

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS  
DEL CIPRES (CUPRESSUS LUSITANICA MILL.)  
EN EL VALLE CENTRAL DE COSTA RICA

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Juan Fernández Ibañez



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación  
Turrialba, Costa Rica  
Junio, 1971

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS  
DEL CIPRES (CUPRESSUS LUSITANICA MILL.)  
EN EL VALLE CENTRAL DE COSTA RICA

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados  
como requisito parcial para optar al grado

de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:

Gilberto Pérez, Ph.D.

Consejero

Luis Blach, Ing. Civil

Comité

Pufu Bazán, Ph.D.

Comité

Harry J. van der Slooten, M.S.

Comité

Junio, 1971

A mis madres:

Julia y Luz-Mila

A la memoria de Walter,  
mi hermano espiritual.

y

A la familia Ponce-López

AGRADECIMIENTOS

El autor manifiesta su sincero agradecimiento al Dr. Gilberto Páez, Consejero Principal, por su constante orientación, ayuda y apoyo prestado durante la realización del presente trabajo.

A los miembros del Comité Consejero: Ing. Luis Llach, Dr. Rufo Bazán e Ing. Harry J. van der Slooten, por el interés demostrado y las sugerencias técnicas recibidas.

Al Ing. Thomas A. McKenzie por su valiosa cooperación como miembro del Comité Consejero, hasta junio de 1971.

Al Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del IICA por haber patrocinado sus estudios de postgrado.

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería de Bolivia por la licencia otorgada durante el tiempo de permanencia en el IICA-CTEI.

A los señores, Ing. Rodrigo González y Carlos Wiessel, por su decidida colaboración.

Al personal técnico y auxiliar del Laboratorio de Maderas.

A los propietarios e Instituciones que facilitaron el material de estudio.

A mis compatriotas Osvaldo Sanabria y Víctor Quiroga por su ayuda prestada.

A los miembros del Centro de Cálculo de la Universidad de Costa Rica e IICA -CTEI.

A la Srta. Emma Chacón por los trabajos de mecanografía de la tesis y a todas las personas que en una u otra forma colaboraron en la elaboración de la misma.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Sucre, Bolivia.

Cursó estudios primarios y secundarios en la ciudad de Oruro.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de San Simón de Cochabamba, Bolivia, egresando el año 1962.

De 1962 a 1965 trabajó en el Servicio Agrícola Interamericano, como Técnico del Departamento de Suelos.

Desde abril de 1966 hasta la fecha, desempeña el cargo de Técnico en Inventarios Forestales, en el Servicio de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura de La Paz, Bolivia.

En setiembre de 1969 ingresó a la Escuela para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en Turrialba, Costa Rica, como estudiante del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en julio de 1971.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	4
2.1 Origen, Distribución Natural y Ecológica del Ciprés .....	4
2.2 Descripción Botánica .....	7
2.3 Estudios Anatómicos .....	8
2.4 Propiedades Físicas .....	9
2.5 Propiedades Mecánicas .....	10
2.6 Influencia del Peso Específico sobre las Propiedades de la Madera .....	11
2.7 La Madera del Ciprés y sus Usos .....	15
2.8 Rendimiento Volumétrico del Ciprés .....	15
2.9 Tipo de Muestreo y Número de Muestras Necesarias .....	16
3. MATERIALES Y METODOS .....	18
3.1 Localización del Area de Estudio .....	18
3.1.1 Suelos del Valle Central .....	18
3.1.2 Fisiografía .....	20
3.1.3 Hidrología .....	20
3.1.4 Clima .....	22
3.2 Reconocimiento Preliminar .....	24
3.3 Recolección de las Muestras .....	26
3.4 Material Básico para el Ensayo .....	28
3.4.1 Preparación de las probetas para los ensayos de peso específico y contracción	28
3.4.2 Preparación de las probetas para los análisis mecánicos .....	30
3.4.3 Secado de la madera .....	30

