso, consistió en agrupar los vectores de especies con las mismas tareas de los levantamientos (OPEN, RESE, CLUS) pero con distintas opciones de entrada por que la estructura de semejanza de las especies es distinta.

- a) La transformación escalar es hecha con el valor absoluto del logaritmo de  $x + y$  con excepción de cero, y la transformación de los vectores de atributos [11]. La función de semejanza usada es la distancia euclidiana:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum x^2 - 2\sum xy + \sum y^2} \quad [18]$$

donde:  $x_i$  -  $y_i$  son los resultados de las especies en las parcelas  $x$  -  $y$ .

cuyo valor de mas alta similaridad es cero y el valor de mas baja similaridad no es fijo.

- b) El algoritmo de agrupamiento utilizado es el de unión completa. Se obtiene el dendrograma de especies especificando el número de grupos a ser formados. Los valores de fusión fueron se transforman a coeficientes de correlación [13].

El tercer paso, comprende la concentración del análisis (CONC) en investigar la estructura de los bloques en la tabla y procurar un natural reagrupación de las especies y parcelas, de tal manera que los grupos ricos en especies ocurran diagonalmente a lo largo de la tabla. Tarea AOCL. Para lograr una mas fácil interpretación del orden entre grupos de especies y parcelas, estos son internamente reagrupados utilizando los resultados del análisis de correspondencia (COMP). Tarea GROU.

El cuarto paso, consistió en la categorización de Jancey con lo cual se seleccionan las especies con mejor poder de resolución y se puede reducir las de menor importancia. Tarea DISCRIM. Finalmente la tabla reducida fue impresa con la tarea TABS.

El quinto paso comprende las interpretaciones de los análisis numéricos (Dendrogramas y Tabla) para definir una comunidad caracterizada por su composición florística y su relación con paisajes fisiográficos.

Para apoyar la diferenciación se plantearon como criterios que un tipo de bosque debería poder ser reconocido en el terreno principalmente por sus características de composición y fisionomía florística y luego como unidad homogénea de silvicultura con suelos y topografía uniformes. De esta manera se nombraron los bosques con nombres comunes de las especies que sin ser necesariamente dominantes, caracterizan una determinada comunidad. La asociación de cada tipo de bosque a un paisaje fisiográfico característico, no restringe la posibilidad de encontrar el tipo en otros paisajes o un determinado paisaje con dos tipos de bosques distintos.

#### **4.6 Selección del número y localización de las parcelas de observación**

Comprende la identificación de la cantidad mínima y localización de parcelas de inventario de que incluyen la máxima información florística por tipo de bosque. Paralelamente se hacen consideraciones silviculturales y experimentales para proyectar estos sitios hacia la implementación de una red de parcelas permanentes, enfatizando la atención en las especies de interés actual.

La selección es un diagnóstico y *sugiere una planificación* dirigida a demostrar la utilidad de la información obtenida en parcelas de inventariación definidas para brindar una imagen fitosociológica de las comunidades locales. No involucra análisis de cambios posibles de la vegetación en el tiempo por efectos de las intervenciones o características prácticas de su implementación.

- ✦ Se adoptaron los principios metodológicos propuestos por Alder y Synnott (1992) para parcelas permanentes en bosques tropicales mixtos y se consideraron generalidades sobre bosques templados dadas por Curtis (1983).

##### Primer paso

Se procedió a definir lo más ajustadamente posible las necesidades de información, considerando las parcelas de observación como sitios potenciales para la implementación de parcelas permanentes para control del manejo forestal.

Considerando el interés de producción de madera y la escasa información ecológica disponible, el objetivo propuesto trata de compatibilizar las bases sostenibles del manejo forestal: el valor económico actual del bosque y su mantenimiento a largo plazo como ecosistema productivo.

#### Segundo paso

Se definen los tipos de bosques en los cuales interesa establecer los dispositivos de monitoreo permanentes para la producción forestal sostenible.

Se caracterizaron los bosques en relación a accesibilidad, normas legales y volumen actualmente disponible. Se definieron ambientes con dos potenciales vocaciones: productiva y de reserva ecológica.

Los bosques productivos fueron los que se tomaron en cuenta para la selección de la cantidad y localización de los sitios para la implementación de una red de parcelas permanentes.

#### Tercer paso

El trazo de las parcelas en terreno busca conciliar dos metas, que generalmente son tratadas por separado: el principal interés de control estadístico de posibles intervenciones para fomentar la producción del bosque, y un conocimiento general de la dinámica de la comunidad boscosa.

El arreglo experimental que se propone está basado en los siguientes criterios:

- No se trata de un muestreo de la dinámica forestal en todas las áreas forestales de Aperiarte, y debido a la topografía accidentada queda excluida la posibilidad de un muestreo sistemático.
- La distribución de las parcelas estará localizada en los tipos de bosque con posibilidad de manejo forestal en función de determinados grupos de especies de interés actual.
- Anticipando intervenciones posibles, es necesario una aproximación experimental para la evaluación de hipótesis sobre efectos de tratamientos y potenciales sistemas silviculturales.
- La disponibilidad de gasto por parte del propietario de los bosques o financieras.

De acuerdo con estos criterios, los diseños más apropiados son: Parcelas divididas y Bloques aleatorizados como se expone en Alder y Synnott, (1992, p. 39-40).

Las parcelas divididas son áreas de monitoreo distribuidas por muestreo irrestricto aleatorio en una superficie dada, cada parcela se divide por la mitad, una mitad es seleccionada al azar para efectuar el tratamiento, cada parcela es una repetición.

Los bloques aleatorizados, son diseñados para contener varios tratamientos en un solo bloque y cada bloque es una repetición. En ambos casos se consideran fajas de borde.

#### Cuarto paso

Para proyectar un posible tamaño de la superficie de medición en una parcela de muestreo permanente se tomaron en cuenta dos criterios silviculturales:

- Las alturas máximas de los árboles, en relación al alcance de afectación por intervenciones silviculturales o sucesos de caída natural. Se supone que la planificación de dispositivos de control permanente excluye de hecho, posibles sobreposiciones con redes de caminos o patios de acopio.
- el número de individuos incluidos en determinadas superficies de las especies de interés actual para el manejo.

#### Quinto paso

La cantidad de parcelas de monitoreo y su localización fue definida mediante un enfoque de optimización de variabilidad. Se empleó un análisis de categorización de los grupos de parcelas de cada tipo de bosque.

El procedimiento está basado en la suma de cuadrados de los componentes independientes de Orioli (Matteucci y Colma 1982). El cómputo hecho en el paquete MULVA5 comprende:

- El cálculo de una matriz de semejanza, con la medida de similaridad de productos recíprocos entre dos muestras con datos centrados ( $S=AA'$ ). Tarea RESEMB.

- La categorización, utilizando el "rank" algoritmo. Tarea RANK. Incluye 5 pasos descritos en Wildi y Orloci (1997), el tercero calcula la dispersión y más alto valor con:

$$SS = \max \left( \sum_{j=1}^p \frac{S_{hi}^2}{S_{hh}} \right) \quad h=1, \dots, p \quad [19]$$

donde: p es el número de atributos. La cantidad SS es la una medida de redundancia en la muestra de p atributos con respecto a los atributos m. La categoría 1 es declarada para el atributo m asociado con SS. Luego la computación de los residuales arrojan nuevos valores SS que van siendo rankeados detrás.

La selección de parcelas de futuro monitoreo busca satisfacer los siguientes criterios:

- Que las parcelas seleccionadas muestren un máximo de variación común con todas las otras parcelas en la muestra
- Que el tipo de vegetación pueda ser representada por las parcelas seleccionadas.

Para la definición de un límite de variación aceptable se utiliza el criterio de Feoli y Feoli (1979). quienes con experiencias en muchas tablas fitosociológicas indican que un número de parcelas que acumulan un 60% del total de la variabilidad total, incluyen entre el 80-90 % de las especies de la comunidad analizada.

El diseño concluyó con la señalización de los sitios en un mapa perimetral de la hacienda que corresponden a la red de parcelas de observación por tipo de bosque.



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Aproximación cualitativa y cuantitativa del área mínima

#### 5.1.1 Descripción de la comunidad forestal en el reticulado

El bosque tiene una fisonomía de bosque primario, adulto, con presencia de lianas y epífitas en el dosel. El suelo presenta una cobertura herbácea-graminoide más o menos continua. Se distinguen tres estratos: árboles emergentes, un dosel intermedio muy irregular y un estrato arbustivo con presencia de especies espinosas que forman un sotobosque ralo. El uso actual es pastoreo extensivo y extracción de frutos y mieles silvestres.

Se registraron un total 56 especies, 591 ind/ha y 27.96 m<sup>2</sup>/ha de área basal a partir de 10 cm de dap. El 8% de los cuadros presenta alturas máximas menores a 10 m, 54 % entre 10-20 m, 25% entre 20-30 m y 13% mayores a 30 m. Las 5 especies con mayor peso ecológico son *Diatenopteryx sorbifolia*, *Myrcianthes pungens*, *Myroxylon peruiferum*, *Parapiptadenia excelsa* y *Pisonia ambigua*, juntas suman el 55% del IVI total. Las 10 especies mas importantes suman un IVI de 76% y con 20 especies se llega a 90%.

Brown *et al.*, (1985) en la "selva de quina y cebil" en el Parque Nacional el Rey, Argentina. registran 18 especies comunes con Aperiati, donde *Myroxylon peruiferum* y *Pisonia ambigua* también dominan con los mayores IVIs, que incluidas entre la cinco primeras posiciones suman el 54% del IVI de la comunidad. El área basal llega a 30 m<sup>2</sup>/ha. Las diferencias radican en un baja densidad con solo 264 ind/ha mayores 10 cm dap y un total de 29 especies en 2 has, además de que en este tipo de bosque no se registran elementos chaqueños o de la "quebrachal" (Ramella & Spichiger, 1985).

En Aperiati los elementos de la "quebrachal" (*Acacia*, *Chorisia*, *Athyanna*, *Trichocereus*, *Schinopsis*) tienen mayor presencia y dominancia cerca de la cima, mientras que cerca del drenaje tienen mayor presencia especies pedemontanas húmedas de los bosques

serranos (*Cupania*, *Diatenopteryx* y *Crinodendron*). La variación es menos intensa al centro de la ladera.

Estas diferencias de elementos florísticos que se observan al ascender desde la quebrada a la cima, hicieron suponer la existencia de un posible gradiente ambiental con influencia en la composición de la comunidad, lo que aumentó la necesidad de realizar un análisis de la homogeneidad de la vegetación en el reticulado.

### 5.1.2 Análisis de homogeneidad

Las altas frecuencias, entre 62-87%, para determinados valores de las variables de relieve, pendiente, textura del suelo, drenaje, profundidad y acidez nos indican una razonable uniformidad ambiental del reticulado.

Las comparaciones de la vegetación entre las 8 fajas "horizontales" (H) perpendiculares a la pendiente y entre las 8 fajas "verticales" (V) paralelas a la pendiente, mostraron que el rango de variación y varianzas de la similitud obtenidas con los coeficientes  $rP$  [1] y  $rM$  [2] son notablemente más altos en fajas horizontales que en fajas verticales. Esto no fue reflejado en las probabilidades  $\chi^2$ , lo que hace suponer poca sensibilidad de la prueba (anexo 2).

La comparación sistemática de la faja H1 próxima a la quebrada con cada una de las siguientes ( $H_j$ ,  $j = 2, 3, \dots, 8$ ) resulta en una disminución progresiva de la similitud (figura 4). El valor máximo de similitud  $rP$  con 76%, ocurre entre la faja H1 y su vecina H2. El valor mínimo de similitud  $rP$  de 8% ocurre entre H1 y H8 cerca de la cima. Las fajas verticales ( $V1 \times V_j$ ,  $j = 2, 3, \dots, 8$ ) muestran una tendencia similar norte-sur, pero con rango de variación menor, desde 81% entre V1 y V2 hasta 55% entre V1 y V8.

El coeficiente de variación [9] entre grupos de fajas es notablemente mayor en las fajas H y entre ellas la mayor heterogeneidad ocurre en los grupos extremos del reticulado (figura 5). El grupo 1 corresponde a comparaciones de similitud H1 *versus* H2, H3, ...H8, de igual manera se obtuvieron los valores para los grupos 2, 3 ...8, y para fajas V.

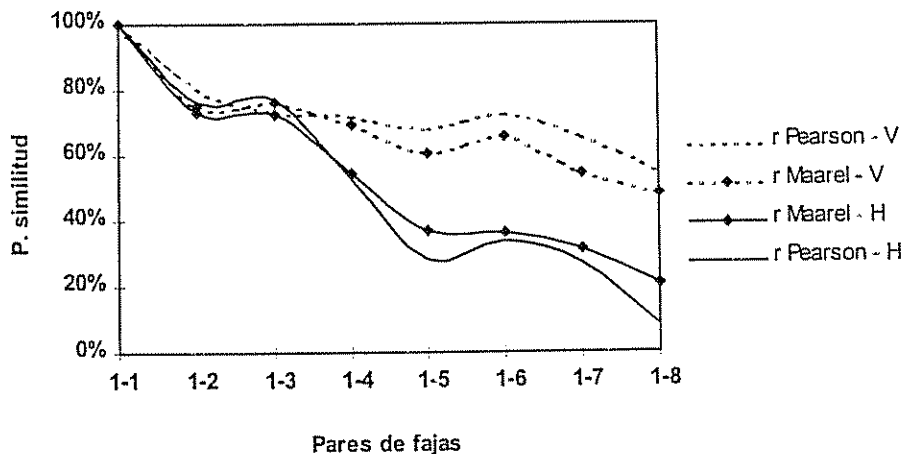


Figura 4. Comparación sistemática de la similitud entre la primera faja horizontal con las restantes y entre la primera faja vertical con las restantes en el reticulado completo.

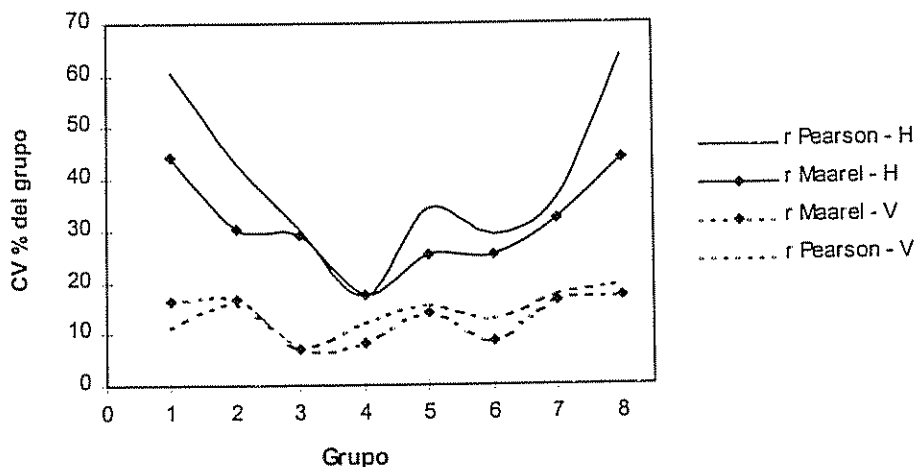


Figura 5. Coeficientes de variación de las medias de similitud entre fajas horizontales agrupadas y fajas verticales agrupadas en el reticulado completo.

Estos resultados muestran que las fajas horizontales presentan un alto grado de variación que podemos asociar al cambio de posición topográfica desde la quebrada a la cima. Los valores mínimos de similitud son muy bajos, 21% y 8% para rM y rP respectivamente, esto refleja una alta heterogeneidad en la vegetación, lejos del umbral de homogeneidad de 50% que tomamos por referencia.

Al no cumplir la condición de homogeneidad se tomó la decisión de reducir el área del reticulado. La nueva área se denominó "reticulado reducido" y excluye sectores donde las fajas horizontales y verticales concentraban mayor variabilidad.

Esta nueva área de 12 x12 cuadros (1,44 ha), incluye mas del 82% de las especies del área inicial y mantiene, con variaciones menores, la dominancia de las mismas especies.

### Análisis de homogeneidad en el reticulado reducido

En el área de 1.44 ha también se obtuvieron altas frecuencias, entre 68-94%, para determinados valores de las variables ambientales mencionadas. Los cambios notables están en una menor dispersión del pH, que se refleja en un cambio significativo en el valor medio de esta variable. Mientras que el aumento de dispersión en la profundidad de los suelos, no afecta estadísticamente sus medias (anexo 2).

La homogeneidad de la vegetación se analizó en fajas de 0,2 ha. En forma similar al anterior análisis las fajas H' cruzan el gradiente y las fajas V' son paralelas. La similitud fue medida con el coeficiente de correlación que presentó mayor sensibilidad.

En este caso el rango de variación y varianzas de similitud, entre fajas horizontales y fajas verticales resultaron muy parecidos. El valor medio de similitud entre fajas horizontales aumentó de 60% a 75%, mientras que la varianza muestra una notable reducción de 0.030 a 0.018. La probabilidad  $\chi^2$  de encontrar fajas con vegetación diferentes (con significación estadística) muestra un valor mínimo de 0.338 lejos de una probable significancia de 0.05 (anexo 2).

La comparación sistemática de la similitud entre la faja H'1 (figura 6) con cada una de las siguientes (H'j, j=2,3...8) presenta un valor máximo de 93% con su vecina H'2 y una similitud mínima de 44% con la mas lejana H'6. Las fajas verticales (V'1xV'j j=2,3,...8) muestran un rango muy similar, entre 91% (V'1xV'2) a 54% (V'1xV'8).

El coeficiente de variación [9] entre grupos de fajas H ya no es tan diferente de las fajas V, la heterogeneidad entre grupos extremos y centrales redujeron bastante (figura 7).

La reducción del área, prácticamente igualó los patrones de similitud de fajas horizontales y fajas verticales, por lo que la variación ambiental afectando las fajas horizontales deja de tener importancia. Sin embargo el resultado más importante es el aumento de la similitud mínima entre fajas horizontales a 44% valor cercano al umbral de referencia (50%), por lo que se consideró que el reticulado reducido presentaba una homogeneidad suficiente para determinar el área mínima.

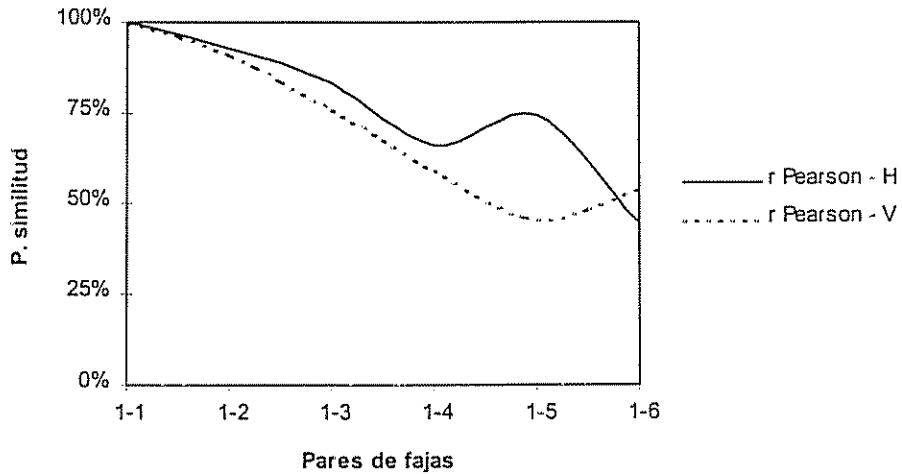


Figura 6. Comparación sistemática de la similitud entre la primera faja horizontal con las restantes y entre la primera faja vertical con las restantes en el reticulado reducido.

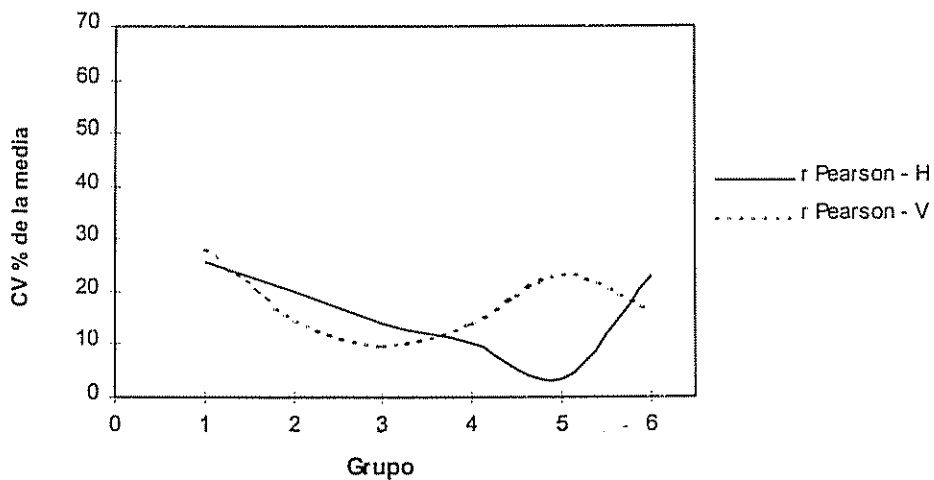


Figura 7. Coeficientes de variación de las medias de similitud entre fajas horizontales agrupadas y fajas verticales agrupadas en el reticulado reducido.

### 5.1.3 Aproximaciones al tamaño del área mínima

Los resultados están referidos al reticulado reducido de 1.44 ha.

#### 5.1.3.1 Curva área especie

La figura 8 muestra las cuatro repeticiones (DISC-N, DISC-S, DISC-E y DISC-W) y la curva promedio de las repeticiones.

Sobre la curva media podemos distinguir cuatro principales tramos diferenciados por los cambios en la pendiente. Entre 0 a 600 m<sup>2</sup> la curva acumula una nueva especie cada 50 m<sup>2</sup>. Entre 600 a 2400 m<sup>2</sup> la curva incrementa una nueva especie cada 150 m<sup>2</sup>. Desde los 2400 a 4800 m<sup>2</sup> la curva acumula una nueva especie cada 400 m<sup>2</sup>, y desde 4800 a 14400 m<sup>2</sup> la curva acumula una nueva especie cada 600 m<sup>2</sup>.

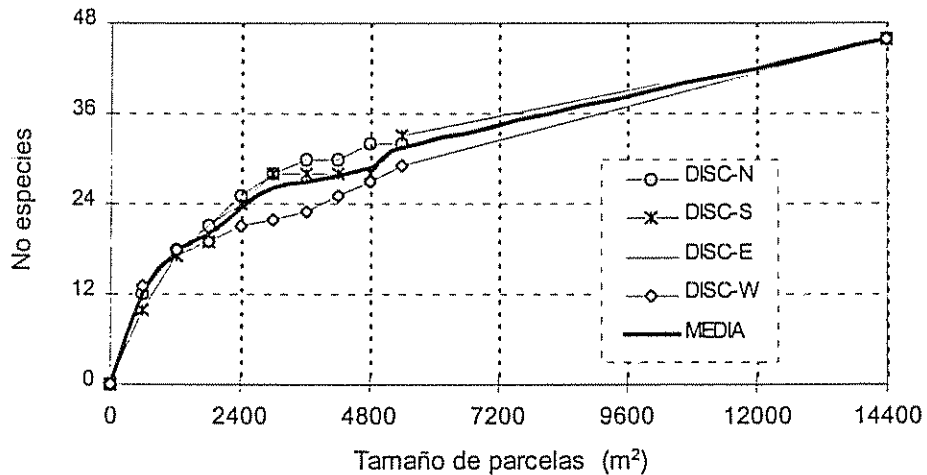


Figura 8. Curvas área-especie en el reticulado reducido (árboles con dap  $\geq$  10 cm)

El cambio más notable de pendiente ocurre desde los 600 m<sup>2</sup>, allí se alcanza el área mínima considerando el criterio de incremento decimal proporcional de Cañ (1959), ya que la pendiente de este tramo queda fuera de la curva de pendiente del tramo posterior.

Sin embargo esta área solamente incluye el 25% de la composición florística de la comunidad, valor muy bajo para obtener una representatividad fitosociológica.

Aún con una relativa pobre diversidad de especies, el criterio del incremento decimal no es útil en Aperiati, principalmente porque luego de un crecimiento rápido, las especies aparecen lentamente.

Desde los 2400 a 4800 m<sup>2</sup> la curva reduce 2.6 veces la pendiente en relación al tramo anterior, la aparición de nuevas especies empieza a ser mucho más lenta. Esta área incluye entre 24 a 29 especies, lo que significa un 52 a 63% de la composición florística total.

Considerando el decrecimiento de la pendiente de acumulación de especies y una composición florística que incluye más de la mitad de las especies de la comunidad, el área mínima se decidió en este tramo de la curva para el área de 2400 m<sup>2</sup>.

La decisión es subjetiva y cae dentro de la crítica general de falta de objetividad para la determinación del área representativa de la comunidad (Hopkins, 1957, Gounot, 1969; Greig- Smith, 1983; Lamprecht, 1990) que no considera criterios ecológicos, estructurales y dinámicos de las variaciones de los mosaicos homogéneos de la comunidad.

Pero también es útil reconocer que el área mínima así determinada da una idea aproximada del grado de diversidad florística que se puede lograr en el muestreo de una comunidad con parcelas de área mínima y ayuda indirectamente a decidir el tamaño de la muestra para obtener una determinada representatividad florística en una comunidad homogénea.

### *5.1.3.2 Curva área - coeficiente de similitud*

Las curvas de frecuencias del número de coeficientes entre las "n" listas (de las parcelas crecientes), muestra una distribución de forma normal para los grupos de parcelas con altos números de observaciones (figura 9).

La media es en realidad el valor que posee una significación real y por lo tanto una significación estadística que se puede precisar, su posición en cada histograma corresponde a la columna en blanco.

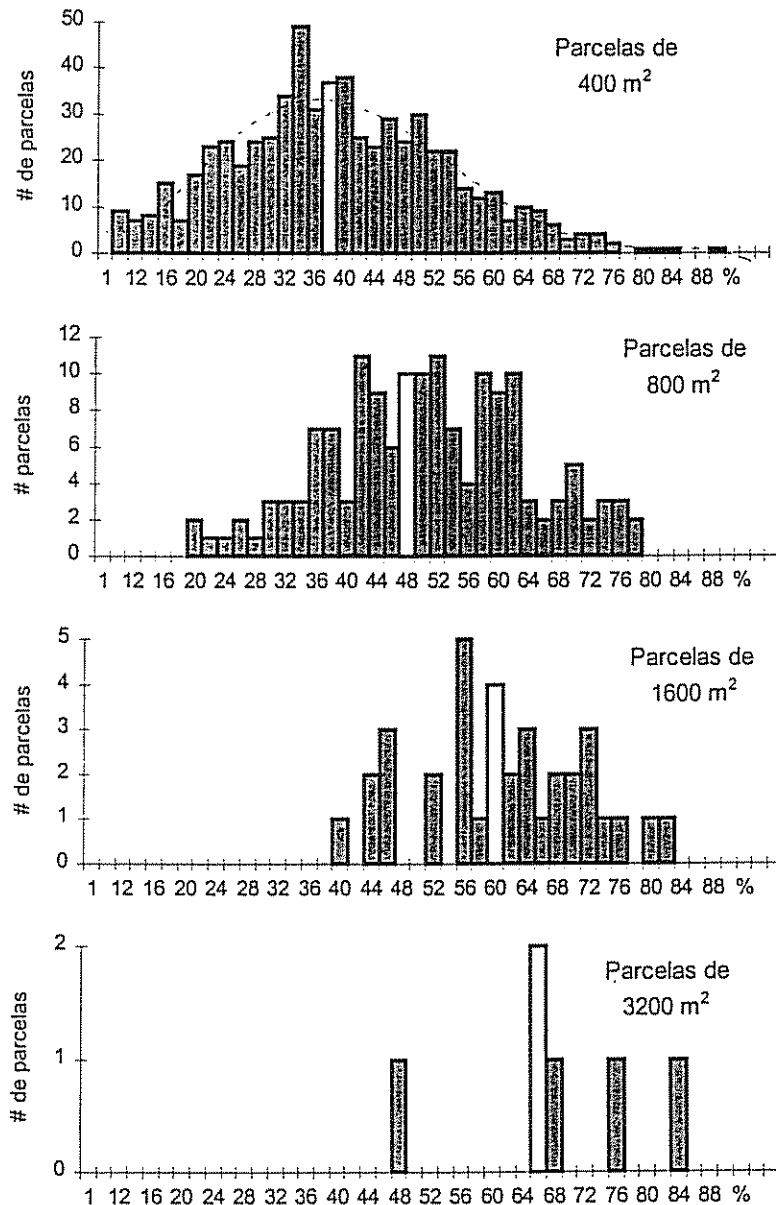


Figura 9. Distribución de frecuencias de los coeficientes de similitud para parcelas de áreas crecientes. En el eje de abscisas el coeficiente de similitud en porcentaje. La columna en blanco señala la posición de la media.