	<u>Página</u>
3.5 Determinación de las Propiedades Físico-Mecánicas .....	32
3.6 Descripción Anatómica .....	32
3.7 Número de Pruebas .....	33
3.8 Equipo de Campo y Laboratorio .....	33
3.8.1 Material de campo .....	33
3.8.2 Material de gabinete .....	34
3.8.3 Equipo de carpintería .....	34
3.8.4 Equipo anatómico .....	35
3.9 Cálculo y Análisis de los Resultados .....	35
4. RESULTADOS .....	36
4.1 Descripción Anatómica .....	36
4.1.1 Características generales .....	36
4.1.2 Características macroscópicas .....	37
4.1.3 Características microscópicas .....	37
4.2 Análisis de las Propiedades Físicas .....	37
4.2.1 Peso específico .....	37
4.2.2 Contracciones .....	40
4.2.3 Variabilidad del peso específico básico del árbol .....	40
4.2.4 Estructura de asociación entre el peso específico básico y otras variables .....	42
4.2.5 Estructura de asociación entre peso específico del barrenado de Pressler y otras variables .....	43
4.3 Análisis de las Propiedades Mecánicas .....	44
4.3.1 Propiedades mecánicas en condición seca al aire .....	44
4.3.2 Propiedades mecánicas en condición verde .....	48
4.3.3 Estructura de asociación entre peso específico básico y algunas propiedades mecánicas del ciprés .....	52
4.3.4 Comparación de las propiedades físico-mecánicas del ciprés de Costa Rica con el ciprés de Guatemala y Kenya .....	54



	<u>Página</u>
4.3.5 Comparación de las propiedades físico-mecánicas del ciprés con otras coníferas de peso específico básico similar	54
4.3.6 Análisis estadístico de las propiedades físico-mecánicas del ciprés .....	57
4.3.7 Datos estadísticos de importancia para el cálculo de esfuerzos básicos .....	61
5. DISCUSION .....	62
5.1 Peso Específico .....	62
5.2 Propiedades Mecánicas .....	64
6. CONCLUSIONES .....	68
RESUMEN .....	70
SUMMARY .....	73
LITERATURA CITADA .....	76
APENDICE .....	83

## LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro</u>		<u>Página</u>
1	Zonas de vida ecológica de los países americanos en que habita el <u>Cupressus lusitanica</u> Mill. según el sistema de Holdridge (17) .....	6
2	Relación termopluviométrica del Valle Central de Costa Rica, donde se llevó a cabo estudio, según Sáenz (64) .....	23
3	Características generales de los sitios muestreados .....	27
4	Propiedades físicas del <u>Cupressus lusitanica</u> en el ámbito muestreado, y comparación entre el peso específico barreno de Pressler .....	38
5	Propiedades físicas del <u>Cupressus lusitanica</u> en varias localidades .....	39
6	Análisis de los componentes de varianza del peso específico básico .....	41
7	Estructura de asociación entre el peso específico básico y otras variables .....	42
8	Matriz de correlación entre el peso específico barreno de Pressler con el peso específico básico, altura comercial, número de anillos, tasa de crecimiento y edad .....	43
9	Propiedades mecánicas del ciprés. Condición seca al aire .....	45
10	Propiedades mecánicas del ciprés. Condición verde .....	49
11	Matriz de correlación entre el peso específico básico y las propiedades mecánicas .....	53
12	Comparación del promedio de algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de <u>Cupressus lusitanica</u> Mill. en Kenya (58), Guatemala(60) y Costa Rica .....	55

<u>Cuadro</u>		<u>Página</u>
13	Comparación de las propiedades físico-mecánicas del <u>Cupressus lusitanica</u> Mill., con otras especies forestales en condición verde y seca al aire 12% de peso específico básico similar ....	56
14	Análisis estadístico de las propiedades del <u>Cupressus lusitanica</u> Mill. Condición seca al aire 12% .....	58
15	Análisis estadístico de las propiedades del <u>Cupressus lusitanica</u> Mill. Condición verde ...	59
16	Datos estadísticos de algunas propiedades de <u>Cupressus lusitanica</u> en condición verde, de importancia para el cálculo de esfuerzos básicos	60

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Mapa de ubicación y croquis del Valle Central de Costa Rica, según Sáenz (64) .....	19
2	Principales grandes grupos de suelos del Valle Central de Costa Rica, según Resources Inventory Corps of Engineers, US. Army (62) .....	21
3	Distribución del ciprés en el Valle Central de Costa Rica, según zonas de vida de Holdridge (37)	25
4	Posición de las trozas y discos en cada árbol..	29
5	Posición de las probetas para los ensayos mecánicos, según las normas de ASTM (2), patrón cruciforme .....	31

## 1. INTRODUCCION

Las industrias de fomento y utilización de la madera, figuran entre las primeras en la vida económica de las naciones que cuentan con bosques adecuados y productivos. La madera, producto derivado de los bosques, constituye uno de los pilares más sólidos dentro del campo de la construcción y la industria maderera; que debido a sus características físicas, mecánicas, estructurales y estéticas es un material fácilmente trabajable, y de gran resistencia con relación a su peso (74), siendo además una extraordinaria fuente de materia prima para las más diversas aplicaciones.

Por este razón, la política forestal de los gobiernos, cuyos bosques son explotados en forma selectiva y alejados cada día más de los centros de consumo, deben dirigir sus investigaciones tanto tecnológicas, anatómicas y silviculturales hacia las especies que se encuentran muy próximas a estos centros.

En la Meseta Central de Costa Rica, existen dos especies de rápido crecimiento, el ciprés (Cupressus lusitanica Mill.) y el jaúl (Alnus jorullensis HBK), cuya adaptación climática es conocida y en la actualidad su utilización es limitada por no tenerse mayor conocimiento de sus propiedades tecnológicas.

Por el momento en Costa Rica, la madera del ciprés se utiliza como material en la construcción de viviendas, decoraciones, parket, fabricación de puertas, ventanas y utensilios de cocina.

Mientras que en Africa (58), la madera del Cupressus lusitanica es usada como madera estructural, durmientes de ferrocarril, tejuelas para techos, postes eléctricos y telefónicos.

El ciprés, no obstante de ser plantado como cortinas rompe-vientos; en el futuro puede ser la especie de mayor uso, si es plantado y manejado técnicamente, debido a su rápido crecimiento, buena regeneración natural, rendimientos volumétricos, aproximadamente de 550 m<sup>3</sup> por hectárea (11), madera de buena calidad, y de alta durabilidad.

Las plantaciones existentes de ciprés en el Valle Central de Costa Rica, según Holdridge (38) y Standley (69), corresponden a la especie Cupressus lusitanica Mill., introducido más o menos en el año 1860 (12) y plantado como cortinas rompe-vientos en las zonas altas y áreas cafetaleras del país; en las ciudades es plantada como árbol ornamental, desarrollando perfectamente en diversas zonas de vida.

En vista, que el ciprés cada día puede adquirir mayor importancia en la industria maderera, en el futuro es necesario tener un conocimiento exhaustivo de los factores que afectan las variaciones de sus propiedades.

Esto exige mayores estudios tecnológicos y científicos. El presente estudio da a conocer en forma amplia y completa, de acuerdo con las normas de la "American Society for Testing

and Materials"(ASTM), el resultado de los diversos ensayos tendientes a determinar las propiedades mecánicas básicas del ciprés. Los datos obtenidos servirán de base y guía a los industriales madereros, constructores y otros usuarios.

Los objetivos específicos del presente estudio son:

- 1) Evaluar las propiedades físicas y mecánicas en condición verde y seca al aire, para establecer la influencia del contenido de humedad sobre la resistencia mecánica de la madera, y calcular los esfuerzos básicos.
- 2) Determinación de la variación de las propiedades de la madera en el ámbito geográfico muestreado.
- 3) Determinación de la correlación entre el peso específico básico y las propiedades de la madera.
- 4) Evaluación de la mejor aplicación de la madera del ciprés.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Origen, Distribución Natural y Ecología del Ciprés

Sin excepción alguna, los gimnospermas más conocidos y económicamente importantes en las zonas templadas, pertenecen al orden coniferales. El ciprés (Cupressus lusitanica Mill.), pertenece al género Cupressus, familia Cupressaceae del orden coniferales.