Los estadísticos descriptivos para las frecuencias de similitud obtenida muestran un aumento directo de la similitud [2] con el incremento de la superficie (cuadro 2). La varianza disminuye progresivamente hasta los 1600 m<sup>2</sup>, y aumenta para parcelas de 3200 m<sup>2</sup> probablemente por el bajo número de repeticiones. Los valores máximos mantienen un nivel de similitud sobre 78%, mientras que los mínimos aumentan desde 5% en parcelas de 400 m<sup>2</sup> hasta 48% en parcelas de 3200 m<sup>2</sup>. La muestra de 6000 m<sup>2</sup> corresponde a un solo dato, por lo tanto debe tomarse con precaución.

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de similitud en la determinación del área mínima por método área - coeficientes de similitud.

Parcelas	400m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	1600 m <sup>2</sup>	3200m <sup>2</sup>	6000m <sup>2</sup>
No obs	630	153	36	6	1
Media	0.384	0.496	0.593	0.675	
Máximo	0.897	0.78	0.808	0.832	0.696
Mínimo	0.046	0.185	0.380	0.478	0.696
Varianza	0.0214	0.0166	0.0124	0.0139	
Var. Rel.	0.0557	0.0334	0.0208	0.0207	

Var. Rel = Varianza relativa (Varianza/media)

La curva área - coeficiente de similitud, se construye con los valores medios de las frecuencias de similitud [2] en cada tamaño de parcela..

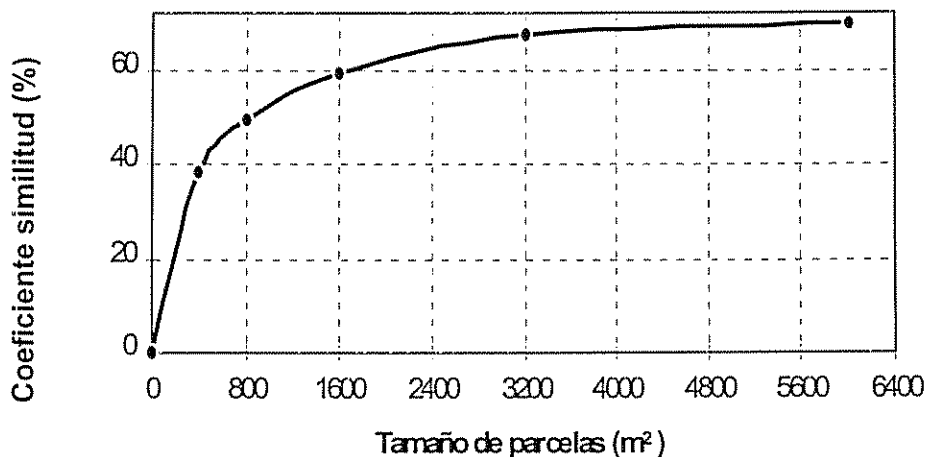


Figura 10. Curva área - coeficiente de similitud. Función de semejanza coeficiente Van der Maarel [2]

Aunque el número absoluto de especies puede seguir creciendo, los valores relativos porcentuales de las especies comunes tienden a una meseta de saturación (figura 10).

La pendiente de la curva es alta hasta los 400 m<sup>2</sup>, empieza luego a decrecer progresivamente hasta los 6000 m<sup>2</sup>, mostrando un inicio de saturación o meseta a partir de 1600 m<sup>2</sup>

Si basamos la ubicación de un área mínima en relación a un determinado umbral de similitud a lograr, podríamos adoptar un mínimo de 40 % (Kortekass y col., 1976), de 60% (Jensen, 1970) o sobre 80% (Gounot, 1969). En relación a la relativa pobre diversidad de especies en Aperiati, no conviene adoptar el valor más bajo, y según los resultados de similitud obtenidos no podemos considerar el nivel utilizado por Gounot. Tomamos entonces como referencia un umbral intermedio de 60%.

Aunque existe un evidente punto de inversión de la curva a partir de 400 m<sup>2</sup>, la similitud media alcanzada de 38% es muy baja. Sobre los 1600 m<sup>2</sup> la similitud promedio es de 59%. Al doblar la superficie a 3200 m<sup>2</sup> (68%) el incremento de similitud es de 9%. Para fines prácticos, se puede definir un punto entre estos dos valores, que sin tener que doblar la superficie podamos superar claramente el umbral fijado. El área de 2400 m<sup>2</sup> cumple los requisitos anteriores, con la cual logramos un 64% de similitud.

Sobre 2400 m<sup>2</sup> cualquier par de listas que sean comparadas deberán tener, o tendrán al menos en promedio, un 64% de especies comunes. El área mínima puede entonces ser definida tal como propone Gounot (1969): "área a partir de la cual todos los levantamientos que se hacen sobre la superficie homogénea estudiada tienen un coeficiente de comunidad medio, superior a un valor determinado". Una muestra de 6 o más parcelas de 2400 m<sup>2</sup> de esta comunidad, incluirá una similaridad igual o mayor al umbral de 64%. Esta muestra también servirá como patrón de comparación para determinar si nuevas unidades de muestreo corresponden a esta comunidad.

### 5.1.3.3 Curva área - probabilidades $\chi^2$

Se obtuvo una curva media de probabilidades, utilizando 4 repeticiones (DISC-N, DISC-S, DISC-E, DISC-W). La línea recta que divide el gráfico separa las regiones de significancia a un nivel de 0.05. Sobre la línea las probabilidades de que cualquier área comparada con el área total resulten similares, mientras que por debajo de la línea las probabilidades buscan rechazar la similitud (figura 11).

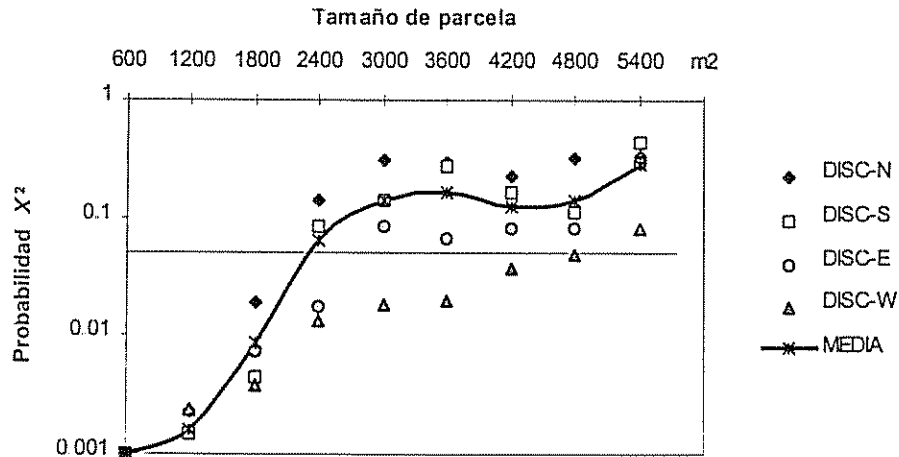


Figura 11. Curva área - probabilidades  $\chi^2$ . Eje de ordenadas en escala logarítmica. La línea recta horizontal separa las regiones de significancia para probabilidades de 0.05.

En general la curva de valores  $\chi^2$  crece conforme se aumenta la superficie de comparación. Se aprecia que la curva sobre los 3000 m<sup>2</sup> presenta una cierta tendencia a mantenerse alejada del límite de significancia, aunque sobre los 2400 m<sup>2</sup> ya supera, aunque muy levemente el límite de significancia, indicando que en áreas menores existen probabilidades estadísticamente significativas a un nivel de precisión de 95%, de que cualquier área de la comunidad, sea diferente al área total. Esta tendencia estaría fijando un límite inferior de tamaño de área mínima para la comunidad.

Este procedimiento, aunque incluye criterios fitosociológicos, es muy abstracto en sentido de que no permite consideraciones de tipo florístico o estructural, pero tiene la ventaja de

ser bastante objetivo. Probablemente se necesite estudiar mejor sus implicaciones metodológicas en la determinación del área mínima.

### Síntesis

De acuerdo con los resultados obtenidos, y bajo consideraciones prácticas, se definió que un tamaño de 0.25 ha para la unidad de muestreo en inventarios forestales, permitirá obtener información aceptable en términos fitosociológicos de las comunidades boscosas locales.

Por la complejidad que involucra el manejo forestal, la aplicación del área mínima constituye uno de los principios a aplicar en las unidades básicas de muestreo de un inventario. El diseño de un inventario con tal propósito, deberá ser orientado a: 1) obtener un conocimiento sinecológico adecuado de los bosques locales y 2) una confiabilidad estadística deseada para los productos de interés del propietario y los niveles exigidos por ley (Pineda, 1996).

Aunque el segundo principio queda fuera del alcance de este trabajo, haremos algunas consideraciones al respecto.

Conociendo que el error de muestreo de un inventario aumenta al disminuir el número de especies (Dauber, 1995), la unidad básica de muestreo que considere los dos principios mencionados, podría tomar la estructura propuesta por Pineda (1996). Este autor al reducir el levantamiento de todas las especies a una cierta proporción de la unidad y uniformizar el diámetro mínimo de medición en toda la unidad, ganó "mayor precisión en la estimación de las especies maderables comerciales, a un menor costo y sin descuidar el conocimiento de todo el bosque en relación a un inventario tradicional".

Sin embargo si no se quiere aumentar el tamaño de la unidad de muestreo, se puede aumentar el tamaño de la muestra para las especies comerciales, lo que parece ser más conveniente para las condiciones de Aperiarte, ya que como veremos más adelante, existe un bajo número de individuos comerciales registrados en cada unidad de 0.25 ha.

## 5.2 Determinación de la forma y orientación de la unidad de muestreo

Como se detalla en la metodología, en esta sección se muestran los resultados de la relación entre los ejes de variación ambiental conocidos con posibles gradientes de vegetación detectados, que permitieron definir la forma y orientación de la unidad de muestreo atendiendo las direcciones de los gradientes.

### 5.2.1 La muestra y ajuste de la estructura de datos

A nivel de especies, se eliminaron 30 que presentaron un solo individuo en la muestra, quedando 88 especies correspondientes a 40 parcelas lo que redujo los elementos con valor cero de 82% a 76%. A nivel de parcelas, el análisis del vecino más cercano dio un rango total de similitud entre 0,418 a 0,858 (cuadro 3). De acuerdo al umbral de 0.4 recomendado por Wildi y Orlocí (1996), ningún relevamiento es considerado extraño en el conjunto, por lo que todas las parcelas se incluyeron en el estudio de gradientes.

Cuadro 3. Rangos de similitud entre parcelas para decidir su exclusión de la muestra.

Análisis del vecino más cercano

Clase	R A N G O		Frecuencia	Histograma
1	0.418	0.462	2	x x
2	0.462	0.506	6	x x x x x x
3	0.506	0.550	5	x x x x x
4	0.550	0.594	5	x x x x x
5	0.594	0.638	5	x x x x x
6	0.638	0.682	7	x x x x x x x
7	0.682	0.726	4	x x x x
8	0.726	0.770	4	x x x x
9	0.770	0.814	0	.
10	0.814	0.858	2	x x

### 5.2.2 Identificación de factores ambientales relacionados a gradientes de vegetación

El dendrograma de agrupamiento para el total de la muestra (figura 12) presenta en las abcisas la secuencia de las 40 parcelas. En las ordenadas se mide el desorden o heterogeneidad de la vegetación dentro del conjunto de levantamientos. Los valores de las fusiones han sido convertidas [13] a valores de coeficiente de correlación [1]. La

similitud máxima es de 0,77 en la zona de las particiones finas del dendrograma, mientras que la mayor disimilitud alcanzada es -0,36 por la mayor proporción de especies no comunes entre comparaciones.

La última fusión con asociación negativa (-0,36) en el dendrograma divide dos grupos: A={36,10,7....40} y B={29,20,26.....32}. La disimilitud de estos grandes grupos separa parcelas de los paisajes de serranía y lomeríos, siendo el rango altitudinal, uno de los factores ambientales que distingue un paisaje de otro (sección 4.1.5).

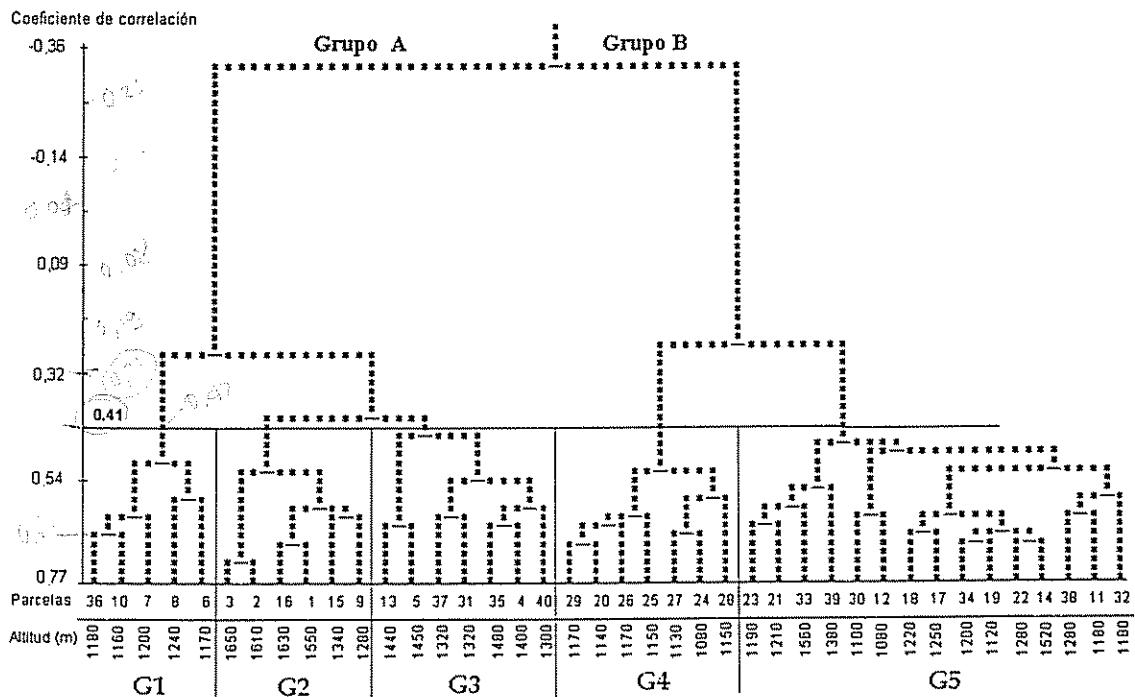


Figura 12. Dendrograma de similitud de la vegetación en cuarenta parcelas de las comunidades boscosas de Aperiati (especies dap>10 cm y frecuencia ≥2). Sobreposición de la altitud y clasificación de 5 grupos.

Para analizar la variación altitudinal en relación a las agrupaciones más finas del dendrograma, se clasificaron cinco grupos (G1,G2,G3,G4 y G5). La síntesis de las características ambientales de estos cinco grupos (figura 13), permite ubicar cada grupo en rangos de altitud y pendiente.

Como era de esperarse el grupo G2 con parcelas en la serranía se ubica en el mayor rango de altitud y, aunque incluye parcelas de fondo estos drenajes son en forma de "V", lo que resulta en un grupo que también se caracteriza por altas pendientes. Al otro extremo el grupo G1 de parcelas en fondos en forma de "U" y laderas cerca de los drenajes con poca pendiente, comparten el rango altitudinal con el G4. Sin embargo G4 reúne parcelas en laderas de fuerte pendiente exclusivas de la zona de lomeríos. Los grupos G3 y G5, agrupan parcelas de varios ambientes en la zona de colinas intermedias, en vecindad a la zona alta y a la zona baja respectivamente.

Elevación m.s.n.m					
> 1400	Pro. Profundidad del suelo (categoría)	Pro. 2.7	G 2	Roc. 3.7	Cob. 77%
	Roc. Rocosidad (categoría)	Roc. 3.7		Are. 3.1	
Are. Porcentaje de arena (categoría)	Are. 3.1	pH. 5.5			
pH. Valor de acidez	Cob. Cobertura dosel (%)	pH. 5.5			
Sot. Sotobosque (categoría)	Sot. 1.7	Sot. 1.7			
Hdo. Altura dosel (valor)	Hdo. 13	Hdo. 13			
1200 a 1400	Pro. 3.6	Pro. 3.5	G 3	Roc. 2.3	Cob. 67%
	Roc. 3.7	Roc. 2.3		Are. 2.7	
Are. 3.1	Are. 3.1	Are. 2.7	G 5	pH. 5.1	Cob. 67%
pH. 4.6	pH. 4.6	pH. 5.1			
Sot. 1.9	Sot. 1.9	Sot. 1.5	Sot. 1.5		
Hdo. 16	Hdo. 16	Hdo. 13	Hdo. 13		
< 1200	Pro. 4.0	Pro. 3.0	G 1	Roc. 2.1	Cob. 64%
	Roc. 2	Roc. 2.1		Are. 2	
Are. 3.1	Are. 3.1	Are. 2	G 4	pH. 5.1	Cob. 64%
pH. 5.5	pH. 5.5	pH. 5.1			
Sot. 1.4	Sot. 1.4	Sot. 1.7	Sot. 1.7		
Hdo. 14	Hdo. 14	Hdo. 10	Hdo. 10		
Pendiente					
< 30 %		30-60%		> 60	

Figura 13. Grupos de parcelas producto de la clasificación numérica entre rangos de altitud y pendiente. Síntesis de las características ambientales de cada grupo.

Aunque existen parcelas que escapan a las tendencias de los agrupamientos propuestos, es evidente la existencia de una relación entre la distribución de la vegetación con la variación altitudinal.

En relación a la exposición, que habíamos supuesto como un segundo eje de variación pero con influencia local, se pudo poner en evidencia que no existe ninguna tendencia en

relación a la clasificación realizada, ya que por ejemplo las parcelas 15,13,25,34 con exposición hacia el norte están respectivamente pareadas con las parcelas 9,5,26,19 expuestas al sur.

En cambio si se detectó una influencia local de la posición topográfica, interpretado como la posición o distancia de la parcela al drenaje. Parcelas vecinas llegan a ser miembros de grupos distintos, pe. la parcela 10 vecina de la 11, así como la 7 con la 17 o 1 con 18 corresponden a los grupos G1 y G4 respectivamente. Las parcelas del G1 están en el fondo o laderas bajas, "cerca" de los drenajes mientras que las parcelas del G4 están ubicadas en laderas medias y superiores, relativamente "lejos" de los cursos de drenaje.

Este comportamiento nos llevó a detectar que el pareamiento entre dos parcelas casi siempre ocurre entre posiciones topográficas iguales o próximas. Parcelas de fondo con fondo ó ladera baja, parcelas de ladera media con ladera baja ó alta, siendo muy raro que una parcela de fondo o de ladera baja este a la par de parcelas en ladera alta. Esta tendencia se detectó en las tres zonas fisiográficas pero con mayor acentuación en las zonas de colinas y serranía.

Esto nos lleva a suponer que la posición topográfica puede estar reflejando una posible influencia de disponibilidad de humedad, tal tendencia se observó en la variación de la vegetación del reticulado desde la quebrada hacia la cima.

En este mismo sentido en la descripción fisiografica general de Aperiati se intentó mostrar un gradiente de humedad general que ocurre desde la zona más seca y de menor altitud al este de la hacienda y cambia gradualmente hacia la zona alta de la serranía más húmeda, volviendo a disminuir al ascender a las cimas de la serranía.

Para apoyar las apreciaciones realizadas respecto a la variación altitudinal y de posición topográfica, se escogieron solo parcelas de fondo y solo parcelas de laderas, cada conjunto se agrupó independientemente y se relacionó con la altitud.

Los resultados (figura 14 ) en términos generales muestran que, independientemente de la posición topográfica que ocupen, los grupos de parcelas presentan tendencias de



variación en relación a la altitud. Esto nos indica que si bien la vegetación puede variar en forma local por la posición topográfica, o la pendiente (figura 13), existe un gradiente de influencia mayor relacionado al complejo índice que el factor de altitud significa.

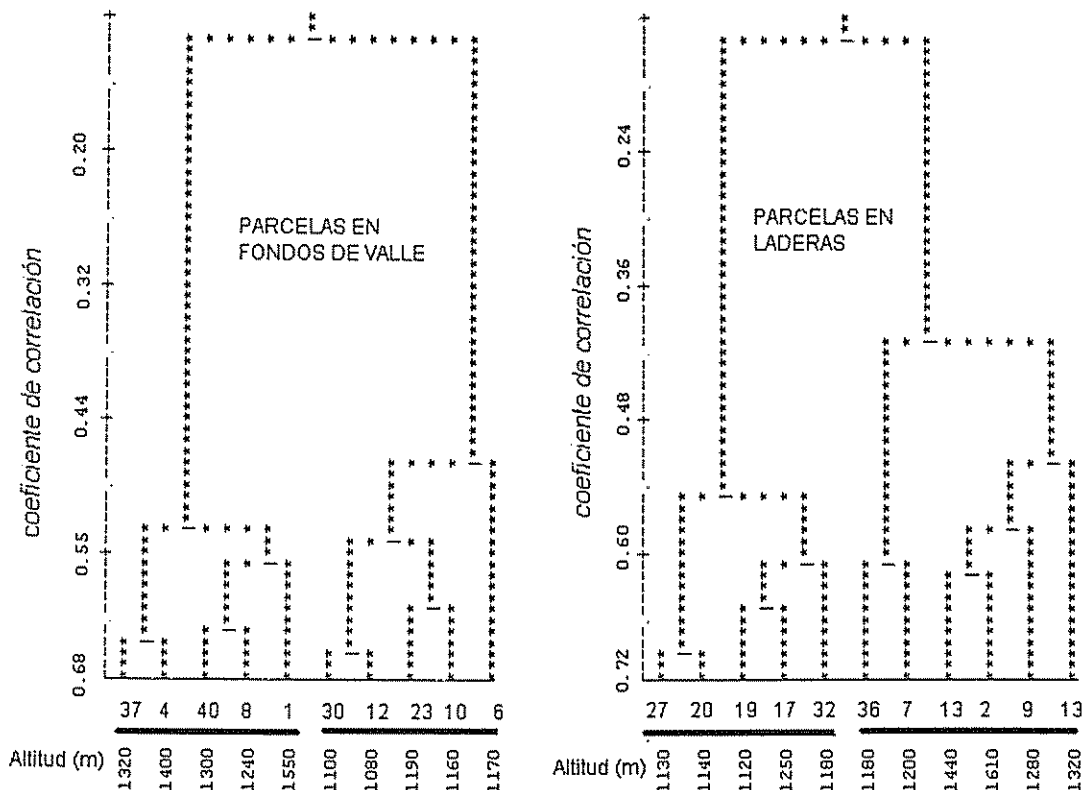


Figura 14. Dendrogramas de similitud de parcelas en fondos de valles y en laderas y su relación con la variación altitudinal.

Utilizando un análisis objetivo de correspondencia, prueba F de Jancey, el factor altitud aparece siempre en primer lugar (cuadro 4).

Cuadro 4. Valor F discriminante de los factores ambientales dentro de la clasificación de parcelas en fondo de valle, laderas y el total de la muestra.

Factor ambiental	<i>Fondo Valle</i>		<i>Ladera</i>		<i>Total</i>	
	Valor de F	Categoría	Valor de F	Categoría	Valor de F	Categoría
Altitud	6,6790	1	7,6955	1	11,279	1
Pendiente	0,1738	3	4,6875	2	4,7074	2
pH	0,9956	2	0,3021	3	2,5992	3

La pendiente es el segundo factor de importancia y muestra buena correspondencia en el grupo de ladera y en toda la muestra. El pH adquiere cierta importancia en los fondos de valle.

### 5.2.3 Análisis directo de los gradientes de la vegetación

Los ejes de los gráficos de las figuras 15 a la 18 se interpretan de la siguiente manera: el primer vector corresponde al eje "y" que constituye el gradiente directo del factor ambiental considerado. Cero es el miembro o valor más bajo del factor ambiental y 1 el miembro o valor más alto. El segundo vector corresponde al eje "x". Refleja el gradiente del factor ambiental asociado a la similitud de la vegetación entre parcelas. Cero corresponde a parcelas con alta similitud ("típica") cuando el miembro o valor ambiental es el más bajo, y uno corresponde a parcelas con la más alta similitud de vegetación cuando el miembro o valor ambiental es el más alto.

La ordenación de parcelas de fondos de valles (figura 15) muestra una fuerte tendencia diagonal de los puntos, indicando que la elevación es un factor de notable influencia en la composición de la vegetación. El factor de correlación de 0.80 refleja una estrecha relación entre la elevación real y la elevación aparente, y quiere decir que el gradiente se explica muy bien por la altitud sobre el nivel del mar.

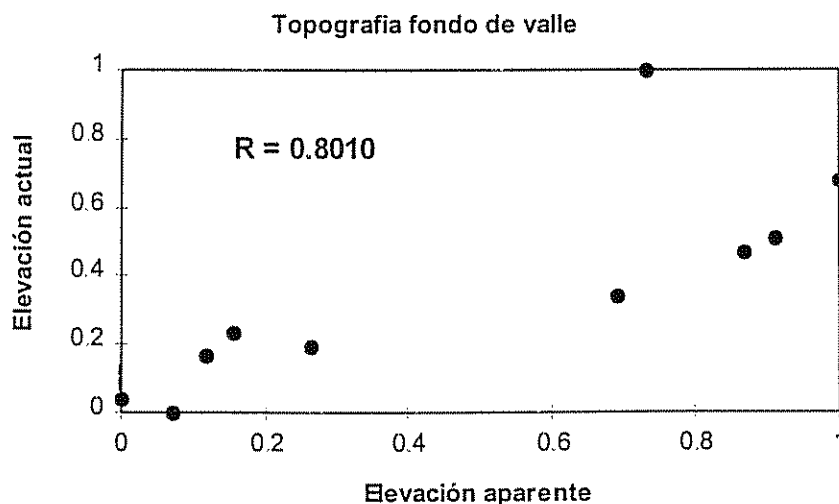


Figura 15. Gradiente de vegetación en relación a la altitud para unidades de muestreo en fondos de valle.

La ordenación resalta fuertemente dos nubes de puntos señalando que existe una vegetación típica a bajas elevaciones y una vegetación típica a altas elevaciones. Esta diferenciación es compatible con la detectada mediante la clasificación (figura 14a). La unidad muestral que no se ajusta al patrón diagonal es la parcela 1 de mayor altitud. Por definición del eje, esta parcela presenta una vegetación que no es típica para esa elevación.

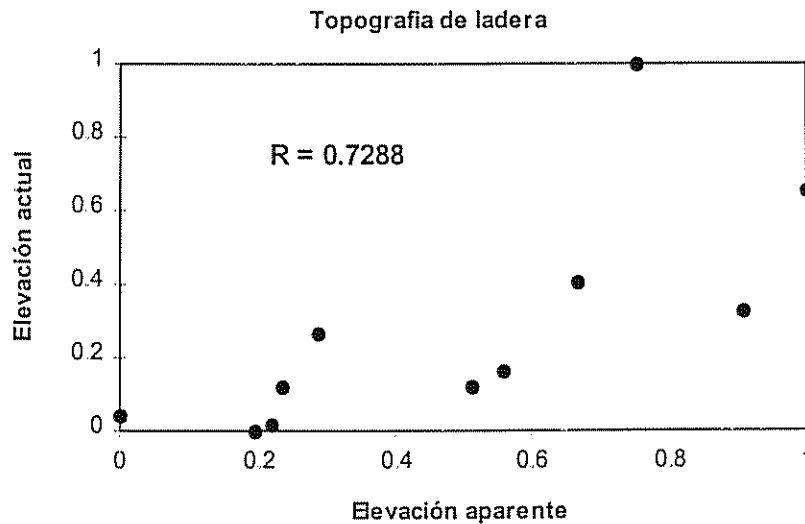


Figura 16. Gradiente de vegetación relacionado a la altitud para unidades de muestreo en laderas.

La ordenación en parcelas de laderas (figura 16) muestra similar comportamiento a las parcelas de fondo. La correlación alcanza a 0.7288.