A la fecha, no existen pruebas documentadas que establecen el verdadero origen del ciprés (Cupressus lusitanica Mill.) debido a que muchos botánicos lo describen como originario de la India, mientras que otros investigadores opinan que procede de México (38,52).

La distribución natural del ciprés comprende desde las altas montañas húmedas del sur de México, aproximadamente desde los 21° de latitud norte hasta el sur de las montañas de Guatemala, llegando a El Salvador y Honduras (38,61,69,70,79). Según Carvalho (16), Cianciulli (18) y Golfari (32), el ciprés se extiende a partir de México por el norte hasta la Argentina por el sur. Por su parte, Parry (57) y Streets (71), mencionan que el ciprés mexicano es cultivado en Portugal, España, África Oriental y Meridional, y Oceanía.

Holdridge (37,38), menciona que el ciprés habita dentro de



las siguientes zonas de vida, "bosque muy húmedo montano bajo tropical" con precipitaciones anuales que fluctúan dentro de los 2000 a 4000 mm, y una temperatura media anual de 12°C, con presencia de heladas o temperaturas críticas (37,38,79).

Gutiérrez (35), indica que el ciprés se adapta perfectamente en condiciones de suelo y clima muy variados. Resistiendo y sobreviviendo las heladas, la nieve y la sequía prolongada (22,34,56). En suelos erosionados se establece perfectamente, pero su crecimiento es lento. En las zonas húmedas donde los suelos son aptos, el ciprés es un buen productor de madera y su crecimiento es rápido (37,47,48).

El Centro Tropical de Investigaciones Forestales (17), informa que debido a su amplia distribución ecológica; con respecto al macroclima y tipos de suelo, el ciprés es una especie claramente definida en las siguientes "zonas de vida" (Cuadro 1).

Standley (69), al describir el ciprés en Guatemala menciona, que es la única especie que se encuentra en forma natural a elevaciones de 2700 a 3500 m snm. Popanoe citado por Goitia (31), indica que el ciprés crece abundantemente entre los 2400 a 3300 m snm, y recomienda como especie apta para la reforestación de las laderas montañosas erosionadas. Por lo general, el ciprés en estado nativo, se encuentran en rodales puros, sin embargo, algunas veces se encuentra asociado con Pinus montezuma, Pinus ayacahuita, Abies religiosa y Abies guatemalensis, otras

veces está asociado con especies de hoja ancha como son: Prunus sp., Cornus sp., Carya sp. y varias Lauraceae (38).

Cuadro 1. Zonas de vida ecológica de los países americanos en que habita el Cupressus lusitanica Mill. según el sistema de Holdridge (17).

País	Zonas de Vida*	Altitud (mts)	Precipitación
Colombia	b.h. - M. B.	3050	1580
	b.h. - M.B.	2550	1800
	b.h. - M.B.	2600	1000
Ecuador	b.h. - M.	3200	1400
	b.m.h. - P.M.	1000	2200
Guatemala	b.h. - M.B.	1700	1016
México	b.h. - M.B.	2800	1280
Puerto Rico	b.m.h. - P.M.	750	2210
	b.m.h. - P.M.	1000	2525
	b.m.h. - P.M.	650	2667

\* b.h. - M.B. = Bosque húmedo Montano bajo.  
b.m.h. - P.M. = Bosque muy húmedo Pre-Montano.  
b.h. - M. = Bosque húmedo Montano

## 2.2 Descripción Botánica

Entre los nombres científicos se le conoce bajo los siguientes sinónimos: Cupressus lusitanica Mill. (1768) (23); C. benthamii Endl; C. lusitanica var. benthamii (24); C. lindleyi Klotsch (1857) (22); C. glauca Link (1786) (56) y C. coulteri Forbes (1839) (22,56).