Tanto para parcelas de fondo y ladera se observa una buena correspondencia entre los cambios de la vegetación asociados a cambios de la altitud, con algunas excepciones que no pesan sobre esta tendencia general.

El análisis para el total de la muestra se relacionó con la elevación y pendiente. Se utilizaron en este caso 8 agrupamientos de parcelas para dar mayor sensibilidad a la correspondencia de los factores ambientales con los cambios de vegetación en los posibles gradientes.

El gradiente relacionado a la elevación (figura 17) resultó en una nube de puntos con una clara tendencia diagonal. La correlación de 0,7631 indica una alta relación entre la elevación real y la aparente, por lo que el gradiente de vegetación esta razonablemente explicado por la variación altitudinal.

En el espacio vegetacional podemos separar cuatro sectores. El primero es el más cercano al origen de las coordenadas que incluye las parcelas de los tb1 y tb2. Los puntos están agrupados entre una elevación actual de aproximadamente 0.0 - 0.2 (1080 - 1170 m) y una elevación aparente de 0.0 y 0.3. Este espacio vegetacional corresponde a la zona fisiográfica de lomeríos y no presenta parcelas que escapen al agrupamiento.

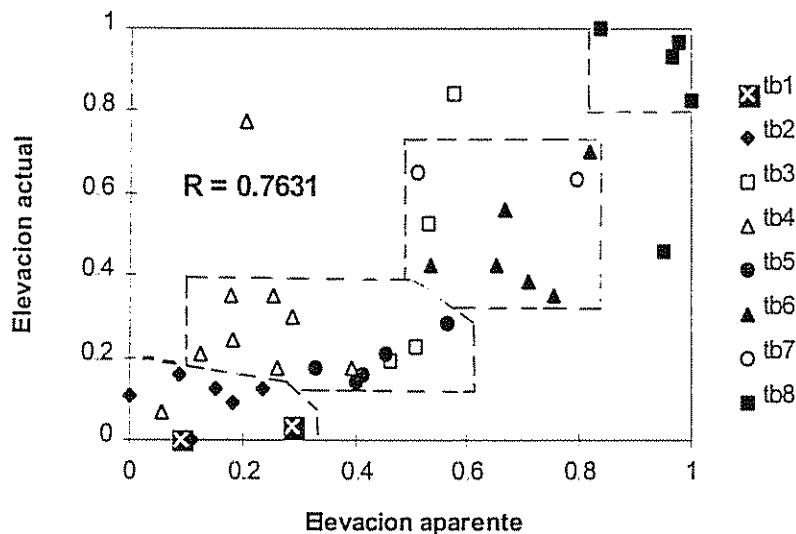


Figura 17. Gradiente de vegetación relacionado a la altitud, para el total de la muestra. Análisis directo de gradientes. Método Fuzzy.

El segundo sector incluye parcelas de los tb3, tb4 y tb5. La mayor parte de las parcelas están concentradas entre una elevación actual de 0.17 - 0.35 (1180 - 1280 m) y una elevación aparente de 0.1 y 0.6. Este espacio vegetacional corresponde a la zona fisiográfica de colinas, próxima a los lomeríos y presenta cuatro parcelas que escapan hacia el tercer sector. Estas parcelas son la 14, 19, 33 y 39 que aunque se localizan en un rango de altitudes del tercer y cuarto sector, presentan una vegetación típica del segundo sector.

El tercer sector incluye parcelas de los tb6 y tb7. Las parcelas están concentradas entre una elevación actual de 0.35 - 0.65 (1280 - 1450 m) y una elevación aparente de 0.5 - 0.9. Este espacio vegetacional corresponde a la zona fisiográfica intermedia próxima a la zona de serranía y no presenta parcelas que escapen al agrupamiento.

El cuarto sector incluye parcelas del tb8. Las parcelas están concentradas entre una elevación actual de 0.84 - 0.97 (1550 - 1630) y una elevación aparente de 0.8 - 1.0. Este espacio vegetacional corresponde a la zona fisiográfica de serranía. Incluye una parcela que escapa del agrupamiento, la número 15 que ocupa una ladera baja en el sector tres.

En el gradiente de vegetación relacionado a la pendiente (figura 18), la nube de puntos es mas dispersa, aunque existe una tendencia diagonal por el alto valor de correlación de 0.5075.

Los valores hacia el extremo superior izquierdo que con mas notoriedad escapan a la tendencia de correlación, corresponden a las parcelas 16 del tb8 con 110% de pendiente y la parcela 35 del tb6 con 95% de pendiente. Ambas están incluidas en grupos de vegetación con promedios de pendiente mucho menores, 50% y 68% respectivamente.

Para un cierto rango de pendiente actual no existe una clara vegetación típica que lo represente. Por ejemplo en el rango de 0.0 (8%) a 0.2 (30%) encontramos parcelas de tb1, tb3, tb5, tb6 y tb8, o para un rango de 0.6 (75%) a 0.8 (95%) encontramos vegetación de los tipos tb2, tb4, tb6, tb7 y tb8.

En este sentido podemos distinguir dos sectores. El primero entre un rango de 0.0 - 0.4 de pendiente aparente que incluye los tb5, tb6, tb7, tb8 que corresponden a la zona de colinas próxima a la zona de serranía y a propia zona de colinas.

Los puntos siguen una tendencia mas vertical que diagonal, esto se puede interpretar en sentido de que la vegetación típica se mantiene aun en cambios abruptos de pendiente. Probablemente las condiciones ambientales son mas homogéneas y los cambios de pendiente no afectan la posibilidad de desarrollo de una vegetación similar.

En el segundo sector entre el rango de 0.4 - 1.0 de pendiente aparente, incluye a los tb1, tb2, tb3, tb4 con parcelas ubicadas en las zonas de colinas próxima a la zona de lomeríos y en esta misma. En este espacio los puntos siguen una clara tendencia diagonal,

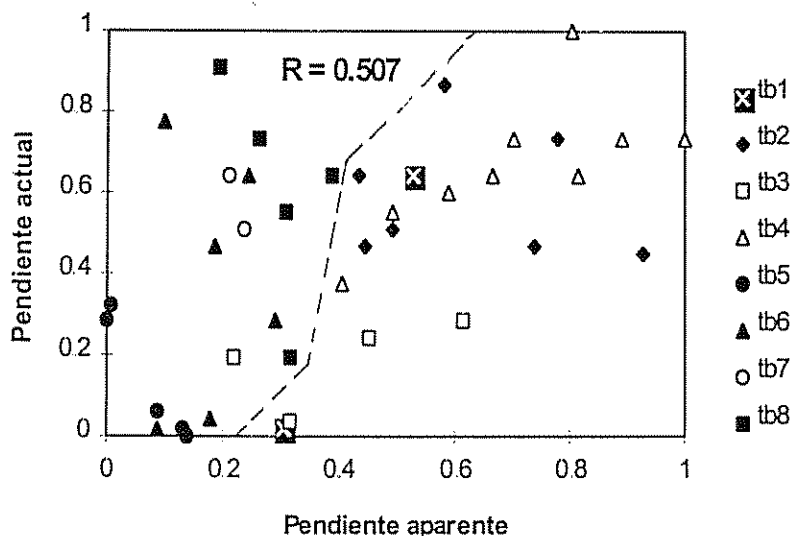


Figura 18. Gradiente de vegetación relacionado a la pendiente, para el total de la muestra. Análisis directo de gradientes. Método Fuzzy.

Ello se puede interpretar en sentido de que la vegetación típica cambia gradualmente conforme existen cambios en la pendiente. La vegetación de esta zona pareciera mas sensible a los cambios de pendiente.

Se ha podido constatar que la identificación de ejes de variación ambiental combinando el método "fuzzy" de ordenación directa y la clasificación numérica en un mismo conjunto de datos dan resultados compatibles y complementarios, tal como lo plantean varios autores (Whitthaker, 1982; Matteucci y Colma, 1982; Bouxin, 1976).

### Síntesis

La vegetación en Aperiati muestra un claro gradiente de variación relacionado con la altitud que constituye el principal y mayor eje de variación ambiental.

En zonas montañosas este gradiente es reportado por varios autores (Busing *et al.*, 1993; Allen y Peet, 1990; Kappelle, 1996; San Martín *et al.*, 1991; Brown y col, 1985 ) en

los cuales se muestra que la altitud tiene un profundo efecto sobre la composición y estructura de la vegetación, particularmente notable sobre el estrato arbóreo.

Un segundo eje de variación analizado es la pendiente que influye con mas o menos intensidad dependiendo de la zona fisiográfica.

Adicionalmente se han detectado tendencias de similitud y variación de la vegetación en relación a la posición topográfica. En este sentido Hueck (1978) menciona que la separación de bosques chaqueños y pedemontanos ocurren por típicas limitaciones de aridez y temperatura asociando influencias de altitud, pendiente y posición topográfica. Algo parecido proponen Brown y col (1985) para bosques más localizados de la región tucumano-boliviana.

#### **5.2.4 Selección de la forma y orientación de la unidad de muestreo**

Habiendo detectado dos ejes de variación, la altitud que cruza en dirección este oeste el territorio de Aperiaate, y gradientes menores o locales como ser la pendiente y posición topográfica, que por lo general cruzan perpendicularmente el eje altitudinal, la orientación de la parcela deja de tener importancia, siendo importante que la unidad de muestreo tenga una forma cuadrada en atención a ambas direcciones de los gradientes.

### **5.3 Descripción y tipificación de la vegetación arbórea ( $dap \geq 10$ cm)**

#### **5.3.1 Caracterización general de la vegetación**

La información procesada proviene de la muestra total de 10 ha, descrita en la *sección* 4.4, distribuida en distintos estratos forestales que suman alrededor de 2651 ha.

#### Especies

Se registraron un total de 118 especies arbóreas con  $dap > 10$  cm, con un promedio de 530 individuos y 46 especies por hectárea (mezcla de 1/11). Más del 25% de las especies (30 de 118) presentaron un solo individuo en toda la muestra (0.1 individuos por ha). Más del 50% por ciento de las especies se presentaron en menos de 6 parcelas, mientras que solo 3 especies (2.5%) están presente en mas de 30 parcelas (figura 18).

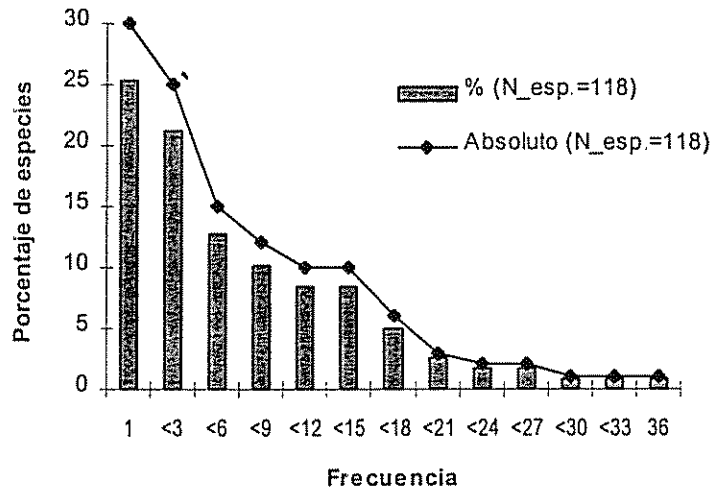


Figura 19. Abundancia porcentual y absoluta de especies en rangos de frecuencia en las comunidades forestales de Aperiati.

Los árboles y las especies están concentrados en las categorías diamétricas inferiores (figura 20). Menos de un cuarto de las especies registradas sobrepasan los 50 cm dap, mientras que mas del 90% de las especies están presentes en la categoría de 10 cm dap. La composición heterogénea tiende a simplificarse a medida que la población alcanza diámetros mayores. La abundancia de los individuos por clases de dap es del tipo "J" invertida.

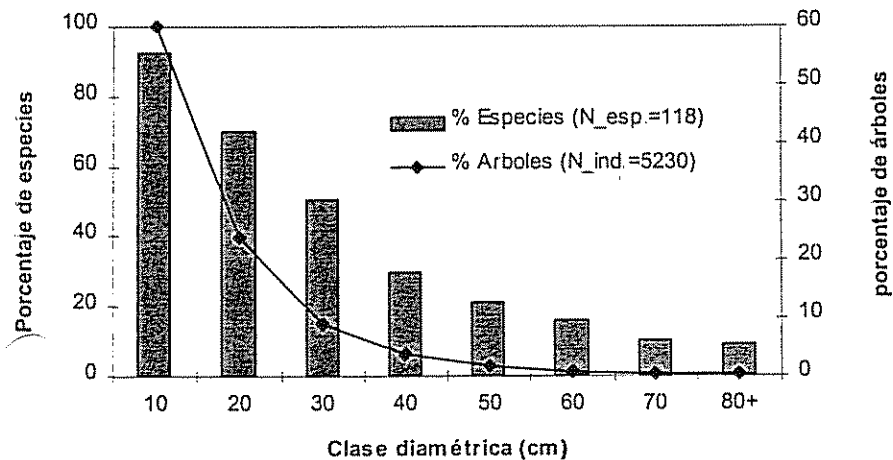


Figura 20. Abundancia de individuos y especies por clase de tamaño diamétrico en las comunidades forestales de Aperiati



El número de árboles promedio por hectárea, por tamaño de dap es de 530 árboles  $\geq 10$  cm, 212 árboles  $\geq 20$  cm y 18 arboles  $\geq 50$  cm (anexo 5).

Solo las cuatro especies más abundantes (3.39% del total de las especies) suman el 25 % del número total de individuos (figura 21a). *Anadenanthera macrocarpa*, *Parapiptadenia excelsa*, *Pisonia ambigua* y *Myrcianthes pungens*. Tan solo las dos primeras cubren la sexta parte (16.7%) de la población total, el 18.3% del área basal y la quinta parte (20%) del volumen total (cuadro 5), mientras que *Pisonia ambigua* individualmente representa prácticamente una décima parte del área basal (10.2%) y volumen total (9.0%).

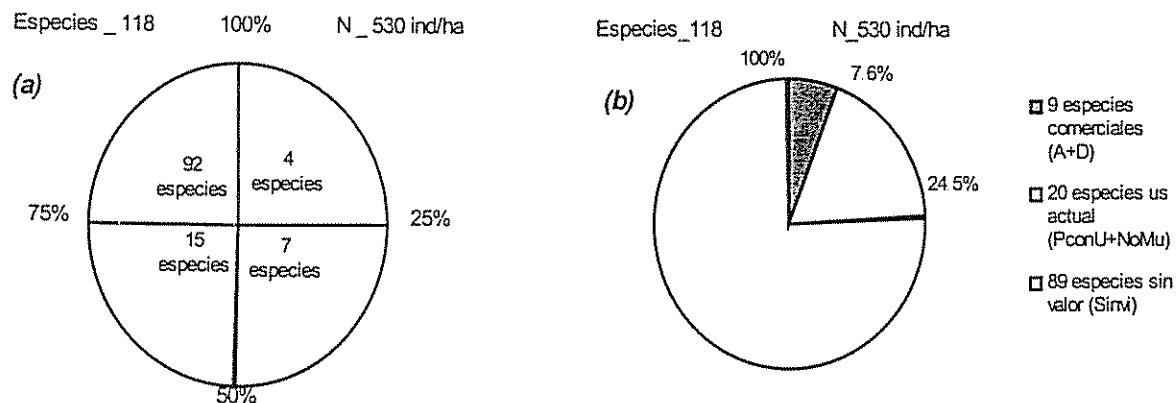


Figura 21. Distribución porcentual de la abundancia: (a) en relación al número total de especies; (b) de las especies de interés actual para manejo.

Los grupos de especies de interés para el manejo se definieron como:

- 1) Deseables (D), especies cuyo producto principal actual es la madera, comercialmente valiosas en el mercado local y nacional. Incluyen 4 especies (figura 21b).
- 2) Aceptables (A), especies cuyo producto principal actual es la madera, de valor comercial ordinario en el mercado local y eventualmente comercializadas en el mercado nacional. Incluye 5 especies.
- 3) Potenciales con uso local (PconU), especies cuyo producto principal actual es la madera en rollizo, valor de transacción doméstico, esporádicamente comercializadas en tablas. Incluye 16 especies.

- 4) No maderables con uso local (NoMU), árboles cuyo producto principal es no maderable sin valor comercial, pero muy apreciado por los pobladores locales. Incluyen 4 especies.
- 5) Sin valor y o información (Sinvi), especies con muy poco o ningún uso local, sin valor comercial conocido. Incluye 89 especies.

### Familias

Las familias Leg-Mimosoideae y Nyctaginaceae son las de mayor importancia ecológica, constituyen el 25% del IVI de las 48 familias registradas (cuadro 6). La Leg-Mimosoideae y Mirtaceae, son las más abundantes, contribuyen con el primer cuarto de individuos de la población total.

Solo Leg-Mimosoideae logra cubrir casi la quinta parte (19.9%) de la población de árboles, el 22.5% del área basal y cerca de un cuarto (24,2%) del volumen total. Dentro de Leg-Mimosoidea (9 especies) la abundancia se concentra en unas pocas especies con alta población como *Anadenanthera macrocarpa* y *Parapiptadenia excelsa* (Leg-Mimosoideae) que contribuyen con 8.9% y 7.8% respectivamente, a la población total.

Dentro de Nyctaginaceae (3 especies), la abundancia se concentra en *Pisonia ambigua* que contribuye con 6.8% a la población total. En Myrtaceae (7 especies), *Myrcianthes pungens* es muy superior en abundancia al resto de las especies y la cuarta especie más abundante (5.9%) de la población total.

Leg-Mimosoideae y Anacardiaceae registran el mayor número de especies con 9, siguiendo Myrtaceae con 7, Lauraceae con 5 y Leg-Fabaceae con 4.

Cuadro 5. Parámetros dasométricos promedios de las especies en los bosques de Aperiati

Especie	Grupo de interes	IVI <sub>cobertura</sub>		Abundancia		Dominancia		Volumen <sub>fuste</sub>		Frecuencia			
		Abs.	1/4	N/ha	%	1/4	G/ha	%	1/4	V/ha	%	1/4	f %
Anadenanthera macrocarpa	A	9.6	1	47.2	8.9	1	1.75	7.3	1	6.51	8.3	1	73
Parapiptadenia excelsa	PconU	8.6	1	41.3	7.8	1	2.64	11.0	1	9.11	11.7	1	90
Pisonia ambigua	Sinvi	7.7	1	35.8	6.8	1	2.46	10.2	1	7.05	9.0	1	80
Schinopsis haenkeana	PconU	4.8	2	18.5	3.5	2	1.14	4.7	1	3.83	4.9	2	48
Myrcianthes pungens	NoMU	3.8	2	31.3	5.9	1	0.75	3.1	2	1.50	1.9	3	68
Capparis flexuosa	Sinvi	3.6	2	24.1	4.6	2	0.79	3.3	2	1.97	2.5	3	50
Nectandra ap-sp01	PconU	3.1	2	15.3	2.9	2	0.64	2.6	3	2.39	3.1	2	38
Chrysophyllum gonocarpum	Sinvi	3.0	2	16.1	3.0	2	0.72	3.0	2	2.32	3.0	3	40
Juglans australis	D	2.9	2	7.3	1.4	3	1.09	4.5	2	4.91	6.3	2	33
Myroxylon peruiferum	A	2.8	2	12.3	2.3	3	0.92	3.8	2	3.45	4.4	2	55
Machaerium ap-sp01	D	2.7	2	15.7	3.0	2	0.59	2.4	3	1.79	2.3	3	63
Ruprechtia ap-sp02	Sinvi	2.2	3	16.1	3.0	2	0.28	1.2	3	0.53	0.7	4	58
Diatenopteryx sorbifolia	Sinvi	2.1	3	11.8	2.2	3	0.62	2.6	3	1.15	1.5	4	33
Coccoloba tiliacea	Sinvi	1.9	3	6.8	1.3	3	0.34	1.4	3	1.09	1.4	4	23
Crinodendron lucumanum	Sinvi	1.8	3	6.3	1.2	3	0.71	2.9	3	2.22	2.9	3	25
Croton urucurana	Sinvi	1.7	3	13.1	2.5	2	0.32	1.3	3	1.19	1.5	3	38
Caesalpinia paraguariensis	PconU	1.7	3	6.8	1.3	3	0.23	1.0	4	0.42	0.5	4	33
Tipuana tipu	A	1.7	3	2.9	0.5	4	0.86	3.6	2	4.53	5.8	2	30
Tabebuia ap-sp02	PconU	1.6	3	9.1	1.7	3	0.45	1.9	3	2.29	2.9	3	43
Enterolobium contortisiliquum	A	1.5	3	3.1	0.6	4	0.55	2.3	3	2.09	2.7	3	30
Cupania vernalis	Sinvi	1.4	3	11.8	2.2	3	0.26	1.1	4	0.69	0.9	4	33
Chorisia insignis	Sinvi	1.3	3	4.6	0.9	4	0.43	1.8	3	1.50	1.9	3	35
Achatocarpus praecox	Sinvi	1.3	3	9.5	1.8	3	0.15	0.6	4	0.22	0.3	4	38
Pseudobombax argentinum	Sinvi	1.3	3	5.2	1.0	4	0.28	1.1	4	0.85	1.1	4	30
Terminalia triflora	PconU	1.2	3	5.7	1.1	3	0.31	1.3	3	1.15	1.5	3	48
Patagonula americana	PconU	1.2	4	5.9	1.1	3	0.31	1.3	3	0.76	1.0	4	38
Zanthoxylum pterota	Sinvi	1.1	4	7.5	1.4	3	0.22	0.9	4	0.42	0.5	4	45
Astronium urundeuva	A	1.1	4	3.9	0.7	4	0.14	0.6	4	0.41	0.5	4	13
Allophylus edulis	Sinvi	1.1	4	9.9	1.9	3	0.14	0.6	4	0.29	0.4	4	40
Blepharocalyx gigantea	PconU	1.0	4	3.9	0.7	4	0.38	1.6	3	1.72	2.2	3	25
Hippomane ap-sp01	Sinvi	1.0	4	6.6	1.2	3	0.10	0.4	4	0.18	0.2	4	40
Acacia visco	PconU	0.9	4	3.6	0.7	4	0.23	1.0	4	0.73	0.9	4	18
Acacia ap-sp03	Sinvi	0.9	4	4.8	0.9	4	0.13	0.5	4	0.18	0.2	4	8
Siphoneugena ap-sp01	Sinvi	0.8	4	8.0	1.5	3	0.20	0.8	4	0.59	0.8	4	13

Cuadro 5. Parámetros dasométricos promedios de las especies en los bosques de Aperiati

Especie	Grupo de interes	IVIcobertura		Abundancia		Dominancia		Volumen <sub>truste</sub>		Frecuencia			
		Abs.	1/4	N/ha	%	1/4	G/ha	%	1/4	V/ha	%	1/4	f %
Anadenanthera macrocarpa	A	9.6	1	47.2	8.9	1	1.75	7.3	1	6.51	8.3	1	73
Parapiptadenia excelsa	PconU	8.6	1	41.3	7.8	1	2.64	11.0	1	9.11	11.7	1	90
Pisonia ambigua	Sinvi	7.7	1	35.8	6.8	1	2.46	10.2	1	7.05	9.0	1	80
Schinopsis haenkeana	PconU	4.8	2	18.5	3.5	2	1.14	4.7	1	3.83	4.9	2	48
Myrcianthes pungens	NoMU	3.8	2	31.3	5.9	1	0.75	3.1	2	1.50	1.9	3	68
Capparis flexuosa	Sinvi	3.6	2	24.1	4.6	2	0.79	3.3	2	1.97	2.5	3	50
Nectandra ap-sp01	PconU	3.1	2	15.3	2.9	2	0.64	2.6	3	2.39	3.1	2	38
Chrysohyllum gonocarpum	Sinvi	3.0	2	16.1	3.0	2	0.72	3.0	2	2.32	3.0	3	40
Juglans australis	D	2.9	2	7.3	1.4	3	1.09	4.5	2	4.91	6.3	2	33
Myroxylon peruiferum	A	2.8	2	12.3	2.3	3	0.92	3.8	2	3.45	4.4	2	55
Machaerium ap-sp01	D	2.7	2	15.7	3.0	2	0.59	2.4	3	1.79	2.3	3	63
Ruprechtia ap-sp02	Sinvi	2.2	3	16.1	3.0	2	0.28	1.2	3	0.53	0.7	4	58
Diatenopteryx sorbifolia	Sinvi	2.1	3	11.8	2.2	3	0.62	2.6	3	1.15	1.5	4	33
Coccoloba tiliacea	Sinvi	1.9	3	6.8	1.3	3	0.34	1.4	3	1.09	1.4	4	23
Crinodendron tucumanum	Sinvi	1.8	3	6.3	1.2	3	0.71	2.9	3	2.22	2.9	3	25
Croton urucurana	Sinvi	1.7	3	13.1	2.5	2	0.32	1.3	3	1.19	1.5	3	38
Caesalpinia paraguayensis	PconU	1.7	3	6.8	1.3	3	0.23	1.0	4	0.42	0.5	4	33
Tipuana tipu	A	1.7	3	2.9	0.5	4	0.86	3.6	2	4.53	5.8	2	30
Tabebuia ap-sp02	PconU	1.6	3	9.1	1.7	3	0.45	1.9	3	2.29	2.9	3	43
Enterolobium contortisiliquum	A	1.5	3	3.1	0.6	4	0.55	2.3	3	2.09	2.7	3	30
Cupania vernalis	Sinvi	1.4	3	11.8	2.2	3	0.26	1.1	4	0.69	0.9	4	33
Chorisia insignis	Sinvi	1.3	3	4.6	0.9	4	0.43	1.8	3	1.50	1.9	3	35
Achatocarpus praecox	Sinvi	1.3	3	9.5	1.8	3	0.15	0.6	4	0.22	0.3	4	38
Pseudobombax argentinum	Sinvi	1.3	3	5.2	1.0	4	0.28	1.1	4	0.85	1.1	4	30
Terminalia triflora	PconU	1.2	3	5.7	1.1	3	0.31	1.3	3	1.15	1.5	3	48
Patagonula americana	PconU	1.2	4	5.9	1.1	3	0.31	1.3	3	0.76	1.0	4	38
Zanthoxylum pterota	Sinvi	1.1	4	7.5	1.4	3	0.22	0.9	4	0.42	0.5	4	45
Astronium urundeua	A	1.1	4	3.9	0.7	4	0.14	0.6	4	0.41	0.5	4	13
Allophylus edulis	Sinvi	1.1	4	9.9	1.9	3	0.14	0.6	4	0.29	0.4	4	40
Blepharocalyx gigantea	PconU	1.0	4	3.9	0.7	4	0.38	1.6	3	1.72	2.2	3	25
Hippomane ap-sp01	Sinvi	1.0	4	6.6	1.2	3	0.10	0.4	4	0.18	0.2	4	40
Acacia visco	PconU	0.9	4	3.6	0.7	4	0.23	1.0	4	0.73	0.9	4	18
Acacia ap-sp03	Sinvi	0.9	4	4.8	0.9	4	0.13	0.5	4	0.18	0.2	4	8
Siphoneugena ap-sp01	Sinvi	0.8	4	8.0	1.5	3	0.20	0.8	4	0.59	0.8	4	13