Entre los nombres vulgares se le conoce bajo los siguientes sinónimos: Ciprés; Ciprés lustiánico; Ciprés de Goa; Cedro de Goa; Ciprés du Portugal (15,57); Mexican Cypress (22); Ciprés mexicano (38); Pino (13,41) y Cedro blanco (76).

Las especies del género Cupressus, son árboles siempre verdes, y que bajo condiciones favorables pueden alcanzar alturas de 40 m y diámetros superiores a los 100 cm, el tronco por lo general es recto, con 80% de madera aprovechable, con pequeñas gambas de 0,40 a 0,60 cm de alto. La corteza es comúnmente delgada de 5 a 15 mm, con grietas longitudinales, de color violáceo a gris oscuro. La corteza de las ramitas primarias es lisa, a veces escamoso, de color oscuro violáceo o ceniciento (38,57, 65,70,76).

El ciprés tiene hojas escamiformes, de diferentes formas y tamaños, más o menos de 16 mm de largo, de color verde muy oscuro, presentándose por lo general en cuatro hileras adheridas a las ramitas (56). Las hojas son ovaladas o punteagudas, con

una glándula en el dorso. Los ejes tienen hojas ovaladas y agudas, por lo general más grandes, en cambio las hojas de las ramitas secundarias son más anchas y cortas, mientras que en los renuevos son muy largos y agudos (16,38,77).

Arbol monoico, cuyas flores masculinas se encuentran en amentos de 2 a 4 mm de largo (13,54,66), situados en las extremidades de las ramitas, con cuatro hileras de brácteas que protegen los sacos políneos, excepto las apicales que son estériles. Las flores femeninas presentan una inflorescencia globosa y son formadas por escamas gruesas que con excepción de las inferiores, abrigan a varias series de óvulos (16,76).

Los conos o frutos, son solitarios, sostenido por pedúnculos cortos, generalmente cortos o casi sésiles. Cada fruto está compuesto de seis a ocho escamas, las cuales rematan en una espina curva hacia abajo; de 10 a 15 mm de largo, de color azul glauco al principio, y luego se torna de un color rojizo oscuro (38,52,76).

Las semillas son aladas, de 3 a 5 mm de largo; cada cono contiene de 50 a 120 semillas, con una capacidad germinativa en el vivero del 20% (28,38,57).

### 2.3 Estudios Anatómicos

El conocimiento de la estructura anatómica de las maderas, es de vital importancia dentro de la industria maderera. Es

una glándula en el dorso. Los ejes tienen hojas ovaladas y agudas, por lo general más grandes, en cambio las hojas de las ramitas secundarias son más anchas y cortas, mientras que en los renuevos son muy largos y agudos (16,38,77).

Arbol monoico, cuyas flores masculinas se encuentran en amentos de 2 a 4 mm de largo (13,54,66), situados en las extremidades de las ramitas, con cuatro hileras de brácteas que protegen los sacos políneos, excepto las apicales que son estériles. Las flores femeninas presentan una inflorescencia globosa y son formadas por escamas gruesas que con excepción de las inferiores, abrigan a varias series de óvulos (16,76).

Los conos o frutos, son solitarios, sostenido por pedúnculos cortos, generalmente cortos o casi sésiles. Cada fruto está compuesto de seis a ocho escamas, las cuales rematan en una espina curva hacia abajo; de 10 a 15 mm de largo, de color azul glauco al principio, y luego se torna de un color rojizo oscuro (38,52,76).

Las semillas son aladas, de 3 a 5 mm de largo; cada cono contiene de 50 a 120 semillas, con una capacidad germinativa en el vivero del 20% (28,38,57).

### 2.3 Estudios Anatómicos

El conocimiento de la estructura anatómica de las maderas, es de vital importancia dentro de la industria maderera. Es

necesario, que junto al conocimiento de las propiedades tecnológicas, se investiguen las características estructurales, para poder identificar la madera una vez cortada.

La madera de cada especie, está caracterizada por los distintos tejidos y su distribución. En consecuencia, por el estudio de su estructura anatómica es factible identificar (40), con cierta certeza la madera. Este hecho es importante ya que tanto las posibilidades de su empleo como las propiedades físicas y mecánicas están ligadas a su estructura anatómica (27,74). Mediante el conocimiento de las propiedades anatómicas, físicas, mecánicas y químicas, se puede determinar los posibles usos de la madera (43,44,53).

#### 2.4. Propiedades Físicas

La madera por su heterogeneidad y su origen orgánico, presenta grandes variaciones en sus propiedades físicas y mecánicas. Los factores que mayor influencia ejercen sobre estas propiedades mecánicas son: peso específico y contenido de humedad.

El peso específico es un factor muy importante en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera como calidad, dureza y clasificación de la madera (11,44,75).

El contenido de humedad tiene estrecha relación con las diversas resistencias mecánicas de la madera (44,75). La

variación del contenido de humedad da lugar a cambios en el volumen y consecuentemente en el peso específico de las maderas (44,74).

Los cambios de dimensiones de las maderas de acuerdo con los cambios del contenido de humedad tiene importancia en la determinación de usos. En base a la contracción radial y tangencial, desde verde a seco al horno, y según la relación tangencial-radial (T/R), se llega a clasificar la madera de acuerdo a su estabilidad y , al mismo tiempo se predice la ocurrencia de posibles defectos durante el proceso de secado (75).

## 2.5. Propiedades Mecánicas

El estudio de las propiedades mecánicas de la madera se refiere fundamentalmente a la determinación de la resistencia del material leñoso, frente a cada uno de los esfuerzos externos a que normalmente es sometido durante diversos usos.

Los análisis de las propiedades físicas y mecánicas se realizan con probetas libres de defectos y de acuerdo a normas de ensayos estandarizados (6,49,75).

Las propiedades mecánicas más importantes son: flexión estática, compresión paralela al grano, dureza, cizallamiento y tenacidad.

Los valores obtenidos de estas pruebas permiten calcular

los esfuerzos básicos y los esfuerzos de trabajo y la predicción de posibles usos de la madera (11), mediante fórmulas matemáticas ya establecidas (75).

## 2.6. Influencia del Peso Específico sobre las Propiedades de la Madera

En la actualidad, los investigadores para determinar el peso específico, edad, tasa de crecimiento y condiciones de sanidad, de los árboles en pie, utilizan muestras obtenidas con el barrenado Pressler (2,51,54,78), pues este método facilita obtener mayor número de muestras. Taras y Saucier (72) recomiendan tomar todas las muestras al azar, dos tacones por árbol y al diámetro a la altura del pecho (DAP).

Aung (3) y Briscoe (10) han determinado que la variación del peso específico es mayor dentro del mismo árbol que entre árboles de la misma especie. Muchos investigadores han tratado de correlacionar estas variaciones a la influencia de la edad, sitio, tamaño de la copa, topografía, tasa de crecimiento, proporción entre el leño tardío y leño temprano, altura del árbol, métodos silviculturales y uso de fertilizantes (9,26,45,63,68).

Spurr y Hsiung (68), para conocer la variación del peso específico en coníferas sugieren estudiar la composición de la madera, incluyendo sustancias extrañas, medir el diámetro del volumen de las traqueidas y conocer la variación en el grueso



de la pared celular. Rodcliffe (63), comenta que, la variabilidad del peso específico dentro de las especies está influenciado por el rango geográfico y el sitio. Este mismo autor opina, que la variabilidad del peso específico dentro de especies puede ser atribuida a la forma, tipos y arreglos de las células, particularmente al grosor de la pared celular, como el ángulo de las fibras.

Kramer (45), Chevendier y Werthein, citado por Spurr y Hsiung (68), encontraron que el peso específico es el factor que tiene mayor influencia sobre las propiedades mecánicas, y ambas se incrementan del centro del árbol hacia la periferie.