Especie	Grupo de interes	IVIcobertura		Abundancia		Dominancia		Volumen <sub>fuiste</sub>		Frecuencia			
		Abs.	1/4	N/ha	%	1/4	G/ha	%	1/4	V/ha	%	1/4	f %
Piper ap-sp02	Sinvi	0.8	4	5.7	1.1	4	0.08	0.3	4	0.14	0.2	4	23
Trichocereus ap-sp01	NoMU	0.8	4	5.1	1.0	4	0.11	0.5	4	0.15	0.2	4	43
Phyllostylon rhamnoides	PconU	0.7	4	3.6	0.7	4	0.16	0.7	4	0.48	0.6	4	20
Pentapanax angelicifolius	Sinvi	0.6	4	3.0	0.6	4	0.15	0.6	4	0.41	0.5	4	33
Myrciaria ap-sp02	Sinvi	0.5	4	4.8	0.9	4	0.09	0.4	4	0.30	0.4	4	25
Lueheopsis ap-sp01	Sinvi	0.5	4	4.7	0.9	4	0.10	0.4	4	0.26	0.3	4	13
Althana weinmannifolia	Sinvi	0.5	4	3.7	0.7	4	0.10	0.4	4	0.12	0.2	4	20
Ximenea americana	Sinvi	0.5	4	3.2	0.6	4	0.08	0.3	4	0.13	0.2	4	18
Pogonopus tubulosus	Sinvi	0.5	4	3.1	0.6	4	0.06	0.3	4	0.15	0.2	4	18
Tabebuia ap-sp03	PconU	0.3	4	2.4	0.5	4	0.06	0.3	4	0.24	0.3	4	10
Tabebuia ap-sp01	PconU	0.2	4	1.0	0.2	4	0.08	0.3	4	0.49	0.6	4	13
Tabebuia ap-sp05	NoMU	0.2	4	1.2	0.2	4	0.07	0.3	4	0.30	0.4	4	13
Astronium ap-sp02	PconU	0.2	4	0.9	0.2	4	0.03	0.1	4	0.11	0.1	4	8
Pterogyne nitens	PconU	0.1	4	0.5	0.1	4	0.01	0.0	4	0.02	0.0	4	3
Prosopis ap-sp01	PconU	0.1	4	0.1	0.0	4	0.02	0.1	4	0.04	0.1	4	3
Cedrela ap-sp01	D	0.1	4	0.5	0.1	4	0.05	0.2	4	0.20	0.3	4	5
Salix humboldtiana	PconU	0.1	4	0.1	0.0	4	0.04	0.2	4	0.08	0.1	4	3
Pouteria ap-sp01	NoMU	0.0	4	0.1	0.0	4	0.01	0.0	4	0.05	0.1	4	3
Amburana cearensis	D	0.0	4	0.1	0.0	4	0.00	0.0	4	0.00	0.0	4	3
y otras 67 especies	Sinvi	8.7		53.9	10.2		1.59	6.6		4.30	5.5		
<b>TOTAL</b>		<b>100.0</b>		<b>529.5</b>	<b>100.0</b>		<b>24.04</b>	<b>100.0</b>		<b>77.98</b>	<b>100.0</b>		

Cuadro 6 Parámetros dasométricos promedios de las familias en los bosques de Aperiati

Familia	Núm.de especies		IVI <sub>cobertura</sub>		Abundancia		Dominancia		Volumen <sub>fuste</sub>		Frecuencia			
			Abs.	1/4	N/ha	%	1/4	G/ha	%	1/4	V/ha	%	1/4	f %
Mimosoideae	9		21.2	1	105.6	19.9	1	5.41	22.5	1	18.85	24.2	1	98
Nyctaginaceae	3		8.6	1	36.5	6.9	2	2.48	10.3	2	7.08	9.1	2	83
Mirtaceae	7		8.0	2	51.8	9.8	1	1.51	6.3	2	4.27	5.5	3	73
Fabaceae	4		7.9	2	31.0	5.9	2	2.37	9.9	2	9.77	12.5	1	90
Anacardiaceae	9		6.1	2	29.5	5.6	2	1.61	6.7	2	5.18	6.6	2	55
Sapindaceae	4		5.9	3	37.2	7.0	2	1.13	4.7	3	2.24	2.9	4	83
Capparidaceae	2		4.1	3	24.5	4.6	3	0.85	3.5	3	2.24	2.9	4	53
Poligonaceae	3		3.5	3	23.4	4.4	3	0.63	2.6	4	1.63	2.1	4	73
Lauraceae	5		3.3	3	18.1	3.4	3	0.76	3.2	3	2.81	3.6	3	43
Euphorbiaceae	4		3.1	3	20.9	3.9	3	0.53	2.2	4	1.71	2.2	4	78
Sapotaceae	2		3.0	3	16.2	3.1	3	0.73	3.0	3	2.37	3.0	3	40
Juglandaceae	1		3.0	3	7.3	1.4	4	1.09	4.5	3	4.91	6.3	3	33
Bignoniaceae	4		2.7	4	13.7	2.6	3	0.67	2.8	4	3.32	4.3	3	50
Bombacaeae	2		2.4	4	9.8	1.9	4	0.71	3.0	3	2.35	3.0	4	48
Elaeocarpaceae	1		2.1	4	6.3	1.2	4	0.71	2.9	4	2.22	2.9	4	25
Rutaceae	4		1.9	4	12.1	2.3	4	0.35	1.5	4	0.74	1.0	4	68
Caesalpinioideae	4		1.5	4	9.4	1.8	4	0.29	1.2	4	0.52	0.7	4	53
Achatocarpaceae	1		1.2	4	9.5	1.8	4	0.15	0.6	4	0.22	0.3	4	38
Borraginaceae	1		1.2	4	5.9	1.1	4	0.31	1.3	4	0.76	1.0	4	38
Combretaceae	1		1.2	4	5.7	1.1	4	0.31	1.3	4	1.15	1.5	4	48
Tiliaceae	2		0.9	4	6.7	1.3	4	0.15	0.6	4	0.35	0.5	4	18
Ulmaceae	2		0.8	4	4.6	0.9	4	0.18	0.7	4	0.51	0.6	4	35
Piperaceae	3		0.7	4	5.9	1.1	4	0.09	0.4	4	0.14	0.2	4	23
Cactaceae	1		0.7	4	5.1	1.0	4	0.11	0.5	4	0.15	0.2	4	43
Araliaceae	2		0.7	4	3.7	0.7	4	0.16	0.7	4	0.43	0.6	4	38
Meliaceae	2		0.5	4	3.4	0.6	4	0.10	0.4	4	0.26	0.3	4	28
y otras 22 familias	35		3.8		25.7	4.9		0.66	2.8		1.78	2.3		
TOTAL	118		100		529.5	100		24.04	100		77.983	100		

### 5.3.2 Clasificación de tipos de bosques

Se definieron unidades de vegetación homogéneas o tipos de bosque con base en los resultados de: (a) la clasificación de grupos por similitud de vegetación (figura 12), y su correspondencia con la variación ambiental a nivel fisiográfico (sección 4.1.5), (b) la categorización discriminante de las especies basado en la prueba Jancey (cuadro 7) y la correspondencia entre especies y su dominancia ordenadas sintéticamente en gradientes florísticos en una tabla fitosociológica (cuadro 9).

Ya que el interés ahora es la descripción florística de los agrupamientos la clasificación con un nivel mínimo de semejanza de 0.41 se define en relación a que valores similitud menores la agrupación es mas simple pero la heterogeneidad aumenta por la disminución de especies comunes (4 grupos con fusiones a 0,35) o se ingresa a una disimilitud expresa (2 grupos con fusión negativa -0.36). Similitudes más altas resultan en unidades excesivamente pequeñas.

Se discriminaron 88 especies con frecuencia  $\geq 2$  (cuadro 7).

Cuadro 7. Posición discriminante de las principales especies en el total de la muestra de Aperiati (valor F de Jancey)

Posición	Especie	Valor de F
1	<i>Acacia sp03</i>	$0.897 \times 10^9$
2	<i>Roupala montana</i>	$2.741 \times 10^4$
3	<i>Schinopsis hankeana</i>	12.543
4	<i>Tipuana tipu</i>	12.282
5	<i>Nectandra sp01</i>	10.969
8	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	6.286
9	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	6.256
10	<i>Cupania vernalis</i>	5.815
11	<i>Machaerium sp01</i>	5.422
14	<i>Astronium urundeuva</i>	4.647
27	<i>Crinodendron tucumanun</i>	3.476
28	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	3.473
51	<i>Myroxylon peruiferum</i>	1.894
60	<i>Parapiptadenia excelsa</i>	1.423

Especies muy restringidas posesionaron en primeros lugares, *Acacia sp03* reportada en tres parcelas, dos de ellas eliminadas por atípicas y *Roupala montana* recluida a dos parcelas de la serranía media. Especies de amplia distribución se posicionan lejos de importancia discriminante como *Myroxylon peruiferum* y *Parapiptadenia excelsa*.

Cuatro parcelas (11, 14, 33 y 39) y tres especies, no entraron en la clasificación por considerarse que no aportaban a la síntesis fitosociológica (cuadro 9).

Las 5 unidades homogéneas de vegetación o tipos bosques definidos son:

- Bosque de tipa (*Tipuana* y *Cupania* en la Serranía media)
- Bosque de laurel (*Nectandra* y *Chrysophyllum* en la Serranía inferior)
- Bosque de quebrachillo (*Diatenopteryx* y *Crinodendron* en Galería de quebrada)
- Bosque de cebil y guayacán (*Anadenanthera* y *Machaerium* en Colinas)
- Bosque de cebil y soto (*Anadenanthera* y *Schinopsis* en Lomeríos)

Un resumen de la caracterización dasométrica de cada tipo de bosque se muestra en el cuadro 8. Las descripciones detalladas se encuentran en el anexo 6.

Cuadro 8. Parámetros dasométricos promedios por tipo de bosque y grupos de especies

TIPO DE BOSQUE Grupos de interés	TIPA	LAUREL	QUEBRA- CHILLO	CEBIL- GUAYACAN	CEBIL- SOTO
<b>N<sub>arb/ha</sub>:</b>					
Todas las especies <sup>F</sup>	665 <sup>K</sup>	435 <sup>K</sup>	489	544	474
D+A+PconU+NoMU <sup>FF</sup>	206	160 <sup>K</sup>	221	290	358 <sup>K</sup>
D+A <sup>FF</sup>	25 <sup>K</sup>	49 <sup>K</sup>	66	139	155 <sup>K</sup>
<b>G<sub>m2/ha</sub>:</b>					
Todas las especies	30.4	24.9	32.7	21.7	13.4
D+A+PconU+NoMU	15.4	12.7	17.9	13.6	10.4
D+A	3.7	7.4	7.8	6.65	3.9
<b>V<sub>m3/ha</sub>:</b>					
Todas las especies <sup>FF</sup>	105.0	95.8	113.6 <sup>K</sup>	63.6	34.8 <sup>K</sup>
D+A+PconU+NoMU <sup>F</sup>	61.21	58.5	71.80 <sup>K</sup>	45.0	28.6 <sup>K</sup>
D+A <sup>F</sup>	20.25	39.05 <sup>K</sup>	37.20 <sup>K</sup>	23.8	11.0 <sup>K</sup>
<b>N<sub>esp/total</sub>:</b>	55	63	41	66	38
<b>N<sub>esp/ha</sub>:</b>	45	50	41	44	32
<b>h<sub>dosel-max.(m)</sub>:</b>	25	29 <sup>K</sup>	30 <sup>K</sup>	24	17 <sup>K</sup>
<b>d<sub>max.(cm)</sub>:</b>	106	164	92	83	61

ANOVA: F = significativo al 0.05; FF = significativo al 0.01. TUKEY: K = significativo al 5%





## Síntesis

Las descripciones y análisis realizados, ponen en evidencia que los bosques de Aperiarte en conjunto, tienen una baja diversidad (coeficiente de mezcla 1/11) de especies con dap  $\geq 10$  cm dap en comparación por ejemplo, con 1/3 que reporta Nalvarte y col (1993).

Coefficientes más cercanos se reportan para bosques montanos como el rango de 1/11 a 1/36 que indica Orozco (1991).

La abundancia (530 árb/ha) y dominancia (24.04 m<sup>2</sup>/ha ) para dap  $\geq 10$  cm , corresponden en general a valores medios para bosques montanos y de bajura que oscilan entre 400 - 600 ind/ha y entre 20 - 30 m<sup>2</sup>/ha (Freitas, 1986; Lamprecht, 1964; Rollet, 1974; Galvez 1995; Orozco, 1991), sin embargo la abundancia y diversidad por ha en Aperiati es mayor que las reportadas para selvas Argentinas en la región tucumano-boliviana (Brown *et al.*, 1985). En todos los casos, incluyendo Aperiarte, se observaron una alta proporción de especies e individuos en las clases diamétricas inferiores y una gran proporción del IVI poblacional distribuido en pocas especies.

Respecto a los tipos de bosques descritos (anexo 6), las intensidad de la mezcla son distintas y varían entre 1/8 a 1/14. En todos los tipos de bosques se encuentran combinaciones distintas de especies dominando el primer cuarto del IVI de la población total.

*Anadenanthera macrocarpa* aparece en dos tipos de bosques en el primer lugar pero con diferente intensidad. En el bosque de cebil y soto prácticamente cubre sola el primer cuarto mientras que en el bosque de cebil y guayacán apenas pasa del 15%. Por otro lado las especies acompañantes en el primer cuarto son distintas y con elevados valores IVI, mientras que en el segundo cuarto (50%) las especies son completamente diferentes.

*Parapiptadenia excelsa* es otra de las especies que aparece dos veces entre las dominantes del primer cuarto en distintos tipos. En el bosque de tipa está en la primera posición acompañada de *P. ambigua* y en el bosque de cebil y guayacán en segundo lugar acompañando a *Anadenanthera macrocarpa*. En ambos tipos de bosque el segundo cuarto de la población es completamente distinto.

Esto nos permite concluir que los cinco tipos de bosques son bastante heterogéneos en cuanto a composición florística dominante en la primera mitad de su población, además presentan diferencias altamente significativas respecto a abundancia y volumen (cuadro 9) por lo que pueden considerarse representativos de unidades de vegetación diferentes.

#### **5.4 Diseño de la red de parcelas**

##### **5.4.1 Objetivos**

El propósito general es, anticipar y conducir el manejo forestal para los grupos de especies de interés comercial actual, por tanto se define como objetivo principal de la red:

*Determinar las tendencias de estabilidad y cambio para las especies de interés actual a través de la estimación de tasas de crecimiento y rendimiento en condiciones normales y bajo posibles intervenciones silviculturales.*

El objetivo prioriza la necesidad presente de valorar el bosque por medio de las especies de interés actual, estimaciones que pueden ser logradas mediante inferencias a mediano plazo, sin embargo estas especies no crecen solas y no dependen por si mismas, por tanto el control como condición básica del manejo forestal es también esencial para conservar a largo plazo una base productiva amplia del ecosistema, en previsión a cambios de prioridades y necesidades futuras.

##### **5.4.2 Selección de las comunidades de interés**

Interesan los bosques donde se podrán definir unidades de manejo y producción forestal. Cada bosque es considerado como una posible unidad independiente de manejo forestal.

El reglamento de la nueva ley forestal, establece en el artículo 40, inciso a, que son reservas ecológicas: "Las laderas con más de 45% de pendiente. No obstante, en laderas entre 45% y 60% de pendiente con suelos poco deleznableles pueden ser permisibles las actividades forestales bajo sistemas apropiados de aprovechamiento, conforme a las

previsiones específicas del Plan Operativo Anual", y (inciso c) "...10 metros por lado en los cuerpos de agua menores, arroyos y quebradas" (BOLFOR, 1997).

Atendiendo esta norma, con excepción del bosque de tipa donde las pendientes son superiores a 60%, existen posibilidades de manejo en los otros tipos de bosque.

En relación a una mayor o menor accesibilidad (sección 4.1) los bosques pueden ser clasificados en el siguiente orden: bosque de cebil y soto, bosque de cebil y guayacan, bosque de quebrachillo, el bosque de laurel y bosque de tipa.

Respecto a la oferta actual de volumen disponible (cuadro 8) de las especies de interés (D+A), interesan el bosque de laurel, de quebrachillo, de cebil y guayacan, de tipa y bosque de cebil y soto, en ese orden respectivamente.

De acuerdo con estos criterios la vocación del bosque de tipa es de reserva ecológica, mientras que los bosques de laurel, de quebrachillo, de cebil - guayacan, y de cebil - soto, no presentan restricciones para una producción forestal.

#### **5.4.3 Diseño experimental**

La aplicación de Parcelas divididas y/o Bloques aleatorizados dependerá de la variabilidad topográfica, la potencialidad forestal (abundancia y volúmenes de las especies de interés, suelos y accesibilidad) de cada tipo de bosque, y su grado de replicabilidad estará definido por la capacidad de inversión del propietario. Estos tres elementos se relacionaron (cuadro 10) para aproximar un diseño adecuado para cada tipo de bosque.

Consideraciones tomadas en cuenta en las opciones de selección fueron que bloques aleatorizados controlan mejor las variaciones ambientales, este conviene para los bosques con alta variabilidad topográfica, sin embargo este es un arreglo apropiado para más de un tratamiento.

El número de tratamientos está ligado al potencial del bosque, entre mayor volumen y mayor número de especies comerciales (cuadro 8 y figura 23), interesará probar más tratamientos para darle un máximo rendimiento productivo, y al contrario, bosques más simples, con poco potencial serán más simplemente tratados, para lo que conviene un arreglo en parcelas divididas adecuado para examinar un solo tratamiento.

Cuadro 10. Propuesta de selección de diseños experimentales para dispositivos permanentes en base a criterios de potencialidad, topografía y capacidad de inversión por tipo de bosque

Tipo de bosque	Vol. comercial y # especies de interés			Variabilidad topográfica			Capacidad de inversión del propietario		
	B	R	A	B	R	A	II Rep	II Rep.	III Rep
<i>Bosque de laurel.</i>			X		X		PD	BCA	
<i>Bosque de quebrachillo</i>		X				X	BCA		BCA
<i>Bosque de cebil y guayacan</i>		X		X			PD		PD
<i>Bosque de cebil y soto</i>	X					X	PD	BCA	

B=baja o pobre, R=regular o moderada, A=alta o buena; PD=parcelas divididas, BCA=Bloques completamente aleatorizados

#### 5.4.4 Tamaño de la parcela

Los criterios para determinar el tamaño de una parcela permanente no son los mismos que para un inventario forestal (Curtis, 1982).

En esta investigación se determinó que es necesaria un área mínima de aproximadamente 0.25 hectárea para representar fitosociológicamente una comunidad de árboles con  $dap \geq 10$  cm de dap (sección 5.1). Alder y Synnott (1992), recomiendan una superficie mínima de 1 ha de medición para parcelas permanentes en bosques mixtos tropicales.

Independientemente de las consideraciones estadísticas y económicas que relacionan número y tamaño de parcelas, una parcela debe tomar en cuenta aspectos silviculturales

mínimos relacionados a las dimensiones de los árboles y el número de individuos de interés actual.

(a) Alturas máximas de los árboles

En términos generales los bosques a manejar incluyen árboles maduros de grandes dimensiones. Esto no es generalizable para las especies de interés, ya que comparativamente con los otros tipos, el bosque de cebil - soto presenta gran cantidad de individuos con poca área basal y bajo volumen indicando la dominancia de árboles de pequeñas dimensiones (cuadro 8).

Los valores máximos de altura (h), incluyen para cada una de ellas el área de radio h y el área h<sup>2</sup>, considerando estas superficies como posibles áreas mínima de afectación teórica de un solo individuo (cuadro 11), en condiciones normales de aprovechamiento o muerte natural. Estas áreas son considerables (sin tomar en cuenta la pendiente), y varían notablemente entre un tipo de bosque y otro.

Como referencia de uso de criterios como el que estamos tratando, mencionaremos que para bosques templados Vuokila (1965 *cit. por* Curtis, 1982), recomienda que la determinación del tamaño de una parcela permanente se haga con la siguiente relación 0.01 x (altura dominante) para unidades en hectáreas. Si aplicamos este coeficiente a las alturas máximas de Aperiati obtenemos un rango de 0.22 a 0.44 ha.

Cuadro 11. Areas teóricas de posible influencia de árboles de altura máxima por tipo de bosque.

Tipo de bosque	Especie	Grupo	h máxima (m)	Área de radio h (m <sup>2</sup> )	Área h <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
Bosque de laurel.	<i>Tipuana tipu</i>	D	44.1	1527.4	1944.8
Bosque de quebrachillo	<i>Juglans australis</i>	D	32.0	803.8	1024.0
Bosque de cebil y guayacan	<i>Myroxylon peruiferum</i>	A	29.8	692.6	888.0
Bosque de cebil y soto	<i>Anadenant. macrocarpa</i>	A	21.6	366.4	466.6

De la misma manera la altura dominante de los árboles es utilizada como criterio para definir el ancho de las áreas de amortiguamiento en parcelas experimentales (Dawkins, 1958 cit. por Alder y Synnott, 1992; Curtis, 1982). Al respecto Alder y Synnott (1992), enfatizan que las implicaciones de los tratamientos van más lejos que la distancia indicada por la altura total del dosel tratado (entre 50-70 m) y recomiendan un ancho mínimo de 100 m.

Si observamos que Alder y Synnott prácticamente doblan la altura del dosel para definir la distancia del área de amortiguamiento, y esta distancia es similar a la longitud de los lados de las parcelas permanentes, podríamos suponer que siguen este mismo criterio silvicultural (más otros criterios como por ejemplo un número mínimo de individuos dentro de la parcela de las dimensiones consideradas) para recomendar un área mínima de 1 ha de forma cuadrada. Si esta suposición fuese aproximada, podríamos también suponer que una ha es el área cuadrática exacta de afectación de cuatro individuos de 50 m de altura distribuidos a una distancia equivalente a su altura.

El criterio silvicultural podría sintetizarse como "4 veces el área cuadrática de los árboles de altura máxima". Para establecer bajo este criterio, un rango de superficies de parcelas de observación para los bosques de Aperiati, se tomó como valor mínimo 32 m que es el promedio<sup>1</sup> de las alturas máximas (cuadro 8), y como máximo 44.1 m, que corresponde al individuo más alto en el bosque de laurel. Se obtienen entonces áreas mínimas entre 0.38  $\cong$  0.4 ha para el bosque de cebil y soto y de 0.78  $\cong$  0.8 ha para el bosque de laurel.

#### (b) Abundancia de las especies de interés para el manejo

Atendiendo a los objetivos planteados para las parcelas de observación, es necesario tomar en cuenta que las parcelas incluyan un número de individuos mínimo para obtener estimaciones individuales o grupales en el monitoreo permanente.

---

<sup>1</sup> Las mismas especies de altura máxima en un bosque (pe. bosque de cebil y soto) se registraron con mayor altura en otros tipos (p.e. bosques de cebil y guayacán). Por otro lado de los bosques más accesibles se aprovecharon tiempo atrás árboles de mayores dimensiones a los actuales (Com. personal de W. Barrios).

En bosques templados cien individuos definen el tamaño de una parcela permanente (Curtis, 1982). En este sentido en plantaciones se procura inferir un mínimo de 10 individuos al final del período de mediciones para definir el área de la parcela.

En bosques tropicales la diversidad de especies obliga a enfocar la atención en grupos de especies y entre ellos los grupos comerciales. En el proyecto Dantas en Perú se indica una abundancia de 32% para 34 especies de interés actual para manejo de un promedio total de 195 árboles por hectárea  $\geq 20$  cm dap (Nalvarte, 1993). En PMPs en la Tirimbina, Costa Rica, se trabaja con un promedio de 122 individuos  $\geq 10$  cm dap por ha correspondientes a 51 especies de valor comercial actual (Camacho y Finegan, 1996).

En Aperiati, la abundancia de individuos  $\geq 10$  cm dap por ha, de los principales grupos de interés para el manejo (D+A), por tipo de bosque, es muy variable (figura 22)

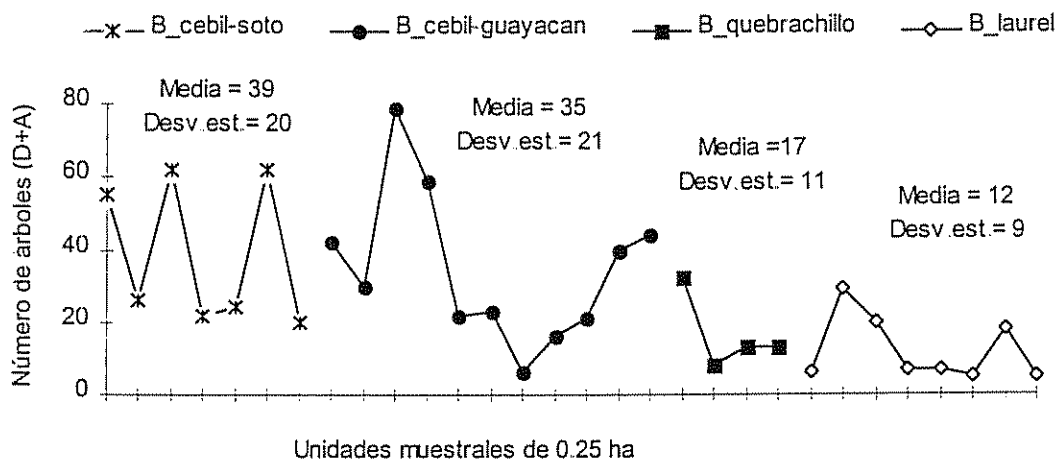


Figura 22. Número árboles del grupo de interés (D+A) por tipo de bosque en unidades muestrales de 0.25 ha.

El más alto valor promedio corresponde a los bosques de cebil y soto disminuyendo gradualmente hasta el menor valor promedio en los bosques de laurel. En este sentido las consideraciones posteriores se referirán a estos bosques extremos.

La variación de la abundancia de individuos (D+A) viene a ser inversamente proporcional a la altura máxima de los árboles. En el bosque de Lomeríos se combina la menor altura



(máxima 21.6 m) con el mayor número de individuos deseables y aceptables (media de 39 árboles /0.25 ha). En el bosque de Serranía\_inferior los árboles son más grandes (44.1 m) con el menor número promedio (12 árboles/0.25 ha) de las especies de interés.

Esto parece estar asociado a diferentes fases sucesionales de los bosques por efecto del aprovechamiento forestal, intenso en el bosque de cebil y soto que ha propiciado una abundante regeneración, y prácticamente nulo en el bosque de laurel.

En el bosque de Lomeríos doblando la superficie a 0.5 ha, obtenemos teóricamente un promedio cercano a 80 individuos, que para un mínimo experimental de dos repeticiones llega a más de 150. En el bosque de Serranía\_inferior, se podrían acumular 36 individuos en 0.75 ha, que con un mínimo de dos repeticiones sumarían 72 árboles.

Si profundizamos el análisis a nivel de especies, observaremos que existen notables diferencias respecto a la abundancia y composición del grupo (D+A) en cada tipo de bosque (figura 23).

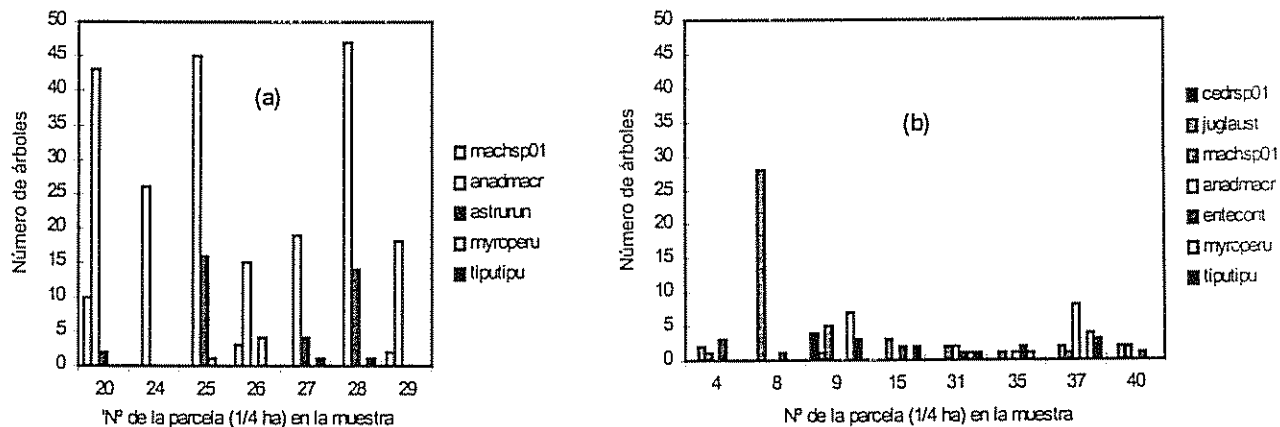


Figura 23. Abundancia de especies deseables y aceptables (D+A) por tipo de bosque en unidades muestrales de 0.25 ha. (a) Bosque de cebil y soto (b) Bosque de laurel.

A partir de esta abundancia promedio real en 0.25 ha, podemos teorizar la abundancia de las especies relacionada a posibles tamaños de PMP para los dos tipos de bosque en discusión (cuadro 12).

Independientemente de la distribución regular o no de los árboles de las especies deseadas dentro de los límites de su comunidad, el cuadro anterior muestra que tamaños mínimos de 0.5 y 0.75 para bosques de cebil y guayacán y de laurel respectivamente, incluirían para varias de las principales especies (*Anadenanthera*, *Astronium*, *Juglans*, *Machaerium*, *Myroxylon*) un número mínimo para el monitoreo y predicción individual. El resto de especies con pocos individuos podrían ser tratados como parte de grupos de especies.

Cuadro 12. Abundancia promedio de especies de interés en los bosques de cebil-soto y de laurel. Proyecciones aritméticas para parcelas de 0.5 y 0.75 ha.

Tipo de bosque	Grupo	Total	Promedio 0.25 ha (1)	PMP 0.5 ha 2 x (1)	PMP 0.75 ha 3 x (1)	Diseño II Repetic.
<b>CEBIL-GUAYACAN</b> (1.75ha)						
<i>Anadenant. macrocarpa</i>	A	213	30.4	60.8		122
<i>Astronium urundeuva.</i>	A	36	5.1	10.2		20
<i>Myroxylon peruiferum.</i>	A	5	0.7	1.4		3
<i>Machaerium sp.</i>	D	15	2.1	4.2		8
<i>Tipuana tipu</i>	D	2	0.3	0.6		1
<b>LAUREL (2 ha)</b>						
<i>Cedrela sp.</i>	D	4	0.5		1.5	3
<i>Juglans australis</i>	D	36	4.5		13.5	27
<i>Machaerium sp.</i>	D	14	1.8		5.4	11
<i>Anadenant. macrocarpa</i>	A	11	1.4		4.2	8
<i>Enterolob. contortisiliquum</i>	A	10	1.2		3.6	7
<i>Myroxylon peruiferum</i>	A	13	1.6		4.8	10
<i>Tipuana tipu</i>	A	9	1.1		3.3	7

Por otro lado las decisiones silviculturales y comerciales estarán, seguramente, basadas en las especies de mayor abundancia: *A. macrocarpa* con 100% de frecuencia en el bosque de cebil-soto y *J. australis* con 75% de frecuencia en el bosque de laurel, no parecen tener fuertes restricciones de distribución.

### Síntesis

Un tamaño mínimo de 0.5 ha parece razonable para el bosque de cebil y guayacan, sin embargo las diferencias de altura y abundancia de especies parecen estar relacionadas con la reciente historia de aprovechamiento forestal y no por las condiciones ecológicas

del sitio. Mientras que para los bosques de laurel, quebrachillo, y cebil -guayacan un tamaño apropiado a las condiciones actuales es de 0.75 ha. Desde un punto de vista práctico y comparativo (sub-parcelamiento de 20x20 m) se pueden considerar superficies de 0.6 y 0.8 ha respectivamente. Si se decidiera utilizar un tamaño de medición efectiva uniforme para todos los tipos de bosques, corresponderá aplicar 0.8 ha.

#### 5.4.5 Selección de parcelas de observación

El análisis de categorización (Rank analysis) para seleccionar, dentro de cada tipo de bosque los lugares con la máxima variabilidad en común, dio los siguientes resultados:

(a) Bosque de laurel: (8 parcelas, 40 especies con frecuencia  $\geq 2$ )

Rango	Parcela	Var. Rel.	Var. acum.
1	40	0.2941	0.2941
2	31	0.1683	0.4624
3	8	0.1303	0.5928
4	15	0.1182	0.7110
5	4	0.1157	0.8267
6	37	0.0617	0.8884

La mejor selección de parcelas con máxima variación incluyen las unidades de muestreo número 40, 31, 8 y 15. Estas explican el 71% de la variabilidad total.

(b) Bosque de quebrachillo: (4 parcelas, 23 especies con frecuencia  $\geq 2$ )

Rango	Parcela	Var. Rel.	Var. acum.
1	10	0.4304	0.4304
2	6	0.2863	0.7167
3	7	0.1804	0.8971
4	36	0.1029	1.0000

La mejor selección de parcelas con máxima variación incluyen las unidades de muestreo número 10, y 6. Estas explican el 72% de la variabilidad total. Las dos parcelas restantes

(c) Bosque de cebil y guayacan: (11 parcelas, 43 especies con frecuencia  $\geq 2$ )

Rango	Parcela	Var. Rel.	Var. acum.
1	19	0.3860	0.3860
2	21	0.1414	0.5275
3	30	0.1187	0.6461
4	32	0.1040	0.7501
5	23	0.0571	0.8072
6	17	0.0426	0.8499

La mejor selección de parcelas con máxima variación incluyen las unidades de muestreo número 19, y 21, 30 y 32. Estas explican el 76% de la variabilidad total .

(d) Bosque de cebil y soto: (7 parcelas, 26 especies con frecuencia  $\geq 2$ )

Rango	Parcela	Var. Rel.	Var. acum.
1	20	0.4461	0.4461
2	28	0.1854	0.6315
3	27	0.1020	0.7335
4	26	0.0942	0.8277
5	25	0.0737	0.9014

La mejor selección de parcelas con máxima variación incluyen las unidades de muestreo número 20, 28 y 27. Estas explican el 72% de la variabilidad total .

Para determinar un umbral de variabilidad común para todos los tipos de bosques, se acumularon los porcentajes de variación de las cuatro primeras posiciones en cada tipo de bosque (figura 24).

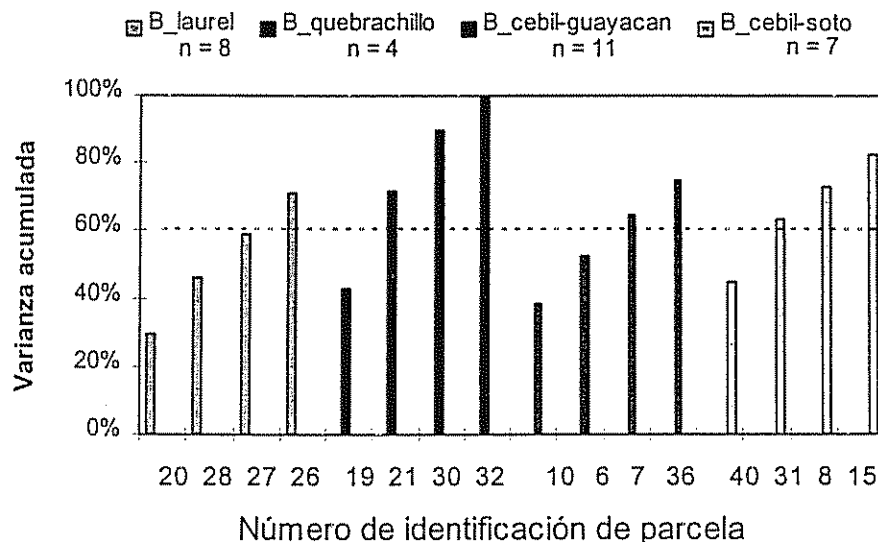


Figura 24. Varianza acumulada de las cuatro primeras posiciones de categorización en la muestra (n) de cada tipo de bosque.

La línea segmentada marca el umbral de acumulación de 60% propuesto por Feoli y Feoli (1979), como suficiente para representar una comunidad. Usando este criterio, podemos ver que en los bosques de quebrachillo y de cebil-soto el umbral es superado con la variabilidad acumulada en dos parcelas, en los bosques de CEBIL-GUAYACAN con tres parcelas, y prácticamente con este número, que acumulan el 59 % de variación, el bosque de laurel.

De esta manera los sitios prioritarios en el orden indicado son:

1. Bosque de tipa, sitios de ubicación de las parcelas 40 - 31 - 8 - (4)
2. Bosque de quebrachillo, sitios de ubicación de las parcelas: 10 - 6
3. Bosque de cebil y guayacan, sitios de ubicación de las parcelas: 19 - 21 - 30
4. Bosque de cebil y soto, sitios de ubicación de las parcelas: 20 - 28 - (27)

Las parcelas así definidas son representativas de las variaciones de sitio que ocurren en cada comunidad (ver factores ambientales en la tabla fitosociológica, cuadro 8), y de la extensión geográfica de cada tipo de bosque (figura 25).

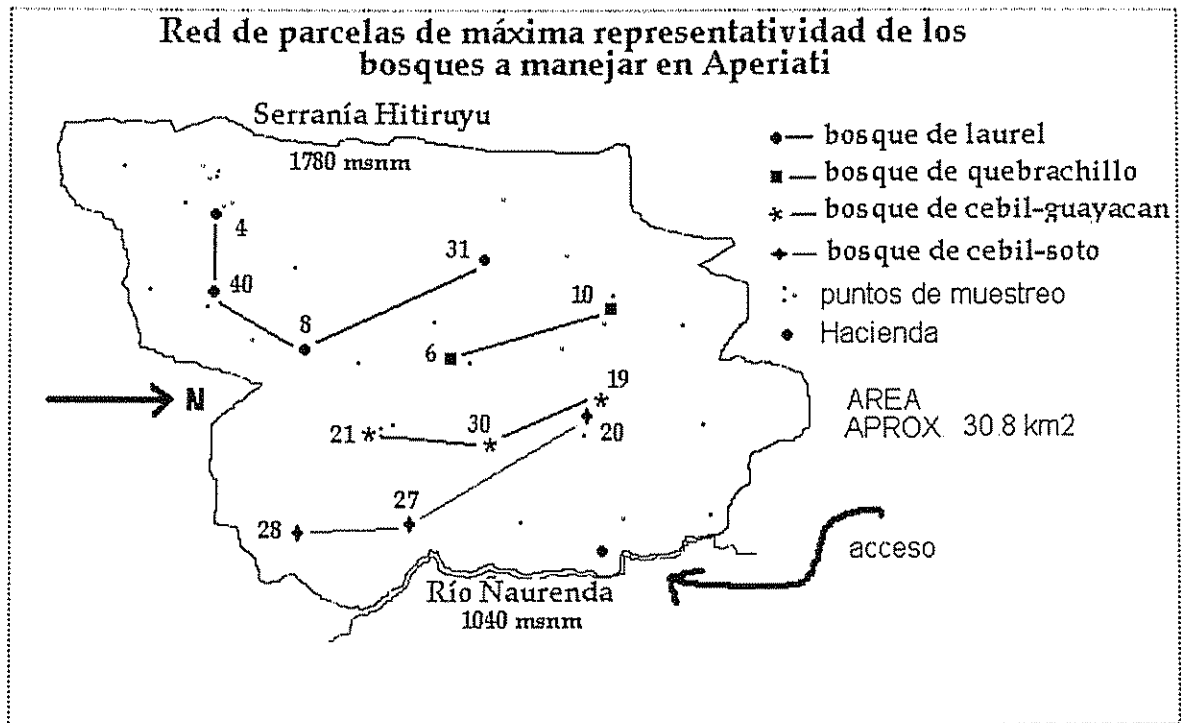


Figura 25. Red de parcelas de máxima representatividad en los bosques a manejar en Aperiati.

## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones generales del presente trabajo son:

Se ha demostrado que un inventario forestal orientado a brindar información para planificar un proceso productivo sostenible (manejo), permite optimizar la selección de la cantidad y localización de sitios de máxima representatividad de los bosques a manejar, en contribución directa al diseño de una red mínima de parcelas permanentes y a la planificación general del manejo forestal.

La red de parcelas de observación lograda, representa un consenso entre criterios de máxima representatividad de los bosques a manejar y el gasto que esté dispuesto a hacer el propietario en la implementación de parcelas permanentes.

Las conclusiones específicas son :

Un tamaño mínimo de 2400 m<sup>2</sup> en parcelas de inventario permite obtener una imagen local del bosque aceptable en términos fitosociológicos.

Habiendo detectado direcciones de gradientes que se cruzan perpendicularmente, parcelas cuadradas atenderán ambos ejes de variación, disminuyendo el riesgo de cubrir dos comunidades distintas.

Se han identificado y caracterizado 5 tipos de bosques:

- (1) bosque de tipa (*Tipuana* y *Cupania* en serranía media),
- (2) bosque de laurel (*Nectandra* y *Chrysophyllum* en serranía inferior),
- (3) bosque de quebrachillo (*Diatenopteryx* y *Crinodendron* en galería de quebrada),
- (4) bosque de cebil y guayacan (*Anadenanthera* y *Machaerium* en colinas), y
- (5) bosque de cebil y soto (*Anadenanthera* y *Schinopsis* en lomeríos).

La distribución de los cinco tipos de bosques diferenciados con base en la similaridad de la vegetación, muestra una relación consistente con los paisajes fisiográficos

Se han identificado doce sitios de máxima diversidad florística y estructural como base para el diseño de la red de parcelas permanentes en 4 tipos de bosques de interés para manejo. La red de doce parcelas debe considerarse como una red de localidades donde se establecerán las parcelas permanentes, y no como la propia red de parcelas permanentes.

La metodología de diseño de la red, además de permitir objetividad en la selección de las parcelas, requiere ser explícito respecto a los propósitos experimentales de la planificación de dispositivos permanentes.

## **7. RECOMENDACIONES**

Para mejorar la confiabilidad en la estimación del volumen, es deseable determinar la relación "error de muestreo de todo el bosque versus error de muestreo de las especies de interés", como base para el diseño de un inventario donde alternarían parcelas de área mínima donde se midan todos los árboles y las mismas con solamente los individuos de las especies de interés.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Alder D., y Synnott T., 1992. Permanent Sample Plot Techniques For Mixed Tropical Forest. TFP N° 25. Oxford Forestry Institute. 124 p.
- Allen, R., y Peet, R., 1989. Gradient analysis of forest on the Sangre de Cristo Range, Colorado. *Canadian Journal of Botany*. Vol. 68: 93-201.
- Ashton, P.S., 1980. El bosque natural: biología, regeneración y crecimiento de los árboles. Capítulo 8 de: Ecosistemas de los bosques tropicales. Informe sobre el estado de conocimientos preparado por UNESCO/PNUMA/FAO. p. 205-244
- Beard, J.S., 1955. The classification of tropical american vegetation-types. *Ecology*, Vol 36. N°1. 89 -100
- Begon, M., Harper, J.L., y Townsend C.R. 1996. *Ecology*. Blackwell Science. 1068 p.
- Bockor, I., 1978. Aplicación de un método de clasificación numérica para diferenciar tipos de bosque. *Rev. For. Venez.* 18 (28): 23-36.
- BOLFOR, 1997. Nueva Ley forestal (N° 1700, del 12 de julio de 1996). Reglamento de la Nueva Ley Forestal (D.S. N°24453, del 21 de diciembre de 1996). Ley del Servicio Nacional de Reforma Agraria - INRA (N° 1715, del 18 de octubre de 1996). Santa Cruz. Bolivia. 199 p.
- Bouxin, G., 1976. Ordination and classification in the upland forest (Rwanda, Central Africa). *Vegetatio*. Vol. 32: 97-115.
- Braun Blanquet J., 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Trad. al español por Lalucat, J. Ed. Blume de Madrid. 820 p.
- Brown, A., Chalukian, S., y Malmierca L., 1985. Estudio florístico estructural de un sector de selva semidecídica del noroeste argentino. 1. Composición florística, densidad y diversidad. *Darwiniana* 26 (1-4): 27-41.
- Busing, R., White, P., y Mackenzie, M., 1993. Gradient analysis of Spruce - Fir forest of the Great Smoky Mountains Circa. *Canadian Journal of Botany*. p. 951-958
- Cailliez, F., 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Vol. 1: Estimación del Volumen. Estudio FAO: Montes 22/1. Roma. 92 p.
- Caín, A.S. y Oliveira Castro, G.M, 1959. *Manual of vegetation analysis*. H & B. N.Y. 325 p.

- Calegario, N.; Lopes de Souza, A.; Marangon, L.C.; Da Silva, F., 1993. Parametros floristicos e fitossociologicos da regeneracao natural de especies arboreas nativas No subbosque de povoamentos de Eucalyptus. Rev. Arvore. Vicosa, Vol.17:16-116.
- Camacho, M.; Finegan, B., 1997. Efectos de aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: El crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Serie Técnica. Informe Técnico. CATIE. No.25. Costa Rica. 38 p.
- Campbell, B., 1978. Similarity coefficients for classifying relevés. Vegetatio. Vol. 37:101-109.
- Cárdenas, V.L., 1986. Estudio ecológico y diagnóstico silvicultural de un bosque de terraza media en la llanura aluvial del río Nanay, Amazonía Peruana. Tesis Mg. Sc., CATIE, Turrialba, C.R. 133 p.
- Carrera, F., 1996. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Serie Técnica, Informe No 275. CATIE-USAID. C.R. 40 p.
- Condit, R., Hubbell, S., Lafrankie, J., Sukumar, R., Manokaran, N., Foster, y R.; Ashton, P., 1996. Species - area and species - individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50 - ha plots. Journal of Ecology. 84: 549-562
- CORDECH, 1989. Estudio integrado de los recursos naturales de la Subregión IV, Provincia H. Siles, Tomo V, Cobertura y uso actual de la tierra forestal. CORDECH, Departamento de Recursos Naturales. Sucre. Bolivia. 141 p.
- Corvalán, P., 1980. Tamaño óptimo de parcelas de muestreo distribuidas sistemáticamente en retículo cuadrado de inventarios de bosque nativo. Ciencia Forestal, Edit. Univ. Chile. Vol. 2: 37-44.
- Dallmeier, F., (Ed. ), 1992. Long-term, monitoring of biological diversity in tropical forest areas. MAB-Digest 11. UNESCO, Francia. 71 p.
- Dauber, E., 1995. Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. Proyecto BOLFOR, USAID/PL480/MDSMA/FONAMA. Santa Cruz, Bolivia. 80 p.
- Dawkins, H.C., 1980. The interpretation of inventory for management purposes in Nigerian moist lowland forest and proposals for long-term permanente monitoring plots. Project Workin document N° 1. FAO. Ibadan. 19 p.

- Dawkins, H. C.; Field, D.R.B., 1978. A Long - term surveillance system for British woodland vegetation. Department of Forestry, Oxford University. 106 p.
- De las Salas, G., 1978. Relaciones entre las características de algunos tipos naturales de bosque y el suelo en el noroccidente de Venezuela. Univ. los Andes. Mérida. 11 p.
- Delgado, D., 1995. Efectos en la riqueza, composición y diversidad florística producidos por el manejo silvícola de un bosque húmedo tropical de tierras bajas en Costa Rica. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 97 p.
- Donoso, C., 1993. Bosques templados de Chile, Argentina. Variación y estructura dinámica. Ed. Universitaria. CONAF. 1a Ed. Chile, 483 p.
- Donoso, C., Deus, R., Cockbaine, J., y Castillo H., 1986. Variaciones estructurales del tipo forestal coigue-rauli-tepa. Bosque, 7(1): 17-35.
- Feoli, E., y Feoli, C.L., 1979. Relevé ranking based on a sum of squares criterion. En Vegetatio, Vol. 39,2: 123-125.
- Finegan, B., y Quiroz, D., 1995. Manejo sustentable de un bosque natural en Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico N° 188. Publicación N° 5 Colección silvicultura y manejo de bosques naturales. CATIE, Turrialba. 29 p.
- Freitas, L.E., 1986. Influencia del aprovechamiento maderero sobre la estructura y composición florística de un bosque ribereño alto en Jenaro Herrera, Perú. Tesis Ing. For. Universidad de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú. 172 p.
- Fresse, F., 1969. Muestreo forestal elemental. Boletín de Agric. N°232. AID. México 96 p.
- Galvez J., 1996. Elementos Técnicos para el Manejo forestal Diversificado de Bosques Naturales Tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mg.Sc. CATIE. 163p.
- Gauch, H., J., R., 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press. USA. 298 p.
- Gounot, M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson Éditeurs. Paris. 314 p.
- Greig-Smith M., A., 1983. Quantitative Plant Ecology. Butterworths Scientific Pub. London. Tercera edición. 198 p.
- Havel, J., 1980. Application of fundamental synecological knowledge to practical problems in forest management. 1.- Theory and methods. For. Ecol. and Management. 3:1-29
- Herrera, B., 1995. Evaluación del efecto del sitio en la productividad de las poblaciones de dos especies dominantes en un bosque tropical de la tercera fase de la sucesión secundaria en Costa Rica. Tesis Mg. Sc. CATIE. Turrialba. CR. 151 p

- Higuchi, N.; Santos J.D., Jardim, F., 1982. Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. En *Acta Amazónica*, 12 (1): 91-103
- Hopkins, B., 1957. The concept of minimal area. *J. Ecology*. 43: 441-449.
- Hueck, K., 1978. Los bosques de Sudamérica. Ecología, composición e importancia económica. GTZ. Eschborn. RFA 476 p.
- Hubell, S., y Foster, R., 1990. La estructura de la vegetación y composición de especies de un lote de cincuenta hectáreas en la isla Barro Colorado. En Leigh, E., et.al., Eds.: *Ecología de un bosque tropical, ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. 141-151.
- Hutchinson, I., 1992. Planificación para la silvicultura y el manejo de bosques naturales. V Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales. CATIE. 57 p.
- IITO, 1991. Incentives in producer and consumer countries to promote sustainable development of tropical forest. Report by the Oxford Forestry Institute and TRADA for ITTO. Yokohama.
- Jahn, G. 1982. Application of vegetation science to forestry. *Handbook of Vegetation Science*, Part. 12, Gottingen. 404 p.
- Kenkel, N., Juhasz-Hagy, P., y Podani, J., 1989. On sampling procedures in population and community ecology. *Vegetatio* 83: 195-207.
- Kershaw, K., 1964. *Quantitative and dynamic ecology*. E. Arnold Ltd. London. 183 p.
- Kortekaas, W.; Van Der Maarel, E.; Beefink, W., 1976. A numerical classification of European *Spartina* communities. *Vegetatio*. Vol. 33: 51-60.
- Lamprecht, H., 1964. Ensayo sobre la Estructura Florística de la parte sur - oriental del Bosque Universitario "El Caimital" - Estado Barinas. *Revista Forestal Venezolana*. Vol 7: 77-119.
- Lamprecht, H., 1990. *Silvicultura en los Trópicos*. GTZ. Heschborn. RFA. 335 p.
- Letouzey, R. 1980. Florística y Tipología. Capítulo 4 de: *Ecosistemas de los bosques tropicales*. Informe sobre el estado de conocimientos preparado por UNESCO/PNUMA/FAO. p.102-125
- Linares R., 1988. Estudio de la asociación Catival en Colombia. In *Seminario Bosques Tropicales*. Memorias, Univ. del Choco, Colombia, p. 65-69.
- Loetsch, F. y Haller, K.E., 1964. *Forest Inventory*. Vol. I. BLV, 436 p.

- Matteuci A., y Colma A., 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. OEA. Washington. 168 p.
- Marmillod, D., 1982. Metodología y resultados de investigaciones sobre la composición y estructura de un bosque de terraza de la Amazonía Peruana. Thesis Ph.D. Gottingen, Georg.-August-Universitat, 173 p.
- Marmillod, D., 1997. Comunicación personal. CATIE.
- Mackay, E., 1949 Fundamentos y Métodos de la Ordenación de Montes. II parte. Escuela Especial de Ingenieros de Montes. Madrid. 768 p.
- Malleux, J. 1971. Estratificación forestal con uso de fotografías aéreas. Vol. 1. Lima. 82 p.
- Malleux, J. 1975. Mapa forestal del Perú. Memoria Explicativa. Univ. La Molina. Lima. 161p.
- Malleux, J. 1982. Inventarios forestales en bosques tropicales. UNA. Lima. 414 p.
- Nalvarte, W., Kroll, B., y Lombardi, I., 1993. Plan maestro. Unidad modelo de manejo y producción forestal Dantas. Univ. La Molina. Perú. 148 p.
- Orozco, L. 1991. Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Serie Técnica, IT N° 176. Colección silvicultura y manejo de bosques naturales, publicación N°2. CATIE-COSUDE. 34 p
- Podani, J., 1989. Comparison of ordinations and classifications of vegetation data. Vegetatio 83: 111-128
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P., 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en desarrollo Sostenible. ISSN - 1027 - 2631. Costa Rica. 561p.
- Primack, R., Y Hall , P., 1992. Biodiversity and forest change in Malasyan Borneo. Rev. BioScience, Vol. 42, N° 11: 829-837.
- Robert, D., 1986. Ordination on the basis of fuzzy set theory. Vegetatio. Vol. 66:123-131
- Ramella, L., y Spichiger,R., 1989. Interpretación preliminar del medio físico y de la vegetación del Chaco Boreal. Contribución al estudio de la flora y de la vegetación del Chaco. I. Candollea 44: 640-680.
- Rollet, B., 1974. L'architecture des forets denses humides sempervirentes de plaine. CTFT/Nogent-sûr-Marne. France. 298 p.
- Rollet, B., 1980. Organización. Capitulo 5 de: Ecosistemas de los bosques tropicales. Informe sobre el estado de conocimientos preparado por UNESCO/PNUMA/FAO. p. 125 - 162

- Salcedo C.G., 1986. Estudio ecológico y estructural del bosque Los Espaveles, Turrialba. Costa rica. Tesis Mg.Sc., CATIE, Turrialba, C.R., 164 p.
- San Martín, C., Ramirez, C., Figueroa, H., y Ojeda, N. 1991. Estudio sinecológico del bosque de roble-laurel-lingue del centro-sur de Chile. *Bosque* 12 (2): 11-27.
- Scheil, D., 1995. A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo forest, Uganda. *Forest Ecology and Management* 77: 11-34.
- Serrano, M., Villalobos, D., y Morales, E., 1996. Informe del estudio preliminar de bosques de la hacienda Aperiati. PLAFOR, Sucre, Bolivia. 86 p.
- Steel, R.; Torrie, J., 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da. Edic. Mc Graw - Hill. Mexico .622 p.
- Silva, M.N.J., 1980. Eficiencia de diversos tamanhos e formas de unidades de amostras aplicadas em inventário florestal na região do Baixo Tapajós. Tesis Mg.Sc. Universida Federal Do Paraná. Curitiba. 83. p
- Soest, J.; Ayral, P.; Schober, R.; Hummel, F., 1959. La normalización de los Símbolos en Dasometría. Roma Italia, UIFRO, 19 p.
- Souza L., A., Hosokawa, R.T., Kirchner, F.F., y Machado, S., 1990. Analisis multivariados para manejo de floresta natural na reserva florestal de Linhares, Espirito Santo: Analisis de agrupamento e discriminante. *Rev. Arvore*, 14 (2): 85-101.
- Swaine M.D., y Hall, J.B., 1976. An application of ordination to the identification of forest types. *Vegetatio* vol. (32). 2: 83-86
- Vasquez, A., 1988. Ecosistemas selváticos del Litoral Pacífico Colombiano y sus posibilidades de manejo. In Seminario Bosques Tropicales. Memorias, Univ. del Chocó, Colombia. p. 65-69.
- Veillon, J.P., 1992. Los bosques naturales de Venezuela. Parte III. Los bosques xerófilos zonas de vida: Bosque espinoso tropical y bosque muy seco tropical. Univ. de los Andes, Mérida. 71 p.
- Whitakker R., 1982. Ordination of Plant Communities. London 379 p.
- Wildi O. y Orloci L., 1996. Numerical exploration of community patterns. SPB Academic Publishing. bv. 124 p
- Wood, G., 1990. The forest inventory in tropical countries. *Forest Ecology and Management*. V. 35 (3-4):199-206

## ANEXOS

### 1. ATRIBUTOS Y VARIABLES LEVANTADOS EN EL RETICULADO

#### ⇒ Atributos de control

- o Número de unidad muestral: ascendente correlativo a partir de 1 (*ac.1*).

#### ⇒ Atributos y variables de la vegetación

Se ha tratado de utilizar la simbología recomendada por Soest *et.al.*, (1969)

- Número de individuo: ascendente correlativo a partir de 1 (*av.1*).

De este registro se derivan:  $n$  = número de árboles;  $N/ha$  = número de arboles en una hectárea;

- Especie (*av.2*): nombre común del lugar dado por materos o nombre científico por taxonomista del Herbario Chuquisaca. Código para desconocidos. Recolección de muestras botánicas, sea para identificación o para completar la colección del lugar.

De este registro deriva  $N_{esp}$  = número de especies.

- $d$  = diámetro, diámetro normal a 1,30 m (*av.3*).

Es más común el sinónimo  $dap$  = diámetro a la altura del pecho. Fue medido con cinta diamétrica en cm, aproximación decimal y tomando en cuenta las recomendaciones de Cailliez, (1980). De este registro se deriva  $g$  = área basimétrica también llamada área basal:

$$g = \frac{\pi}{4} d^2 \quad [20]$$

donde  $g$  = área de la sección en  $m^2$ ,  $d$  = diámetro en cm. Así,  $G/ha$  = área basal por hectárea.