Longwood (49,50) y Newlin (55), encontraron que las especies latifoliadas y las coníferas aumentan su resistencia al aumentar el peso específico. Por otra parte, estudios realizados en especies tropicales se demostraron que las maderas densas presentan valores más altos en sus propiedades mecánicas que las maderas más livianas (41). Por otra parte el número de anillos por pulgada está altamente correlacionado con el módulo de ruptura y el módulo de elasticidad (63).

Erickson (25) al estudiar Liriodendron tulipifera L, determinó un ligero aumento del peso específico con la edad. Spurr y Hsiung (68), investigando Pinus banksiana, encontraron que la edad tiene un efecto importante en la densidad. Estudios similares sobre Pinus resinosa, dieron resultados similares (51).

Finalmente, Taras y Wahlgren (73), Taras y Saucier (72), llegaron a la conclusión que existe una estrecha regresión entre el volumen/edad y DAP/edad.

Varios investigadores llegaron a la conclusión de que la altura del árbol tiene influencia significativa sobre el peso específico. Sanio y Harting citados por Spurr y Hsiung (68) investigando coníferas, demostraron que el peso específico es más elevado en la parte basal con relación a la zona central y superior. Resultados similares encontró Brazier (9), estudiando Shores albida.

Por otra parte, investigaciones realizadas sobre varias especies de pinos, concluyeron que existe una correlación estrecha entre la altura total y la edad (72,73).

La influencia de la tasa de crecimiento en la variación del peso específico, no tiene significancia. Investigaciones realizadas en Pinus banksiana, observaron que la tasa de crecimiento tiene poco efecto. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta los efectos y la densidad de siembra del rodal; debido a que buenos sitios producen madera de alta densidad, y un espaciamiento amplio aceleran el crecimiento, produciendo maderas de baja densidad (68).

Rodcliffe (63), opina que el número de anillos por pulgada, es un índice muy pobre para producir el peso específico.

Bethel (8), estudiando Quercus montana, encontró que existe correlación entre el número de anillos por pulgada y el peso específico varía inversamente al número de anillos por pulgada.

Investigaciones realizadas en Fraxinus americana, demuestran que la tasa de crecimiento tiene poca influencia sobre el peso específico (45). Por otra parte, Ghosh, Roa y Prukayasta (30), encontraron en Ceiba pentandra, que la mayor tasa de crecimiento está correlacionada con el mayor diámetro de las fibras y paredes celulares más delgadas.

Rodcliffe (63), Spurr y Hsiung (68), no encontraron ninguna influencia del ritmo de crecimiento sobre la densidad y las propiedades mecánicas. Tampoco influye sobre el peso específico, el tamaño y forma de la copa (25,63).

Las prácticas silviculturales tienen influencia en la densidad de la madera, mediante podas, espaciamiento, riego y drenaje, es factible controlar el incremento del porcentaje del leño tardío (68). Bethel (8) y Kramer (45), encontraron que el porcentaje del leño tardío influye en el peso específico. Baker (4) y Spurr y Hsiung (68), investigando algunas coníferas, encontraron que el peso específico decrece a mayor espaciamiento y por la posición del árbol en el rodal.

Observaciones y estudios realizados, en un rodal coetáneo de pinos, demostraron que los árboles dominantes, por lo general

tienen valores bajos en el peso específico en contraposición con los valores altos de los árboles suprimidos (68).

Finalmente, las variaciones en las propiedades anatómicas, afectan el peso específico, resistencia mecánica y propiedades de trabajabilidad de la madera (30).

## 2.7 La Madera del Ciprés y sus Usos

La albura del ciprés es de color amarillo rojizo y el duramen amarillento con tintes anaranjados, olor y sabor característicos de la especie, textura fina, grano recto y vetado suave.