- $h$  = altura, del árbol mas alto en cada cuadrado. Medido con clinómetro (*av.4*).
- Índice de Valor de Importancia simplificado o de cobertura (*av.5*)

Variante al IVI propuesto originalmente por Curtis y McIntosh (1951, cit. por Gounot, 1969). No toma en cuenta la frecuencia ya que la jerarquía de las especies presenta similar ordenación (Marmillod, 1982; Calegario y col, 1993):

$$IVI = \Sigma(A\% + D\%)/2 = 100 \% \quad [21]$$

donde:  $A\%$  = abundancia relativa o proporción de individuos de una especie por unidad de área.

$D\%$  = dominancia relativa o proporción de área basal de una especie por unidad de área.

#### ⇒ Atributos ambientales

- \* Elevación: estimada en altímetro en metros sobre el nivel del mar - msnm (*as.1*)
- \* Ubicación topográfica (*as.2*)

FV Fondo de valle

LB Ladera baja (cerca del drenaje)

LM Ladera media

LMA Ladera media a alta (cerca de cima)

\* Profundidad del suelo en cm (as.3)

1 0 - 20 muy delgado

2 20 - 40 delgado

3 40 - 70 moderadamente profundo

4 70 - 120 profundo

5 + 120 muy profundo

\* Pendiente: se mide la inclinación mayor expresada en % o grados (as. 5)

\* Drenaje (as.8)

1 Bueno (sin señales de anegamiento, suelos francos, pendientes moderadas)

2 Excesivo (suelos arenosos, sueltos, pendientes abruptas, rasgos fuerte erosión laminar )

3 Pobre (anegamientos, moteamientos en el perfil, suelos pesados, pendiente suave)

\* pH - Phameter Hellige (as.9)

4 muy ácido

5 ácido

6 moderadamente ácido

7 neutro

>7 alcalino

\* Porcentaje de Arena (as.10)

5 > 70 % si al comprimir **NO** forma una bola (Arenoso)

4 > 50 % si al dejar caer la bola desde 5 cm en superficie dura se rompe (Franco - Ar)

3 < 50% si se deja amasar formando un cilindro grueso (Franco - Li)

2 < 30% se deja amasar formando un cilindro delgado (Limoso)

1 < 20% se deja amasar haciendo una argolla con el cilindro delgado (Arcilloso)

Se utilizaron formularios diseñados para este fin y herramientas usuales como ser: cintas métricas, cintas diamétricas, clinómetros, altímetro, binoculares, pala jardinera y tijeras de podar. Los principales insumos fueron el reactivo para pH, cintas plásticas de color, materiales para herborización. Instrumentos adicionales fueron el compás de levantamiento y un equipo mínimo de acampar.



## 2. CUADROS ESTADÍSTICOS DEL ANALISIS DE HOMOGENEIDAD

### 1. Estadísticas descriptivas de la similitud de la vegetación comparando fajas de 0.3 ha en el reticulado completo.

Estadísticos	Coeficiente similitud Van der Maarel (rM)		Coeficiente correlación Pearson (rP)		Probabilidad chi-sq.* Kruskall - Wallis ( $\chi^2$ )	
	Fajas Horizontales (HxH)	Verticales (VxV)	Horizontales (HxH)	Verticales (VxV)	Horizontales (HxH)	Verticales (VxV)
No obs.	28	28	28	28	28	28
Media	0.606	0.683	0.595	0.739	0.522	0.474
Máximo	0.835	0.808	0.934	0.919	0.934	0.963
Mínimo	0.209	0.482	0.083	0.540	0.082	0.068
Varianza	0.030	0.008	0.053	0.012	0.071	0.075

\* La probabilidad de significancia para poblaciones distintas es: < 0.05.

### 2. Comparación de medias y varianzas de cuatro variables ambientales entre el reticulado completo (2.4 ha) y el reticulado reducido (1.44 ha)

Varianza = S <sup>2</sup> Media = X	Acidez (Udds. ph)	Pendiente (%)	Prof. suelo (cm)	Altitud (m.s.n.m)
S <sup>2</sup> (R37)	0.3888	127.02	896.99	113.36
S <sup>2</sup> (R19)	0.3216	86.48	1316.37	38.61
S <sup>2</sup> (R18)	0.4570	173.56	457.5	198.21
Fcal - Ftab <sub>0.25</sub>	1.42 < 2.62	2.01 < 2.62	2.87 > 2.66	5.13 > 2.62
X (R37)	5.5	27.97	104.05	1151
X (R19)	5.30	29.91	99.47	1152
X (R18)	5.61	26.67	108.89	1151
tcal - ttab <sub>0.05</sub>	2.35 > 2.03	0.06 < 2.03	0.97 < 2.03	0.13 < 2.03

R37 = muestra para el reticulado en 2.4 ha (RC); R18 = muestra para el reticulado en 0.96 ha  
R19 = muestra para el reticulado en 1.44 ha (RR)

### 3. Estadísticas descriptivas de la similitud de la vegetación comparando fajas de 0.2 ha en el reticulado reducido (1.44 ha).

Estadísticos	Coeficiente correlación Pearson (rP)		Probabilidad chi-sq.* Kruskall - Wallis ( $\chi^2$ )	
	Fajas Horizontales (H' x H')	Verticales (V' x V')	Horizontales (H' x H')	Verticales (V' x V')
No Obs.	15	15	15	15
Media	0.749	0.735	0.556	0.534
Máximo	0.928	0.909	0.990	0.940
Mínimo	0.444	0.453	0.388	0.078
Varianza	0.018	0.017	0.082	0.075

\* La probabilidad de significancia para poblaciones distintas: < 0.05

### 3. ATRIBUTOS Y VARIABLES LEVANTADOS EN PARCELAS DE 0.25 HA

Los atributos abreviados (a\_..) están descritos en el anexo 1A.

⇒ Atributos de control

- o (ac.1).
- o Numero de sub-parcela: ascendente correlativo de 1 a 5 (ac.2).

⇒ Atributos de vegetación

- (av.1),(av.2), (av.3)
  - Altura tallo aprovechable en m (av.4).
  - Calidad de trozas del tallo aprovechable (av.5)
    - Estimación por trozas de 2 m de longitud. Criterio: calidad para aserrio
    - Rangos utilizados: 1-4; 4-6; 6-8; 8-10; 10-12; 12-14; 14-16
    - E = Recto sano sin ataques de insectos o enfermedades
    - B = Sinuosidad o curvatura leve y sano
    - R = Curvatura moderada, torcedura helicoidal o acanalamiento superficial leve y sano
    - M = Curvaturas, torceduras, inclinaciones o acanalamientos fuertes, enfermos o con señales de ataque de animales.
  - Altura en metros de los dos individuos mas altos (av.7).
  - Altura del dosel: estimación en m de la altura promedio de las copas debajo de los arboles emergentes (av.8).
  - Cobertura del dosel arbóreo, estimación porcentual del espacio horizontal que cubren (av.9).
  - Sotobosque (av.10)
    - 1 No molesta
    - 2 Estorba
    - 3 Dificil de penetrar o impenetrable.
- ⇒ Atributos ambientales
- \* (as.1), (as.2), (as.3)
  - \* Pedregosidad interna y rocosidad (as. 4)
    - 1 Escasa fina (centimétrica)
    - 2 Escasa gruesa (decimétrica o métrica)
    - 3 Abundante fina (centimétrica y decimétrica)
    - 4 Abundante gruesa (decimétrica y métrica)
    - 5 Rocosidad y afloramientos (métrica)
  - \* (as. 5)

- \* Erosión (as.6)
  - 1 Sin erosión
  - 2 En manto ligera a moderada
  - 3 En manto severa, zanjas ocasionales poco profundas
  - 4 En manto muy severa, zanjas frecuentes y profundas
  - 5 Deslizamientos y derrumbes
- \* Exposición, indica la orientación de la pendiente mayor, en grados o puntos cardinales (as.7)
- \* (as.8), (as.9), (as.10)
- \* Color del suelo o de la roca (as.11)
  - 1 Blanco - anaranjado
  - 2 Rojizo - rojo
  - 3 Café - café oscuro
  - 4 Pardo - negruzco; combinar con 1) firme, 2) moderado, 3) suelto

El registro de los atributos se hizo en formularios diseñados para este fin y las mediciones se hicieron con las herramientas ya citadas.



#### 4. PARAMETROS DE CARACTERIZACION DASOMETRICA

Adicionalmente a los atributos de vegetación descritos en el anexo 1-A, para la descripción de los tipos de bosques se utilizaron los siguientes parámetros dasométricos:

- (av.1), (av.2), (av.3), (av.4), (av.5)
- $d_g$  = diámetro del árbol de área basimétrica media de la masa (av.6). También llamado diámetro medio cuadrático estimado por la siguiente ecuación (Prodan, 1997):

$$d_g = \sqrt{\frac{4}{\pi} G / N} \quad [22]$$

donde  $G$  = área basal en  $m^2$ .  $N$  = número de individuos

- $d_{max}$  = diámetro máximo de la población (av.7); dap del árbol más grueso encontrado en todas las unidades muestrales levantadas. (Nalvarte y col., 1993)
- $v$  = volumen total del árbol (av.8). Se utiliza  $V_{fuste}$  para indicar el volumen del tallo aprovechable.

La formula empleada es:

$$v = g \cdot h \cdot f \quad [23]$$

donde:  $v$  = volumen tallo aprovechable en  $m^3$ ;  $f = 0,65$  (Dauber, 1995). Así,  $V/ha$  = volumen por hectárea.

ANEXO 5. Estructura poblacional - N y G por clase  $d_{(cm)}$  / ha de las especies

Especie	Familia	Interes	$d_g$	$d_{max}$	$v_{fluste}$		10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80+	Total x sp
Amburana cearensis	LEG-FAB	D	10	10	0.00	G	0.00								0.00
						N	0.10								0.10
Cedrela ap-sp01	MEL	D	35	49	0.20	G	0.01		0.01	0.03					0.05
						N	0.20		0.10	0.20					0.50
Juglans australis	JUG	D	44	91	4.91	G	0.03	0.07	0.16	0.18	0.19	0.15	0.09	0.23	1.09
						N	1.30	1.30	1.70	1.10	0.80	0.50	0.20	0.40	7.30
Machaerium ap-sp01	LEG-FAB	D	22	64	1.79	G	0.14	0.20	0.14	0.06	0.02	0.03			0.59
						N	9.20	4.40	1.50	0.40	0.10	0.10			15.70
Anadenanthera macrocarpa	LEG-MIM	A	22	84	6.51	G	0.46	0.61	0.36	0.19	0.04	0.03		0.06	1.75
						N	27.80	13.60	4.10	1.30	0.20	0.10		0.10	47.20
Astronium urundeuva	ANA	A	21	37	0.41	G	0.03	0.08	0.04						0.14
						N	1.70	1.80	0.40						3.90
Enterolobium contortisiliquum	LEG-MIM	A	48	90	2.09	G	0.01	0.03	0.04	0.03	0.18	0.06	0.09	0.12	0.55
						N	0.60	0.50	0.40	0.20	0.80	0.20	0.20	0.20	3.10
Myroxylon peruiferum	LEG-FAB	A	31	83	3.45	G	0.07	0.19	0.21	0.20	0.08	0.07	0.04	0.05	0.92
						N	3.80	4.10	2.30	1.30	0.40	0.20	0.10	0.10	12.30
Tipuana tipu	LEG-FAB	A	61	164	4.53	G	0.01	0.03	0.04	0.03	0.13	0.04	0.09	0.49	0.86
						N	0.30	0.50	0.50	0.20	0.60	0.10	0.20	0.50	2.90
Acacia visco	LEG-MIM	PconU	28	55	0.73	G	0.03	0.04	0.09	0.03	0.04				0.23
						N	1.20	1.00	1.00	0.20	0.20				3.60
Astronium ap-sp02	ANA	PconU	21	36	0.11	G	0.01	0.01	0.02						0.03
						N	0.50	0.20	0.20						0.90
Blepharocalyx gigantea	MRT	PconU	35	88	1.72	G	0.02	0.07	0.05	0.06	0.02	0.10		0.06	0.38
						N	1.00	1.50	0.50	0.40	0.10	0.30		0.10	3.90
Caesalpinia paraguariensis	LEG-CSL	PconU	21	68	0.42	G	0.08	0.05	0.04	0.02	0.02	0.04			0.23
						N	5.00	1.10	0.40	0.10	0.10	0.10			6.80
Nectandra ap-sp01	LAU	PconU	23	65	2.39	G	0.15	0.17	0.19	0.08	0.02	0.03			0.64
						N	8.70	3.70	2.10	0.60	0.10	0.10			15.30
Parapiptadenia excelsa	LEG-MIM	PconU	29	76	9.11	G	0.26	0.50	0.59	0.70	0.32	0.14	0.13		2.64
						N	16.70	11.40	6.40	4.70	1.40	0.40	0.30		41.30
Patagonula americana	BOR	PconU	26	72	0.76	G	0.05	0.05	0.07	0.07	0.02		0.04		0.31
						N	3.40	1.10	0.80	0.40	0.10		0.10		5.90
Phyllostylon rhamnoides	ULM	PconU	24	57	0.48	G	0.03	0.03	0.03		0.07				0.16
						N	2.20	0.70	0.40		0.30				3.60
Prosopis ap-sp01	LEG-MIM	PconU	50	50	0.04	G					0.02				0.02
						N					0.10				0.10
Pterogyne nitens	LEG-CSL	PconU	16	23	0.02	G	0.01	0.00							0.01
						N	0.40	0.10							0.50
Salix humboldtiana	SAL	PconU	72	72	0.08	G							0.04		0.04
						N							0.10		0.10
Schinopsis haenkeana	ANA	PconU	28	98	3.83	G	0.14	0.23	0.15	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	1.14
						N	9.10	5.20	1.60	1.30	0.60	0.40	0.20	0.10	18.50
Tabebuia ap-sp01	BIG	PconU	32	68	0.49	G	0.01	0.01	0.03			0.04			0.08
						N	0.40	0.20	0.30			0.10			1.00
Tabebuia ap-sp02	BIG	PconU	25	65	2.29	G	0.07	0.15	0.16	0.04		0.03			0.45
						N	3.50	3.30	1.90	0.30		0.10			9.10
Tabebuia ap-sp03	BIG	PconU	18	31	0.24	G	0.03	0.03	0.01						0.06
						N	1.60	0.70	0.10						2.40
Terminalia triflora	CMB	PconU	26	93	1.15	G	0.06	0.05	0.03	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.31
						N	3.80	1.10	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	5.70
Myrcianthes pungens	MRT	NoMU	17	31	1.50	G	0.38	0.35	0.02						0.75
						N	22.90	8.10	0.30						31.30
Pouteria ap-sp01	SPT	NoMU	35	35	0.05	G			0.01						0.01
						N			0.10						0.10
Tabebuia ap-sp05	BIG	NoMU	28	53	0.30	G	0.01	0.03	0.01		0.02				0.07
						N	0.30	0.70	0.10		0.10				1.20
Trichocereus ap-sp01	CAC	NoMU	17	34	0.15	G	0.07	0.03	0.02						0.11
						N	4.10	0.80	0.20						5.10
Acacia aroma	LEG-MIM	Sinvi	16	28	0.03	G	0.02	0.01							0.03
						N	1.10	0.30							1.40
Acacia praecox	LEG-MIM	Sinvi	12	16	0.03	G	0.03								0.03
						N	2.30								2.30
Acacia ap-sp03	LEG-MIM	Sinvi	18	34	0.18	G	0.05	0.06	0.02						0.13
						N	3.20	1.40	0.20						4.80





Especie	Familia	Interes	d <sub>g</sub>	d <sub>max</sub>	V <sub>fuste</sub>		10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80+	Total x sp
Sapium ap-sp01	EUP	Sinvi	38	53	0.34	G	0.00		0.05	0.02	0.04				0.11
						N	0.10		0.60	0.10	0.20				1.00
Schefflera ap-sp01	ARL	Sinvi	17	30	0.02	G	0.01		0.01						0.02
						N	0.60		0.10						0.70
Schinus ap-sp01	ANA	Sinvi	18	35	0.07	G	0.03	0.00	0.01						0.04
						N	1.50	0.10	0.10						1.70
Schinus ap-sp02	ANA	Sinvi	29	37	0.08	G		0.03	0.02						0.05
						N		0.50	0.20						0.70
Schinus ap-sp03	ANA	Sinvi	22	44	0.03	G	0.01	0.00		0.02					0.03
						N	0.50	0.10		0.10					0.70
Senecio ap-sp01	CMP	Sinvi	14	17	0.03	G	0.01								0.01
						N	0.90								0.90
Senecio ap-sp02	CMP	Sinvi	13	15	0.02	G	0.01								0.01
						N	0.40								0.40
Senna ap-sp02	LEG-CSL	Sinvi	17	26	0.08	G	0.03	0.02							0.04
						N	1.60	0.40							2.00
Siphoneugena ap-sp01	MRT	Sinvi	18	37	0.59	G	0.10	0.08	0.03						0.20
						N	5.90	1.80	0.30						8.00
Solanum ap-sp01	SOL	Sinvi	14	15		G	0.00								0.00
						N	0.20								0.20
Ternstroemia ap-sp01	TEA	Sinvi	20	26	0.07	G	0.01	0.02							0.02
						N	0.40	0.40							0.80
Trichilia clauseni	MEL	Sinvi	15	23	0.06	G	0.04	0.00							0.05
						N	2.80	0.10							2.90
Urera baccifera	URT	Sinvi	16	24	0.10	G	0.03	0.02							0.05
						N	1.80	0.50							2.30
Urera caracasana	URT	Sinvi	15	17	0.01	G	0.01								0.01
						N	0.30								0.30
Vassobia ap-sp01	SOL	Sinvi	14	16	0.01	G	0.00								0.00
						N	0.30								0.30
Ximenia americana	OLC	Sinvi	18	36	0.13	G	0.04	0.02	0.02						0.08
						N	2.40	0.60	0.20						3.20
Zanthoxylum naranjillo	RUT	Sinvi	17	28	0.12	G	0.03	0.02							0.06
						N	2.00	0.50							2.50
Zanthoxylum pterota	RUT	Sinvi	19	44	0.42	G	0.08	0.07	0.04	0.03					0.22
						N	5.20	1.70	0.40	0.20					7.50
Zanthoxylum rhoifolia	RUT	Sinvi	19	31	0.05	G	0.01	0.02	0.01						0.04
						N	0.70	0.50	0.10						1.30
Zanthoxylum ap-sp04	RUT	Sinvi	25	47	0.15	G	0.01	0.01	0.01	0.02					0.04
						N	0.50	0.10	0.10	0.10					0.80
Total G x cd						G	5.03	5.62	4.23	3.17	2.03	1.38	1.00	1.58	24.04
Total N x cd						N	317.30	126.20	47.00	20.90	9.20	4.30	2.30	2.30	529.50



## 6. CARACTERIZACIONES DASOMETRICAS DE LOS TIPOS DE BOSQUES

### Bosque de tipa (*Tipuana* y *Cupania* en la Serranía\_media)

Se desarrolla en la parte central de la serranía Hitiruyu, el relieve es muy quebrado con cimas generalmente agudas y eventualmente bordes angostos convexos, constantes cambios de exposición, pendientes sobre 60% y en ocasiones paredes verticales. Drenajes con frecuentes saltos de agua sobre afloramientos rocosos. El rango de altitud varía entre 1440 a 1650 m. Mas arriba la vegetación cambia gradualmente a arboledos de baja altura con sotobosques de kuri (*Chusquea* sp.) casi impenetrables, luego son matorrales, y finalmente comunidades herbáceas.

Suelos derivados principalmente de areniscas, lutitas y limolitas, color rojo - café generalmente sueltos, delgados con bolsones ocasionales profundos, pedregosidad abundante con frecuentes conglomerados de rocas métricas, textura franca limosa, muy ácidos (4.0 - 5.2). El dosel superior alcanza una altura promedio de 25.3 m.

La diversidad florística es de 46 especies por hectárea. En la comunidad se registraron un total de 50 especies en la clase diamétrica 10 cm dap, y solo 5 especies sobre la clase de 50 cm dap.

El peso ecológico reflejado por el IVI (cuadro 1) muestra a dos especies representando el 25%, mientras que el 50% está concentrado en 7 especies. Las más importantes son *Parapiptadenia excelsa*, *Pisonia ambigua*, *Tipuana tipu* y *Cupania vernalis*.

La población de individuos es de 665 árboles por hectárea. Con solo 3 especies se logra un 25% de los individuos de la población mientras que el 50% se logra cubrir con 7 especies. Las especies más importantes son *Parapiptadenia excelsa* (9.9%), *Cupania vernalis* (9.5%), que juntas cubren una quinta parte de la población total.

El área basal por hectárea es de 30,42 m<sup>2</sup>, el 25% de ella esta prácticamente concentrada en una sola especie, *Parapiptadenia excelsa* (24.9%). con dos especies más se cubre el 50%, *Pisonia ambigua* (15.7%) y *Tipuana tipu* (10%) que a pesar de tener pocos individuos (1.8% de la abundancia total), la mitad de ellos son "gruesos" de más de 50 cm dap (ver anexo 6).

En cuanto a frecuencia, *Parapiptadenia excelsa*, *Tipuana tipu* y *Cupania vernalis*, junto a *Myrcianthes pungens*, *Croton urucurana* y *Nectandra sp01*, están presentes en todas las parcelas evaluadas (100%), mostrando que su distribución no tiene restricciones en este tipo de bosque. Le siguen con una frecuencia de 83% *Chrysophyllum gonocarpum* y *Pisonia ambigua*.

El volumen por hectárea es de 104 m<sup>3</sup>, solo *Parapiptadenia excelsa* con 26,6% cubre mas de un cuarto del volumen total, y junto a *Pisonia ambigua* (14,7%) y *Tipuana tipu* (12.1%) acumulan más del 50% del volumen total

Los árboles mas gruesos de esta comunidad son de *Tipuana tipu* con 107 cm dap y *Pisonia ambigua* con 97 cm.

La distribución de individuos por categoría diamétrica resalta una alta proporción en las categorías diamétricas inferiores, disminuyendo drásticamente la abundancia en las clases de tamaño superiores. Considerando como límite la clase de 50 cm dap, encontramos por debajo un 96.1% (639 árboles) y por encima solo el 3.9% (26 árboles) de la población total.

De las dos especies más importantes ecológicamente que forman el primer cuarto del IVI total, una de ellas *Parapiptadenia excelsa* aparece también como la más abundante y dominante.

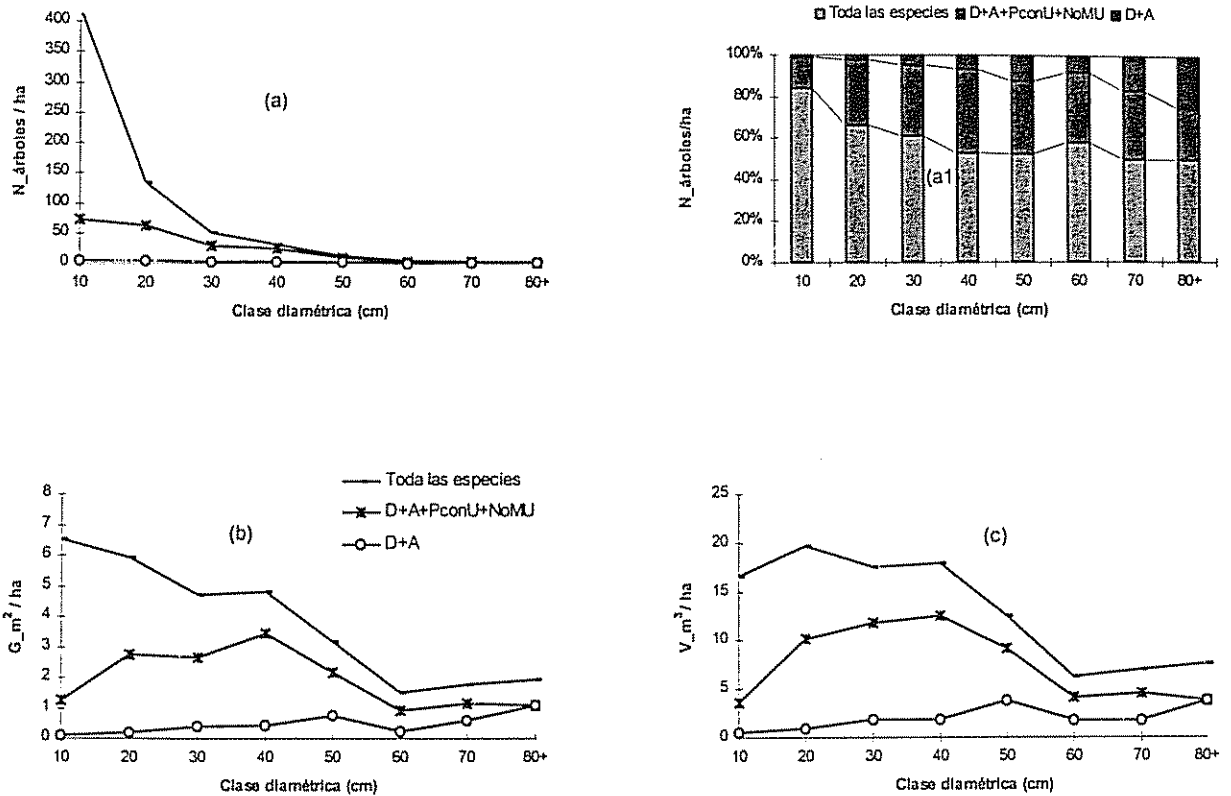


Figura 1. Distribución diamétrica por hectárea de los grupos de especies de interés para el bosque de tipo: (a) número de árboles, (a1) proporción porcentual del número de árboles, (b) área basal y (c) volumen.

La distribución del número de árboles de todas las especies por clases diamétricas (figura 1a), destaca una curva que desciende con fuerte pendiente desde un alto número de individuos en las clases diamétricas inferiores hacia pocos individuos en las clases diámetros superiores, según Nalvarte y col. (1993) este es un comportamiento promedio en bosques tropicales.

En los grupos de especies de interés las curvas están alejadas de la típica forma de "J", y son más bien planas. Aunque el potencial de regeneración para todas las especies aparenta ser favorable, no sucede lo mismo para los grupos de especies para el manejo, esto probablemente se deba a que en las clases diamétricas inferiores participan muchas especies que logran diámetros de madures pequeños (Nalvarte *op.cit.*). En este sentido se observa que los árboles de interés adquieren mas importancia en poblaciones con diámetros superiores (figura 1a1).

El área basal de toda la población muestra una tendencia general de decrecimiento hacia las clases diamétricas superiores.(figura 1b). En cambio las especies de interés actual tienen curvas en formas de montículos, el área basal se incrementa con el diámetro hasta una clase de allí vuelve a descender, para nuevamente elevarse. Ocurre que las especies de interés actual están más abundantemente representadas en las clases diamétricas intermedias y superiores por lo que el incremento de la curva de todas las especies a partir de los 60 cm, es un incremento dado por las especies de interés.

El volumen muestra un comportamiento similar de distribución (figura 1c).

Cuadro 1 Parámetros dasométricos promedios de las especies en bosque de tipo

Especie	Grupo de interés	M <sub>cobertura</sub>		Abundancia		Dominancia		Volumen <sub>fuste</sub>		Frecuencia			
		Abs.	1/4	N/ha	%	1/4	G/ha	%	1/4	V/ha	%	f %	
Parapiptadenia excelsa	PconU	15.7	1	66.0	9.9	1	7.56	24.9	1	27.96	26.6	1	100
Pisonia ambigua	Sinvi	12.0	1	49.3	7.4	2	4.79	15.7	2	15.45	14.7	2	83
Tijuana tipu	A	6.0	2	12.0	1.8	4	3.05	10.0	2	12.74	12.1	2	100
Cupania vernalis	Sinvi	5.9	2	63.3	9.5	1	1.08	3.5	3	3.05	2.9	3	100
Siphoneugena ap-sp01	Sinvi	5.4	2	52.0	7.8	1	1.30	4.3	3	3.65	3.5	3	50
Myrcianthes pungens	Sinvi	4.8	2	42.0	6.3	2	0.97	3.2	3	2.52	2.4	3	100
Croton urucurana	Sinvi	4.7	2	38.0	5.7	2	1.06	3.5	3	3.44	3.3	3	100
Tabebuia ap-sp02	PconU	4.5	3	28.7	4.3	3	1.51	5.0	3	7.50	7.1	3	33
Chrysophyllum gonocarpum	Sinvi	4.2	3	29.3	4.4	3	0.78	2.6	3	2.28	2.2	4	83
Allophylus edulis	Sinvi	4.0	3	44.0	6.6	2	0.67	2.2	3	1.40	1.3	4	67
Nectandra ap-sp01	PconU	3.0	3	22.0	3.3	3	0.65	2.1	3	2.03	1.9	4	100
Roupala montana	Sinvi	2.3	3	22.7	3.4	3	0.41	1.3	4	1.43	1.4	4	33
Lueheopsis ap-sp01	Sinvi	2.3	3	23.3	3.5	3	0.54	1.8	4	1.32	1.3	4	33
Piper ap-sp02	Sinvi	2.0	3	15.3	2.3	3	0.17	0.6	4	0.21	0.2	4	33
Myroxylon peruiferum	A	1.9	4	8.7	1.3	4	0.54	1.8	4	3.02	2.9	4	50
Anacardiaceae ap-sp01	Sinvi	1.9	4	7.3	1.1	4	0.90	3.0	3	3.25	3.1	3	17
Myrciaria ap-sp02	Sinvi	1.8	4	18.0	2.7	3	0.29	1.0	4	0.89	0.9	4	67
Capparis flexuosa	Sinvi	1.6	4	11.3	1.7	4	0.36	1.2	4	0.65	0.6	4	50
Pogonopus tubulosus	Sinvi	1.4	4	10.7	1.6	4	0.18	0.6	4	0.37	0.4	4	33
Blepharocalyx gigantea	PconU	1.4	4	8.0	1.2	4	0.54	1.8	4	1.77	1.7	4	67
Tabebuia ap-sp03	PconU	1.2	4	12.0	1.8	4	0.30	1.0	4	1.11	1.1	4	17
Inga ap-sp01	Sinvi	1.2	4	8.0	1.2	4	0.13	0.4	4	0.31	0.3	4	33
Phoebe porphyria	Sinvi	1.2	4	4.7	0.7	4	0.45	1.5	4	1.83	1.7	4	33
Carica ap-sp01	Sinvi	0.9	4	6.7	1.0	4	0.35	1.2	4	1.01	1.0	4	67
Achatocarpus praecox	Sinvi	0.9	4	7.3	1.1	4	0.11	0.3	4	0.17	0.2	4	50
Juglans australis	D	0.9	4	2.0	0.3	4	0.29	1.0	4	1.69	1.6	4	33
Terminalia ap-sp01	Sinvi	0.6	4	5.3	0.8	4	0.16	0.5	4	0.44	0.4	4	17
Bougainvillea ap-sp02	Sinvi	0.5	4	3.3	0.5	4	0.07	0.2	4	0.13	0.1	4	17
Anadenanthera macrocarpa	A	0.3	4	2.0	0.3	4	0.14	0.5	4	0.30	0.3	4	33
Myrcianthes ap-sp01	NoMU	0.2	4	1.3	0.2	4	0.03	0.1	4	0.14	0.1	4	100
y otras 25 especies	Sinvi	5.3		40.0	6.0		1.04	3.4		2.90	2.8		
TOTAL		100.0		664.7	100.0		30.42	100.0		104.97	100.0		

## Bosque de laurel (*Nectandra* y *Chrysophyllum* en la Serranía\_inferior)

Comprende el tercio inferior de la Serranía Hitiruyú y la parte baja norte de las Colinas. Se mezcla con el bosque de quebrachillo y con el bosque de cebil - guayacán. En relación a la Serranía media, los drenajes más anchos, tienen por lo general corrientes de agua permanente, laderas menos escarpadas aunque localmente llegan hasta 95%. La altitud oscila entre 1240 y 1480 m.

Suelos derivados de areniscas, con elementos de limolitas, lutitas e incluso cuarcitas, moderadamente profundos a profundos, rojos a cafés moderadamente firmes, pedregosidad muy variable, desde escasa a rocosidad, textura franca limosa, menos ácidos que en la serranía media entre 4.4 - 5.8. El dosel de árboles emergentes alcanza una altura promedio de 29.2 m.

La diversidad florística es de 50 especies por hectárea. En la comunidad existen un total de 56 especies en la clase diamétrica más pequeña de 10-20 cm dap, diversidad que disminuye a solo 11 especies en la clase diamétrica de 50-60 cm dap.

El peso ecológico reflejado por el IVI (cuadro 2) muestra a 3 especies, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Nectandra sp01*, *Pisonia ambigua*, representando el 25%, mientras que el 50% está concentrado en 6 especies, las tres mencionadas junto a *Coccoloba tiliacea*, *Juglans australis* y *Tipuana tipu*.

La población de individuos es de 435 árboles por hectárea. Con solo 3 especies se logra un 25% del total de individuos de la población mientras que el 50% está cubierto con 6 especies. Las especies más importantes son *Chrysophyllum gonocarpum* (12.9%) y *Nectandra sp01* (11.8%), que juntas cerca del de la cuarta parte de la población total.

El área basal por hectárea es de 24,9 m<sup>2</sup>, el 25% de esta cubierta por tres especies *Juglans australis* (12.7%) *Chrysophyllum gonocarpum* (11.8%) y *Pisonia ambigua* (11.8%) con dos especies más se cubre el 50%, *Nectandra sp01* (15.7%) y *Tipuana tipu* (8%).

Las especies con 100% de frecuencia son, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Pisonia ambigua* y *Myrcianthes pungens*. Le siguen *Nectandra sp01* (88%) y *Juglans australis* que al igual que otras cuatro especies tienen una frecuencia de 75%.

El volumen por hectárea es de 95.8 m<sup>3</sup>, el 25% está conformado por 2 especies *Juglans australis* (15.1%), *Tipuana tipu* (12.4%), que junto a otras cuatro especies entre ellas *Chrysophyllum gonocarpum* (9.5%) y *Nectandra sp01* (9%) acumulan más del 50% del volumen total.

Los árboles más gruesos de esta comunidad son de *Tipuana tipu* con 164 cm dap y 92 cm, y *Enterolobium contortisiliquum* con 90 cm dap.

La distribución de individuos por categoría diamétrica muestra a muchos individuos de tamaño pequeño y pocos individuos grandes. Por debajo de 50 cm dap, encontramos el 94% (409 árboles) y por encima el 6% (26 árboles) de la población total.

De las tres especies más importantes ecológicamente que forman el primer cuarto del IVI total, *Chrysophyllum gonocarpum* mantiene la primera posición en abundancia y dominancia mientras que *Nectandra sp01*, pasa a un segundo lugar en dominancia y volumen debido a que presenta un gran número de individuos delgados. Comparativamente *Juglans australis* y *Tipuana tipu* con un bajo porcentaje de abundancia, se constituyen entre las más importantes en área basal y las más importantes en volumen por los altos fustes que presentan.

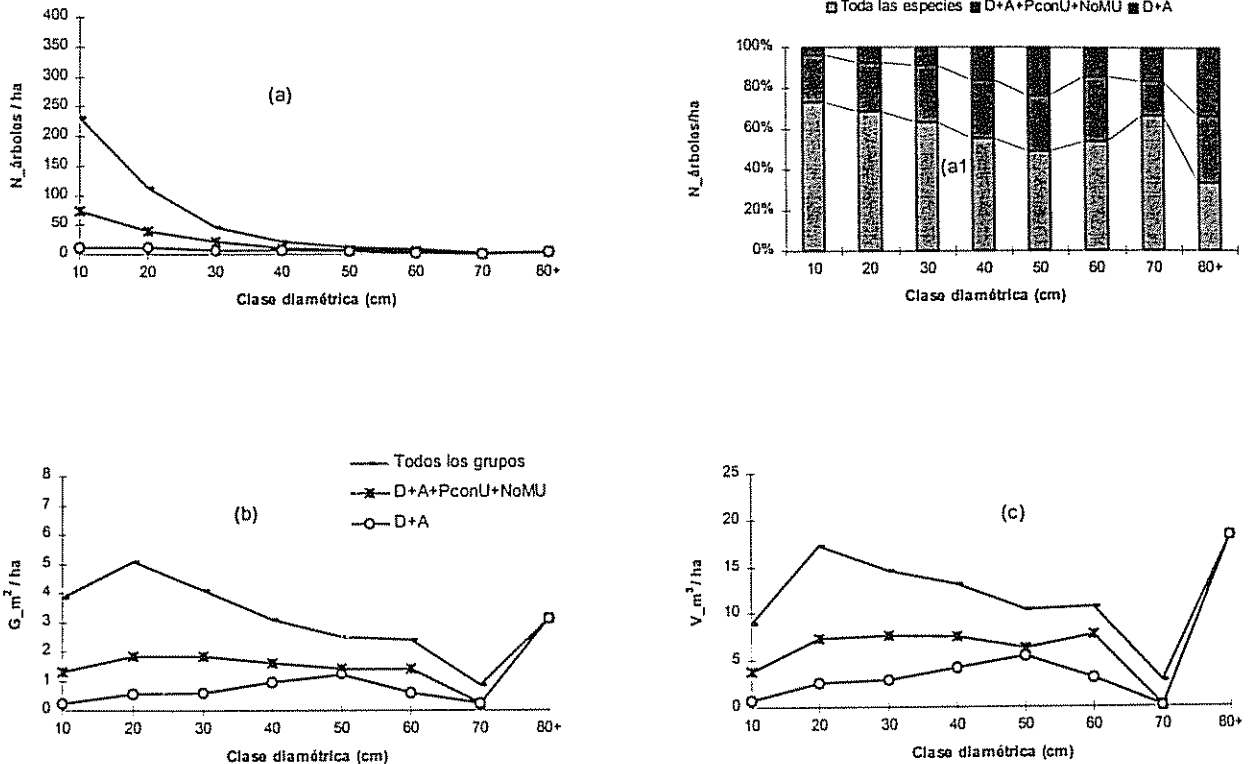


Figura 2. Distribución diamétrica por hectárea de los grupos de especies de interés para el bosque de laurel: (a) número de árboles, (a1) proporción porcentual del número de árboles, (b) área basal y (c) volumen.

Las distribución del número de arboles de todas las especies por clases diamétricas (figura 2a), sigue la misma tendencia general descrita para el bosque de serranía media. La proporcionalidad entre la abundancia total y la abundancia de los grupos de interés para el manejo actual, (figura 2a1) tiende a ser más equilibrada hacia las categorías diamétricas superiores.

El área basal de toda la población muestra una tendencia general de decrecimiento hacia las clases diamétricas superiores, con una elevación de la curva a partir de los 80 cm (figura 2b). En cambio las especies de interés actual se incrementa con el diámetro hasta la clase de 50 cm, luego decrece hasta la clase de 70 cm y vuelve a incrementarse a partir de 80 cm. Al igual que en el bosque de serranía esto ocurre por que las especies de interés actual están más abundantemente representadas en las clases diamétricas superiores, esto significa que el incremento de la curva de todas las especies observado a partir de la clase de 80 cm es principalmente por las especies de interés.

El patrón de distribución del volumen muestra un comportamiento similar (figura 2c).

Cuadro 2 Parámetros dasométricos promedios de las especies en el Bosque de laurel

Especie	Grupo de interés	IVI <sub>cobertura</sub>		Abundancia		Dominancia		Volumen <sub>fuste</sub>		Frecuencia			
		Abs.	1/4	N/ha	%	1/4	G/ha	%	1/4	V/ha	%	f %	
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Sinvi	11.2	1	56.0	12.9	1	2.93	11.8	1	9.12	9.5	2	100
<i>Nectandra ap-sp01</i>	PconU	11.2	1	51.5	11.8	1	2.40	9.6	2	8.95	9.3	2	88
<i>Pisonia ambigua</i>	Sinvi	9.7	1	40.0	9.2	1	2.95	11.8	1	8.58	9.0	2	100
<i>Coccoloba tiliacea</i>	Sinvi	8.8	2	29.5	6.8	2	1.61	6.5	3	4.90	5.1	2	63
<i>Juglans australis</i>	D	8.5	2	18.0	4.1	2	3.16	12.7	1	14.46	15.1	1	75
<i>Tipuana tipu</i>	A	3.6	2	4.5	1.0	4	2.00	8.0	2	11.92	12.4	1	50
<i>Myrcianthes pungens</i>	NoMU	3.3	3	23.5	5.4	2	0.62	2.5	3	1.52	1.6	3	100
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	A	3.0	3	5.0	1.1	4	0.90	3.6	3	4.70	4.9	3	75
<i>Croton urucurana</i>	Sinvi	2.6	3	16.5	3.8	3	0.34	1.3	4	1.33	1.4	4	63
<i>Piper ap-sp02</i>	Sinvi	2.6	3	16.5	3.8	3	0.28	1.1	4	0.49	0.5	4	75
<i>Cupania vernalis</i>	Sinvi	2.4	3	10.5	2.4	3	0.40	1.6	4	0.97	1.0	4	75
<i>Tabebuia ap-sp02</i>	PconU	2.4	3	12.0	2.8	3	0.66	2.6	3	3.81	4.0	3	50
<i>Blepharocalyx gigantea</i>	PconU	2.0	3	8.5	2.0	3	0.75	3.0	3	3.68	3.8	3	50
<i>Capparis flexuosa</i>	Sinvi	1.9	3	12.0	2.8	3	0.49	2.0	3	1.44	1.5	4	38
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	A	1.8	3	5.5	1.3	4	0.33	1.3	4	2.04	2.1	3	38
<i>Myrcianthes ap-sp03</i>	Sinvi	1.6	4	12.0	2.8	3	0.27	1.1	4	0.45	0.5	4	63
<i>Machaerium ap-sp01</i>	D	1.6	4	7.0	1.6	3	0.35	1.4	4	1.06	1.1	4	75
<i>Myroxylon peruiferum</i>	A	1.6	4	6.5	1.5	3	0.48	1.9	4	2.16	2.3	3	50
<i>Pseudobombax argentinum</i>	Sinvi	1.3	4	3.5	0.8	4	0.16	0.7	4	0.66	0.7	4	25
<i>Myrsine ap-sp01</i>	Sinvi	1.2	4	3.5	0.8	4	0.23	0.9	4	1.26	1.3	4	25
<i>Parapiptadenia excelsa</i>	PconU	1.0	4	3.0	0.7	4	0.30	1.2	4	1.41	1.5	4	50
<i>Crinodendron tucumanum</i>	Sinvi	1.0	4	3.0	0.7	4	0.48	1.9	3	2.16	2.3	3	13
<i>Pogonopus tubulosus</i>	Sinvi	1.0	4	5.0	1.1	4	0.13	0.5	4	0.36	0.4	4	50
<i>Terminalia triflora</i>	PconU	0.9	4	4.5	1.0	4	0.28	1.1	4	0.95	1.0	4	50
<i>Patagoniua americana</i>	PconU	0.7	4	3.5	0.8	4	0.11	0.4	4	0.35	0.4	4	50
<i>Cedrela ap-sp01</i>	D	0.4	4	2.0	0.5	4	0.22	0.9	4	0.91	0.9	4	13
<i>Tabebuia ap-sp03</i>	PconU	0.4	4	2.5	0.6	4	0.09	0.4	4	0.30	0.3	4	25
<i>Tabebuia ap-sp05</i>	NoMU	0.2	4	1.5	0.3	4	0.03	0.1	4	0.07	0.1	4	13
<i>Pouteria ap-sp01</i>	NoMU	0.1	4	0.5	0.1	4	0.05	0.2	4	0.24	0.2	4	25
y otras 34 especies	Sinvi	11.8		67.5	15.5		1.91	7.7		5.58	5.8		
TOTAL		100.0		435.0	100.0		24.9	100.0		95.8	100.0		

### Bosque de quebrachillo (*Diatenopteryx* y *Crinodendron* en Galería de quebrada)

Este bosque es muy particular y está restringido a laderas bajas y drenajes de la zona central del paisaje de Colinas próxima a los Lomeríos, con corrientes de agua permanentes o estacionales. Hacia las laderas medias y superiores el bosque cambia rápidamente al bosque de Colinas. Hacia la serranía este bosque se entremezcla por los drenajes con el bosque de Serranía inferior.

Las pendientes no sobrepasan de 40%, la altitud varía entre 1160 y 1200 m. Suelos franco arenosos derivados de areniscas, con elementos de calizas y margas, mayormente rojos, moderadamente firmes, pedregosidad moderada, ácidos (4.9 - 5.8). La altura del dosel emergente alcanza 30 m.

La diversidad florística es de 41 especies por hectárea. En la comunidad existen un total de 33 especies en la clase diamétrica de 10 cm dap, diversidad que disminuye a solo 8 especies en la clase diamétrica de 50 cm dap.

El IVI (cuadro 3) muestra a 2 especies, *Diatenopteryx sorbifolia* y *Crinodendron tucumanum*, representando el 25%, mientras que el 50% está concentrado en 5 especies, las ya mencionadas junto a *Juglans australis*, *Pisonia ambigua* y *Enterolobium contortisiliquum*.

Se encontraron 489 árboles por hectárea. Con solo 2 especies se logra un cuarto del total de árboles de la población *Diatenopteryx sorbifolia* (17.2%) y *Myrcianthes pungens* (10.4%), mientras que el 50% está cubierto con 5 especies.

El área basal por hectárea es de 32.7 m<sup>2</sup>, el 25% de esta repartido en dos especies *Crinodendron tucumanum* (16.8%) y *Diatenopteryx sorbifolia* (13.9%) y junto a *Juglans australis* (11.9%), *Enterolobium contortisiliquum* (8.5%) y *Patagonula americana* (6.5%) cubren el 50% de la población total.

Las especies con 100% de frecuencia son, *Diatenopteryx sorbifolia*, *Crinodendron tucumanum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Parapiptadenia excelsa*, *Patagonula americana* y *Senna sp.*

El volumen por hectárea es de 113.6 m<sup>3</sup>, el 25% está conformado por 2 especies *Crinodendron tucumanum* (17.8%) y *Juglans australis* (17.3%), que junto *Crinodendron tucumanum* (8.1%) *Enterolobium contortisiliquum* (8.9%) y *Blepharocalyx gigantea* (7.4%) acumulan más del 50% del volumen total.

Los árboles más gruesos de esta comunidad son *Terminalia triflora* con 92.5 cm dap, *Crinodendron tucumanum* con 92 cm y *Juglans australis* con 90.6 cm dap.

La distribución de individuos por categoría diamétrica muestra a muchos individuos de tamaño pequeño y pocos individuos grandes. Por debajo de 50 cm dap, encontramos el 93% (454 árboles) y por encima el 7% (35 árboles) de la población total.

De las dos especies más importantes ecológicamente que forman el primer cuarto del IVI total, *Diatenopteryx sorbifolia* mantiene la primera posición en abundancia y dominancia pero baja a segundo lugar en volumen por que sus fustes por lo general son más cortos que los de *Juglans australis*, mientras que *Crinodendron tucumanum*, a pesar de mostrar relativamente pocos individuos, bajando a una segunda posición de abundancia, sus grandes fustes la vuelven a posicionar en el primer cuarto de dominancia y volumen.

La distribución del número de árboles de todas las especies por clases diamétricas (figura 3a), mantiene una curva típica pero de mucha menor pendiente que en los bosques previos. La curva

del segundo muestra mas semejanza a la curva total, mientras que el la curva del último grupo es casi plana indicando para estos grupos un potencial de regeneración muy pobre.

La proporcionalidad entre la abundancia total y la abundancia de los grupos de interés para el manejo actual, (figura 3a1) tiende a ser más equilibrada hacia las categorías diamétricas centrales.

El área basal de toda la población muestra una tendencia general de decrecimiento inicial y luego se estabiliza conforme se incrementa el diámetro. (figura 3b). En cambio las especies de interés actual se incrementa hacia las clases diamétricas intermedias y luego decrecen hacia los diámetros superiores, lo que va de acuerdo a la proporcionalidad indicada.

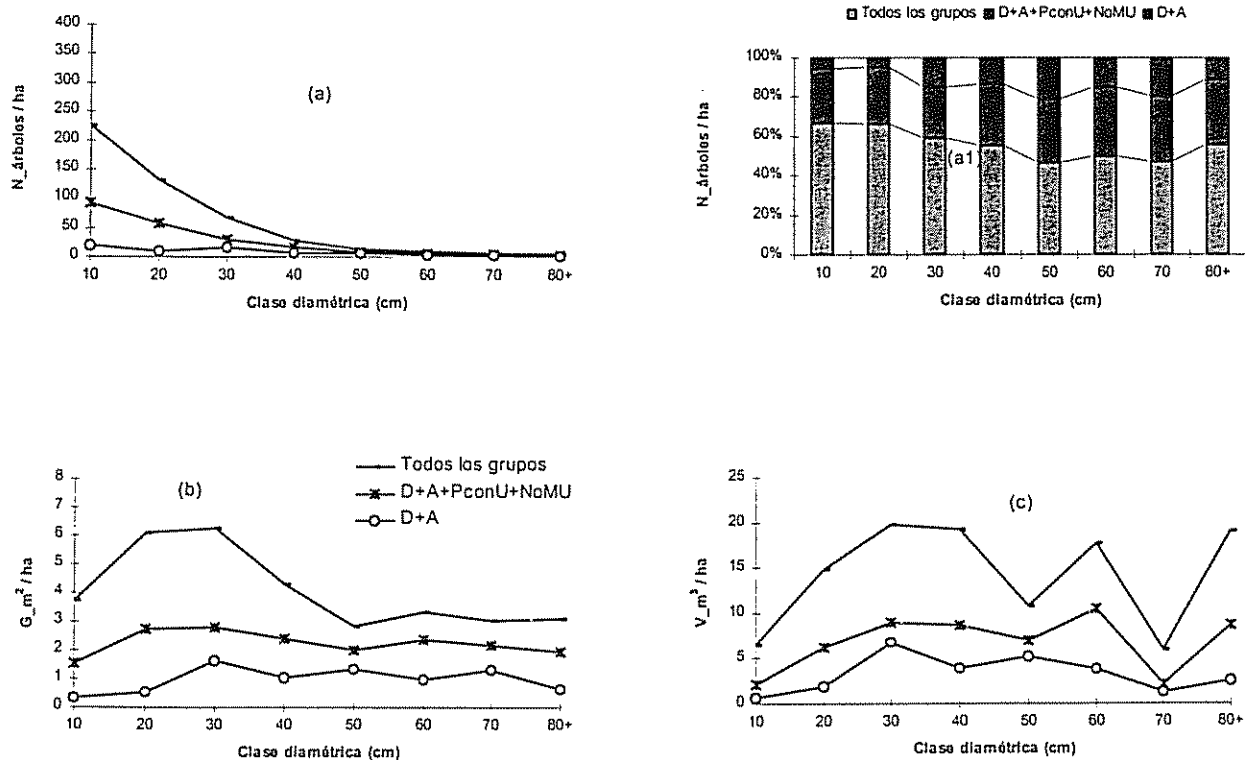


Figura 4-3. Distribución diamétrica por hectárea de los grupos de especies de interés para el bosque de quebrachillo: (a) número de árboles, (a1) proporción porcentual del número de árboles, (b) área basal y (c) volumen.

El volumen de todas las especies muestra un comportamiento irregular (figura 3c), elevándose notablemente para la categoría de 80 cm, a diferencia del bosque de serranía inferior este incremento se debe a los elevados fustes que presentan *Crinodendron tucumanun* y *Diatenopteryx sorbifolia*, mientras que las especies de interés muestran una curva mas o menos convexa concentrando el volumen en las categorías intermedias y reduciéndolo hacia las categorías extremas.



Cuadro 3 Parámetros dasométricos promedios de las especies en Bosque de quebrachillo

Especie	Grupo de interés	IVIcobertura		Abundancia		Dominancia		Volumen <sub>Juste</sub>		Frecuencia			
		Abs.	1/4	N/ha	%	1/4	G/ha	%	1/4	V/ha	%	1/4	f %
Diatenopteryx sorbifolia	Sinvi	14.6	1	84.0	17.2	1	4.53	13.9	1	9.21	8.1	2	100
Crinodendron tucumanum	Sinvi	13.9	1	46.0	9.4	2	5.50	16.8	1	20.20	17.8	1	100
Juglans australis	D	10.0	2	32.0	6.5	2	3.90	11.9	2	19.64	17.3	1	75
Pisonia ambigua	Sinvi	6.7	2	42.0	8.6	2	1.59	4.9	3	4.54	4.0	3	75
Enterolobium contortisiliquum	A	6.3	2	15.0	3.1	3	2.78	8.5	2	10.11	8.9	2	100
Myrcianthes pungens	NoMU	6.2	3	51.0	10.4	1	1.62	4.9	3	2.84	2.5	3	50
Parapiptadenia excelsa	PconU	6.1	3	28.0	5.7	3	2.06	6.3	3	6.19	5.4	3	100
Patagonula americana	PconU	5.7	3	32.0	6.5	3	2.11	6.5	2	6.50	5.7	3	100
Blepharocalyx gigantea	PconU	4.2	3	10.0	2.0	4	1.51	4.6	3	8.44	7.4	2	50
Nectandra ap-sp01	PconU	3.6	3	17.0	3.5	3	0.57	1.7	4	2.31	2.0	4	50
Sapium ap-sp01	Sinvi	3.1	4	10.0	2.0	4	1.12	3.4	4	4.31	3.8	3	50
Terminalia triflora	PconU	2.0	4	9.0	1.8	4	0.95	2.9	4	5.51	4.9	3	50
Senna ap-sp02	Sinvi	1.8	4	14.0	2.9	3	0.28	0.9	4	0.73	0.6	4	100
Machaerium ap-sp01	D	1.5	4	10.0	2.0	4	0.52	1.6	4	2.53	2.2	4	75
Achatocarpus praecox	Sinvi	1.5	4	11.0	2.2	3	0.19	0.6	4	0.34	0.3	4	75
Allophylus edulis	Sinvi	1.3	4	10.0	2.0	4	0.13	0.4	4	0.20	0.2	4	75
Anadenanthera macrocarpa	A	1.1	4	6.0	1.2	4	0.30	0.9	4	1.29	1.1	4	75
Schinus ap-sp01	Sinvi	0.8	4	5.0	1.0	4	0.14	0.4	4	0.37	0.3	4	25
Zanthoxylum rhoifolia	Sinvi	0.8	4	6.0	1.2	4	0.27	0.8	4	0.45	0.4	4	50
Zanthoxylum naranjillo	Sinvi	0.8	4	5.0	1.0	4	0.11	0.3	4	0.28	0.2	4	50
Salix humboldtiana	PconU	0.8	4	1.0	0.2	4	0.40	1.2	4	1.05	0.9	4	25
Tabebuia ap-sp01	PconU	0.7	4	1.0	0.2	4	0.36	1.1	4	2.64	2.3	4	25
Caesalpinia paraguayensis	PconU	0.6	4	2.0	0.4	4	0.38	1.2	4	1.46	1.3	4	25
Ruprechtia ap-sp02	Sinvi	0.6	4	6.0	1.2	4	0.10	0.3	4	0.16	0.1	4	25
Myroxylon periferum	A	0.6	4	3.0	0.6	4	0.30	0.9	4	0.79	0.7	4	25
Sambucus peruviana	Sinvi	0.6	4	5.0	1.0	4	0.08	0.2	4	0.07	0.1	4	75
Acacia visco	PconU	0.3	4	2.0	0.4	4	0.16	0.5	4	0.42	0.4	4	25
Trichocereus ap-sp01	NoMU	0.1	4	1.0	0.2	4	0.04	0.1	4	0.05	0.0	4	25
Tabebuia ap-sp02	PconU	0.1	4	1.0	0.2	4	0.01	0.0	4	0.04	0.0	4	25
y otras 12 especies	Sinvi	3.4		24.0	4.9		0.72	2.2		0.94	0.8		
TOTAL		100.0		489.0	100.0		32.7	100.0		113.6	100.0		

## Bosque de cebil y guayacán (*Anadenanthera* y *Machaerium* en Colinas)

Al contrario que el bosque de Galería, este tipo se extiende ampliamente por las laderas medias y superiores de la zona de colinas. Llega a los drenajes en zonas próximas a los Lomeríos, donde se entremezcla con el tipo cebil-soto y especies de bosques más serranos. De allí la más alta diversidad que se registra en este tipo.

También aparece como islas los lugares más altos (1560m de altitud) de la serranía media e inferior. El bosque se desarrolla entre una amplia variación de pendientes 10 -90%, entre 1080 a 1250 m de altitud.

Los suelos franco limosos derivados principalmente de areniscas, rojos a cafés, moderadamente sueltos, pedregosidad decimétrica abundante, ácidos entre 4.6 y 5.5. La altura del dosel emergente alcanza 24.4 m..

La diversidad florística es de 44 especies por hectárea. En la comunidad existen un total de 66 especies en la clase diamétrica de 10 cm dap, diversidad que disminuye a solo 8 especies en la clase diamétrica de 50 cm dap.

El peso ecológico reflejado por el IVI (cuadro 4) muestra a 2 especies, *Anadenanthera macrocarpa* y *Parapiptadenia excelsa* representando el 25%, mientras que el 50% está representado con 4 especies mas: *Pisonia ambigua*, *Machaerium sp*, *Capparis flexuosa* y *Myroxylon peruiferum*.

Se encontraron 544 árboles por hectárea. Solo 2 especies *Anadenanthera macrocarpa* y *Parapiptadenia excelsa* acumulan el 25% de la población total, con 4 más se llega a cubrir el 50% de la población, estas son *Capparis flexuosa* (7.1%), *Machaerium sp* (6.7%), *Pisonia ambigua* (6.3%) y *Myroxylon peruiferum* (4%).

El área basal por hectárea es de 21.7 m<sup>2</sup>, con el 25% acumulado en *Anadenanthera macrocarpa* (15.7%) y *Parapiptadenia excelsa* (13.7%), que sumados a *Pisonia ambigua* (8.8%), *Myroxylon peruiferum* (6.9%) y *Capparis flexuosa* (6.5%) acumulan la primera mitad de la población.

Las especies con 100% de frecuencia son, *Anadenanthera macrocarpa* y *Parapiptadenia excelsa*. Le siguen *Machaerium sp*. (91%), *Pisonia ambigua* (91%) y *Ruprechtia sp*. (82%)

El volumen por hectárea es de 63.6 m<sup>3</sup>, el 25% está conformado por 2 especies *Anadenanthera macrocarpa* (19%) y *Parapiptadenia excelsa* (15%), que junto *Myroxylon peruiferum* (9.9%), *Pisonia ambigua* (7.1%) y *Machaerium sp* (6%) acumulan más del 50% del volumen total.

Los árboles más gruesos de esta comunidad son *Chorisia insignis* con 83.7 cm dap, y *Schinopsis hankeana* con 78.3 cm dap.

La distribución de individuos por categoría diamétrica muestra aún mas acentuadamente muchos individuos de tamaño pequeño y pocos individuos grandes. Por debajo de 50 cm dap, encontramos el 98% (534 árboles) y por encima solo el 2% (10 árboles) de la población total. Con excepción de *Chorisia insignis* la población no presenta árboles en categorías mayores a 80 cm.

Los "cebiles" dominan en esta comunidad, *Anadenanthera macrocarpa* y *Parapiptadenia excelsa* son las especies más abundantes, dominantes y de mayor volumen, que cualquier otro par de especies.

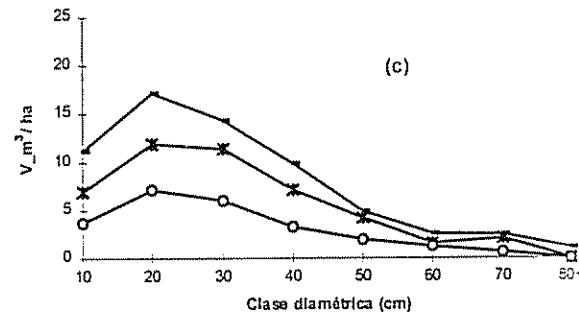
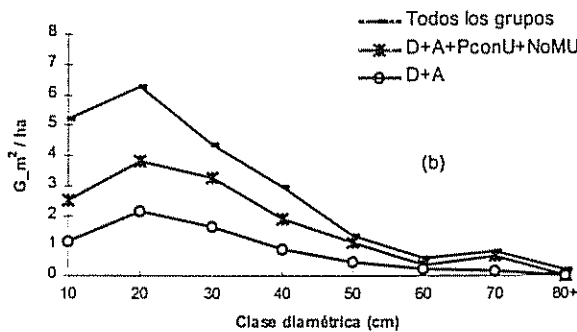
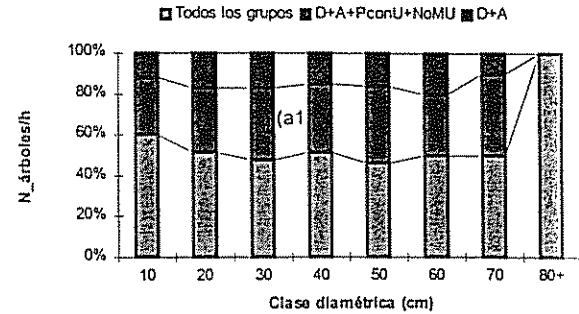
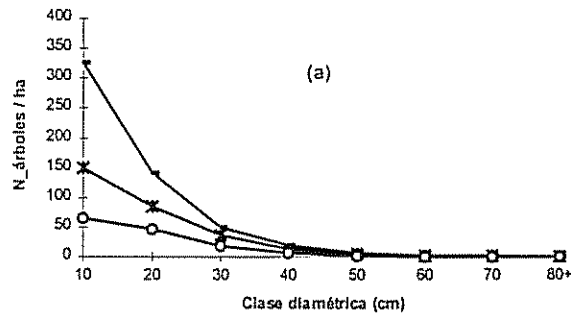


Figura 4 Distribución diamétrica por hectárea de los grupos de especies de interés para el bosque de cebil-guayacan: (a) número de árboles, (a1) proporción porcentual del número de árboles, (b) área basal y (c) volumen.

Las distribución del número de árboles de todas las especies por clases diamétricas (figura 4a), mantiene el patrón general para el promedio de los bosques tropicales. A diferencia de los bosques anteriores, los grupos de interés presentan curvas que tienden a parecerse a la "J" invertida, indicando un mejor potencial de regeneración.

La proporcionalidad entre la abundancia total y la abundancia de los grupos de interés para el manejo actual, (figura 4a1) tiende a ser uniforme en todas las clases diamétricas con excepción de la clase de 80 cm donde se registra una sola especie sin interés para el manejo.

El área basal de toda la población y los grupos de interés en términos generales decrece a medida que se aumenta el diámetro (figura 4b).

Igual comportamiento se observa para el volumen (figura 4c). aunque en comparación con los otros tipos de bosques se observa un aumento proporcional del volumen de los grupos de interés en relación al volumen total, especialmente en las categorías diamétricas inferiores. Esto se debe a que *Anadenanthera macrocarpa* se presenta en ciertos lugares formando rodales casi puros con gran cantidad de individuos y fustes notablemente alargados.

Cuadro 4 Parámetros dasométricos promedios de las especies en el Bosque de cebil y guayacan

Especie	Grupo	IVI <sub>cobertura</sub>		Abundancia			Dominancia			Volumen <sub>juste</sub>			Frecuencia	
		de interés	Abs.	1/4	N/ha	%	1/4	G/ha	%	1/4	V/ha	%	1/4	f
Anadenanthera macrocarpa	A	15.4	1	1	76.4	14.0	1	3.41	15.7	1	12.31	19.3	1	100
Parapiptadenia excelsa	PconU	12.8	1	1	61.8	11.4	1	2.97	13.7	1	9.57	15.0	1	100
Pisonia ambigua	Sinvi	6.7	2	2	34.2	6.3	2	1.91	8.8	2	4.53	7.1	2	91
Machaerium ap-sp01	D	6.2	2	2	36.7	6.7	2	1.30	6.0	3	3.80	6.0	2	91
Capparis flexuosa	Sinvi	6.1	2	2	38.9	7.1	2	1.41	6.5	2	3.44	5.4	3	73
Myroxylon peruiferum	A	4.8	2	2	21.8	4.0	3	1.49	6.9	2	6.32	9.9	2	73
Myrcianthes pungens	NoMU	3.9	3	3	29.5	5.4	2	0.65	3.0	3	1.53	2.4	3	73
Ruprechtia ap-sp02	Sinvi	3.7	3	3	28.7	5.3	3	0.51	2.3	3	0.84	1.3	4	82
Achatocarpus praecox	Sinvi	3.4	3	3	24.7	4.5	3	0.40	1.8	4	0.53	0.8	4	64
Acacia visco	PconU	3.3	3	3	12.4	2.3	4	0.78	3.6	3	2.42	3.8	3	55
Schinopsis haenkeana	PconU	3.1	3	3	10.9	2.0	4	0.90	4.1	3	3.35	5.3	3	73
Acacia ap-sp03	Sinvi	2.9	3	3	13.5	2.5	3	0.33	1.5	4	0.61	1.0	4	18
Hippomane ap-sp01	Sinvi	2.6	3	3	18.5	3.4	3	0.27	1.3	4	0.47	0.7	4	82
Zanthoxylum pterota	Sinvi	2.6	3	3	18.5	3.4	3	0.42	1.9	4	0.71	1.1	4	73
Chorisia insignis	Sinvi	1.7	4	4	6.5	1.2	4	0.65	3.0	3	2.38	3.7	3	55
Trichocereus ap-sp01	NoMU	1.5	4	4	10.2	1.9	4	0.21	1.0	4	0.24	0.4	4	82
Terminalia triflora	PconU	1.5	4	4	6.5	1.2	4	0.39	1.8	4	1.09	1.7	4	55
Diatenopteryx sorbifolia	Sinvi	1.5	4	4	8.0	1.5	4	0.37	1.7	4	0.83	1.3	4	55
Phyllostylon rhamnoides	PconU	1.2	4	4	6.2	1.1	4	0.43	2.0	3	1.32	2.1	3	27
Pseudobombax argentinum	Sinvi	1.2	4	4	4.7	0.9	4	0.31	1.4	4	1.25	2.0	4	45
Enterolobium contortisiliquum	A	1.1	4	4	2.2	0.4	4	0.34	1.5	4	1.05	1.6	4	18
Ximenea americana	Sinvi	1.1	4	4	7.3	1.3	4	0.18	0.8	4	0.24	0.4	4	36
Tabebuia ap-sp02	PconU	1.0	4	4	5.8	1.1	4	0.22	1.0	4	0.84	1.3	4	55
Patagonula americana	PconU	0.6	4	4	2.2	0.4	4	0.19	0.9	4	0.44	0.7	4	36
Astronium urundeuva	A	0.4	4	4	1.1	0.2	4	0.04	0.2	4	0.10	0.2	4	9
Caesalpinia paraguayensis	PconU	0.3	4	4	2.2	0.4	4	0.05	0.2	4	0.08	0.1	4	36
Tabebuia ap-sp05	NoMU	0.3	4	4	1.8	0.3	4	0.08	0.4	4	0.25	0.4	4	9
Tabebuia ap-sp01	PconU	0.2	4	4	1.8	0.3	4	0.04	0.2	4	0.11	0.2	4	27
Juglans australis	D	0.2	4	4	0.4	0.1	4	0.06	0.3	4	0.16	0.2	4	9
Tabebuia ap-sp03	PconU	0.1	4	4	0.4	0.1	4	0.01	0.0	4	0.02	0.0	4	9
Cedreia ap-sp01	D	0.1	4	4	0.4	0.1	4	0.01	0.0	4	0.03	0.0	4	9
Y otras 35 especies	Sinvi	8.4	4	4	50.2	9.2	4	1.42	6.5	4	2.78	4.4	4	
TOTAL		100.0			544.4	100.0		21.74	100.0		63.64	100.0		

### Bosque de cebil y soto (*Anadenanthera* y *Schinopsis* en Lomeríos)

Este bosque esta extendido sobre lomas de poca altura (1080 a 1170 m), cimas redondeadas, flancos bien expuestos, pendientes generalmente fuertes entre 58 y 105%, drenajes con corrientes de agua estacionales. Ha sido la zona más intervenida para extracción doméstica de productos del bosque, y de mayor presión del pastoreo/ramoneo de ganado vacuno.

Los suelos también son derivados de areniscas y arcillitas, lo que da lugar a suelos limosos, rojizos sueltos a moderadamente sueltos, pedregosidad variable mas que todo decimétrica, acidez relativamente alta entre 4.7 y 5.6, con árboles que presentan el más bajo dosel emergente promedio con 17,1 m.

La diversidad florística es de 32 especies por hectárea. En la comunidad se registró un total de 34 especies en la clase diamétrica de 10 cm dap, diversidad que disminuye a solo 4 especies en la clase diamétrica de 50 cm dap.

El peso ecológico reflejado por el IVI (cuadro 5) muestra a 2 especies, *Anadenanthera macrocarpa* (24.2%) que casi cubre el primer cuarto de la población total, luego encontramos a *Schinopsis hankeana* (18.7%). con estas dos especies sobrepasamos ampliamente el primer tercio del IVI total, por lo que al sumar la tercera especie importante *Caesalpinia paraguayensis* (8.7%) se alcanza el 50% del total.

Se encontraron 475 árboles por hectárea. Solo *Anadenanthera macrocarpa* (25.6%) cubre el primer cuarto de la población total. Resalta la abundancia de *Schinopsis hankeana* (16.7%) que junto a *Parapiptadenia excelsa* (9.3%) constituyen el segundo cuarto de la población, sumando entre las tres especies más del 50%.

El área basal por hectárea es de 13.4 m<sup>2</sup>, cerca del primer cuarto está acumulado por *Schinopsis hankeana* (24.6%), luego *Anadenanthera macrocarpa* (20.2%) y nuevamente *Caesalpinia paraguayensis* (7.7%) sumándose para definir la primera mitad de la población total.

Las especies con 100% de frecuencia son, *Anadenanthera macrocarpa*, *Schinopsis hankeana*, *Caesalpinia paraguayensis* y *Parapiptadenia excelsa*. Siguen varias otras especies con 71% a partir del tercer cuarto de la población.

El volumen por hectárea es de 34.9 m<sup>3</sup>, más del primer cuarto del volumen total está acumulado en una especie *Schinopsis hankeana* (31.7%), que junto a *Anadenanthera macrocarpa* (22.9%) y *Caesalpinia paraguayensis* (7.7%) suman más del 50% del volumen total.

Los árboles mas gruesos de esta comunidad son de *Schinopsis hankeana* con 61 cm dap, y *Schinopsis hankeana* con 59.7 cm dap.

La distribución de individuos por categoría diamétrica muestra muy pocos individuos de grandes dimensiones. Por debajo de 50 cm dap, encontramos el 99% (471 árboles) y por encima solo el 1% (4 árboles) de la población total.

De hecho con excepción del árbol más grueso mencionado, la población no esta representada en categorías superiores a 60 cm

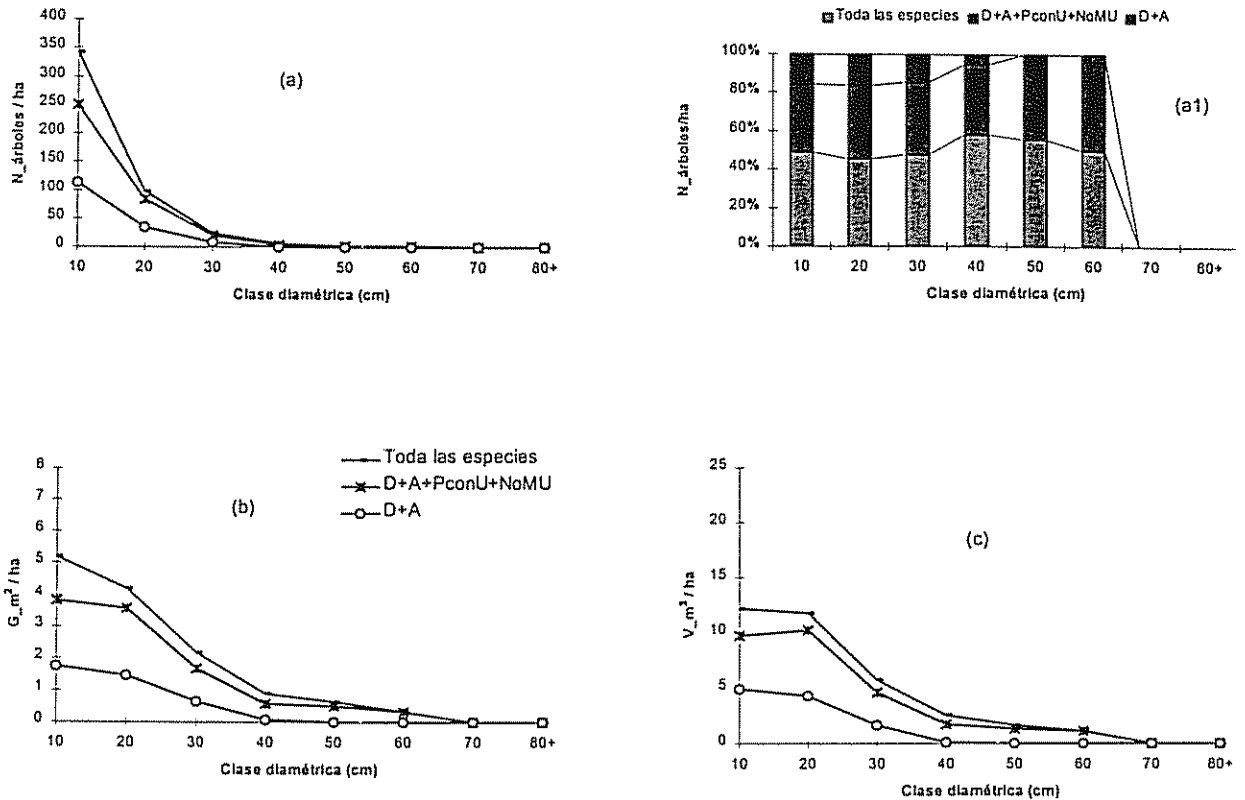


Figura 5. Distribución diamétrica por hectárea de los grupos de especies de interés para el bosque de cebil - soto: (a) número de árboles, (a1) proporción porcentual del número de árboles, (b) área basal y (c) volumen.

La dominancia en este bosque esta alternada entre *Schinopsis hankeana* y *Anadenanthera macrocarpa*, acompañadas de otras importantes especies como son *Caesalpinea paraguayensis*, *Parapiptadenia excelsa* y *Astronium urundeuva*.

La distribución del número de árboles de todas las especies por clases diamétricas (figura 5a), muestran los mismos patrones que descritos en el bosque de colinas. Los grupos de interés cortan sus poblaciones en distintos límites diamétricos. El grupo (D+A) desaparece a partir de 40 cm de dap y solo las especies (PconU+NoMU) llegan hasta los 60 cm.

La proporcionalidad entre la abundancia total y la abundancia de los grupos de interés para el manejo actual, (figura 5a1) aumenta hacia diámetros superiores especialmente para el grupo de especies potenciales y no maderables.

El área basal de toda la población y los grupos de interés decrece notoriamente a medida que se aumenta el diámetro (figura 5b).

Igual comportamiento se observa para el volumen (figura 5c), aunque en comparación con los otros tipos de bosques se observa un aumento proporcional del volumen de uno de los grupo de interés con relación al volumen total, a lo largo de todas las categorías. Esto se debe a la abundante regeneración de *Schinopsis hankeana* y *Anadenanthera macrocarpa*.

Cuadro 5 Parámetros dasométricos promedios de las especies en el Bosque de cebil y soto

Especie	Grupo de interés	IVI <sub>cobertura</sub>		Abundancia		Dominancia		Volumen <sub>fuste</sub>		Frecuencia			
		Abs.	1/4	N/ha	%	1/4	G/ha	%	1/4	V/ha	%	1/4	f %
Anadenanthera macrocarpa	A	24.2	1	121.7	25.6	1	2.71	20.2	1	7.66	22.0	2	100
Schinopsis haenkeana	PconU	18.7	1	79.4	16.7	2	3.29	24.6	1	11.04	31.7	1	100
Caesalpinia paraguayensis	PconU	8.7	2	33.7	7.1	3	1.03	7.7	2	1.51	4.3	3	100
Parapiptadenia excelisa	PconU	6.9	3	44.0	9.3	2	1.03	7.6	2	2.69	7.7	3	100
Astronium urundeuva	A	5.5	3	20.6	4.3	3	0.74	5.5	3	2.08	6.0	3	57
Ruprechtia ap-sp02	Sinvi	4.2	3	28.0	5.9	3	0.38	2.8	3	0.65	1.9	3	71
Pseudobombax argentinum	Sinvi	3.2	3	13.1	2.8	3	0.66	5.0	3	1.87	5.4	3	43
Chorisia insignis	Sinvi	2.5	3	8.0	1.7	4	0.5	3.7	3	1.2	3.3	3	57
Phyllostylon rhamnoides	PconU	2.3	3	10.9	2.3	3	0.26	2.0	4	0.56	1.6	4	71
Terminalia triflora	PconU	1.9	4	9.1	1.9	4	0.14	1.0	4	0.20	0.6	4	57
Trichocereus ap-sp01	NoMU	1.9	4	9.7	2.0	4	0.25	1.8	4	0.40	1.2	4	71
Acacia praecox	Sinvi	1.7	4	10.3	2.2	3	0.12	0.9	4	0.17	0.5	4	71
Machaerium ap-sp01	D	1.7	4	8.6	1.8	4	0.32	2.4	3	0.74	2.1	3	43
Schinus ap-sp01	Sinvi	1.7	4	6.3	1.3	4	0.15	1.2	4	0.22	0.6	4	14
Patagonula americana	PconU	1.5	4	7.4	1.6	4	0.14	1.0	4	0.27	0.8	4	29
Athyana weinmannifolia	Sinvi	1.5	4	9.7	2.0	4	0.25	1.9	4	0.53	1.5	4	57
Pisonia ambigua	Sinvi	1.2	4	5.1	1.1	4	0.28	2.1	4	0.56	1.6	4	29
Capparis flexuosa	Sinvi	1.1	4	5.7	1.2	4	0.10	0.8	4	0.16	0.5	4	43
Myroxylon peruiferum	A	1.1	4	2.9	0.6	4	0.13	1.0	4	0.45	1.3	4	29
Pentapanax angelicifolius	Sinvi	1.0	4	6.9	1.4	4	0.15	1.1	4	0.25	0.7	4	43
Astronium ap-sp02	PconU	1.0	4	5.1	1.1	4	0.18	1.4	4	0.62	1.8	3	43
Tipuana tipu	A	0.2	4	0.6	0.1	4	0.02	0.1	4	0.07	0.2	4	29
Pterogyne nitens	PconU	0.7	4	2.9	0.6	4	0.06	0.4	4	0.13	0.4	4	14
Prosopis ap-sp01	PconU	0.7	4	2.9	0.6	4	0.05	0.4	4	0.01	0.0	4	14
Tabebuia ap-sp02	PconU	0.2	4	0.6	0.1	4	0.02	0.1	4	0.02	0.0	4	14
y otras 13 especies	Sinvi	4.8		21.7	4.6		0.46	3.4		0.85	2.5		
<b>TOTAL</b>		<b>100.0</b>		<b>474.9</b>	<b>100.0</b>		<b>13.4</b>	<b>100.0</b>		<b>34.9</b>	<b>100.0</b>		

## 7. LISTA GENERAL PRELIMINAR DE ESPECIES LEÑOSAS

### ACHATOCARPACEAE

*Achatocarpus praecox* Griseb.

*Patagonula americana* L.

### ANACARDIACEAE

*Anacardiaceae* sp01

*Astronium* sp02

*Astronium urundeuva* (Allemao) Engl.

*Cardenasiodendron brachypterum* Bark.

*Mauria ferruginea* Tul.

*Schinopsis haenkeana* Engl.

*Schinus* sp01

*Schinus* sp02

*Schinus* sp03

### CACTACEAE

*Trichocereus* sp01

### CAPPARIDACEAE

*Capparis flexuosa* (L.) L.

*Capparis* sp01

### CAPRIFOLIACEAE

*Sambucus peruviana* H.B.K.

### ANNONACEAE

*Annonaceae* sp01

### CARICACEAE

*Carica* sp01

### ARALIACEAE

*Pentapanax angelicifolius* Griseb.

*Schefflera* sp01

### CELASTRACEAE

*Celastraceae* sp01

*Celastraceae* sp02

### ASTERACEAE

*Asteraceae* sp01

*Cnicothamnus* sp01

*Eupatorium* sp01

*Senecio* sp01

*Senecio* sp02

### COMBRETACEAE

*Terminalia triflora* (Griseb.) Lillo

### ELEOCARPACEAE

*Crinodendron tucumanun* Lillo

### BIGNONIACEAE

*Tabebuia* sp01

*Tabebuia* sp02

*Tabebuia* sp03

*Tabebuia* sp05

### EUPHORBIACEAE

*Croton urucurana* Baill.

*Croton* sp02

*Hippomane* sp01

*Sapium* sp01

### BOMBACACEAE

*Chorisia insignis* H.B.K.

*Pseudobombax argentinum* (R.E. Fries)

*Robins*

### FLACOURTIACEAE

*Casearia* sp01

*Prockia* sp01

### BORAGINACEAE

### ICACINACEAE



*Icacinaceae* sp01

JUGLANDACEAE

*Juglans australis* Griseb.

LAURACEAE

*Lauracea* sp05

*Nectandra angusta* Rohwer

*Nectandra* sp01

*Nectandra* sp02

*Phoebe porphyria* (Griseb.) Mez

LEG.-CAESALPINACEAE

*Caesalpinia floribunda* Tul.

*Caesalpinia paraguariensis* Burkart

*Pterogyne nitens* Tul.

*Senna* sp02

LEG.-MIMOSACEAE

*Acacia aroma* Gill.

*Acacia etilis* Griseb.

*Acacia praecox* Griseb.

*Acacia* sp03

*Acacia visco*

*Anadenanthera macrocarpa* Benth.

*Anadenanthera* sp01

*Enterolobium contortisiliquum* (Well.) Morong.

*Inga* sp01

*Parapiptadenia excelsa* (Griseb.) Burk.

*Prosopis* sp01

LEG.-PAPILIONACEAE

*Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Smith.

*Machaerium* sp01

*Myroxylon peruiferum* L.

*Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze

MELIACEAE

*Cedrela* sp01

*Trichilia claussoni* C. DC.

MORACEAE

*Ficus* sp01

*Moraceae* sp01

MYRSINACEAE

*Myrsine* sp01

MYRTACEAE

*Blepharocalyx gigantea* (H.B.K.) O. Berg

*Myrciaria* sp01

*Myrcianthes pungens* (O. Berg) Legrand

*Myrcianthes* sp01

*Myrciaria* sp02

*Myrcianthes* sp03

*Siphoneugena* sp01

NN

*Desconocida* sp14

*Desconocida* sp233

*Desconocida* sp311

*Desconocida* sp353

NYCTAGINACEAE

*Bougainvillea aff. campanulata* Heimerl.

*Bougainvillea* sp02

*Pisonia ambigua* Heimerl.

OLACACEAE

*Olacacea* sp01

*Ximenia americana* L.

PAPAVERACEAE

*Bocconia pearcei* L.

*Piper tucumanum* C. DC.

*Piper* sp02

*Piper* sp03

POLYGONACEAE

*Ruprechtia* sp02

*Coccoloba tiliacea* Lindau.

*Ruprechtia* sp01

PROTEACEAE

*Roupala montana* Aublet

RHAMNACEAE

*Rhamnus* sp01

ROSACEAE

*Prunus sp01*  
*Prunus sp02*

#### RUBIACEAE

*Pogonopus tubulosus (D.C.) Schum.*  
*Randia sp01*

#### RUTACEAE

*Zanthoxylum naranjillo (Griseb.) Engl.*  
*Zanthoxylum pterota L.*  
*Zanthoxylum rhoifolia (Lam.) Engl.*  
*Zanthoxylum sp04*

#### SALICACEAE

*Salix humboldtiana Willd.*

#### SAPINDACEAE

*Allophylus edulis (A. in St. Hil) Radlk.*  
*Athyana weinmannifolia (Griseb.) Radlk.*  
*Cupania vernalis Cambess*  
*Diatenopteryx sorbifolia Radlk.*

#### SAPOTACEA

*Chrysophyllum gonocarpum (Mar. & Eich.)  
Eng.*  
*Pouteria sp01*

#### SOLANACEAE

*Solanum sp01*  
*Vassobia sp01*

#### THEACEAE

*Ternstroemia sp01*

#### TILIACEAE

*Lueheopsis sp01*  
*Luehea sp01*

#### ULMACEAE

*Celtis sp01*  
*Phyllostylon rhamnoides (Pois.) Taub.*

#### URTICACEAE

*Urera baccifera (L.) Gaudich.*  
*Urera caracasana (Jacq.) Steudel*

#### VERBENACEAE

*Duranta sp01*

#### ZIGOPHYLLACEAE

*Porlieria microphylla Griseb.*