En la actualidad la madera del ciprés tiene muchos usos, especialmente como paneles decorativos, construcción de viviendas, parket y utensilios de cocina. En Africa, el ciprés procedente de plantaciones, es utilizado como: durmientes de ferrocarril, postes telefónicos, eléctricos y tejas para techos (42,58,66).

## 2.8 Rendimiento Volumétrico del Ciprés

No se tienen datos exactos del rendimiento en estado natural del ciprés. Sin embargo, estudios efectuados por muchos investigadores dan los siguientes datos de rendimiento. Burgers (14), en rodales de 30 años, calculó un rendimiento de 585 m<sup>3</sup> por hectárea y agrega 500 m<sup>3</sup> por hectárea como suma de las entresacas.

Alonso et al (1), en parcelas de 37 años, en la Finca La Esmeralda (Costa Rica), anotan los siguientes rendimientos: parcela raleada 550 m<sup>3</sup> por hectárea, parcela no raleada 876 m<sup>3</sup> por hectárea. Winbush, citado por Goitia (31), menciona que en Africa Oriental, las plantaciones manejadas, a la edad de 35 a 40 años con espaciamiento de 2,5 x 2,5 m tienen como promedio 50 cm de diámetro y 550 m<sup>3</sup> por hectárea de madera. Griffith y Howland, citado por Bucarey (12), encontraron distintos rendimientos en dos clases de sitios: sitio clase I a los 35 años, 590 m<sup>3</sup> por hectárea; sitio clase II, 507 m<sup>3</sup> por hectárea. Bannister y Orman (5) en Nueva Zelanda, estiman un rendimiento de 580 a 650 m<sup>3</sup> por hectárea entre los 30 y 40 años, considerando al ciprés como una especie potencialmente productiva en gran parte del territorio neozelandes.

## 2.9 Tipo de Muestreo y Número de Muestras Necesarias

Bendtsen (7) y Hoheisel (36), opinan que el método más adecuado para la recolección de las muestras es el muestreo al azar. Este tipo de muestreo evita errores sistemáticos en la selección de las muestras, al mismo tiempo permite reducir al mínimo el número de ensayos para obtener resultados estadísticamente confiables (59).

Con respecto al número de árboles y número de probetas necesarias para los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas

de la madera, Longwood (50) y Pearson (59) coinciden en que el número depende de la variación que existe dentro del árbol y dentro del sitio como de la exactitud que se quiere dar a la investigación.

Sin embargo, Horvat, citado por Hoeisel (36), recomienda seleccionar de 20 a 30 árboles de diferentes sitios y de 2 a 3 probetas por árbol para cada tipo de ensayo. Bendtsen, Freese y Ethington (7), sugieren que es preferible obtener varias muestras, del mayor número de sitios. Lo más recomendable es obtener un árbol por sitio (59). Tanto la selección de los árboles como las probetas para los distintos análisis deben ser tomadas completamente al azar (7).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización del Area de Estudio

El material de ensayo para el presente estudio, se recolectó de los rodales de las zonas altas del Valle Central de Costa Rica. El valle se encuentra localizado entre la Cordillera Central por el norte y las ramificaciones septentrionales y noroccidentales de Talamanca hacia el sur, y limitando por este lado con una zona de fallas, de las que se levantan las cadenas montañosas de la Carpintera, Escazú y Puriscal, mientras que por el oriente cierra la formación Turrialba (20,35,64). Sáenz (64), tomando en cuenta los linderos se consideran en la actualidad, y de acuerdo con los estudios realizados por el Instituto Geográfico de Costa Rica, construyó el croquis del valle que aparece en la Fig. 1

El Valle Central tiene una superficie de 3246 Km<sup>2</sup>, separado en dos regiones: la región occidental en la cual se encuentran las ciudades de San José, Heredia, Alajuela, Grecia, Naranjo y San Ramón, y la región oriental donde están las ciudades de Cartago, Paraíso y Turrialba (20,35,64).

##### 3.1.1 Suelos del Valle Central

Según "Resources Inventory Center" de Centroamérica y Panamá (62), el Valle Central está formado por los siguientes

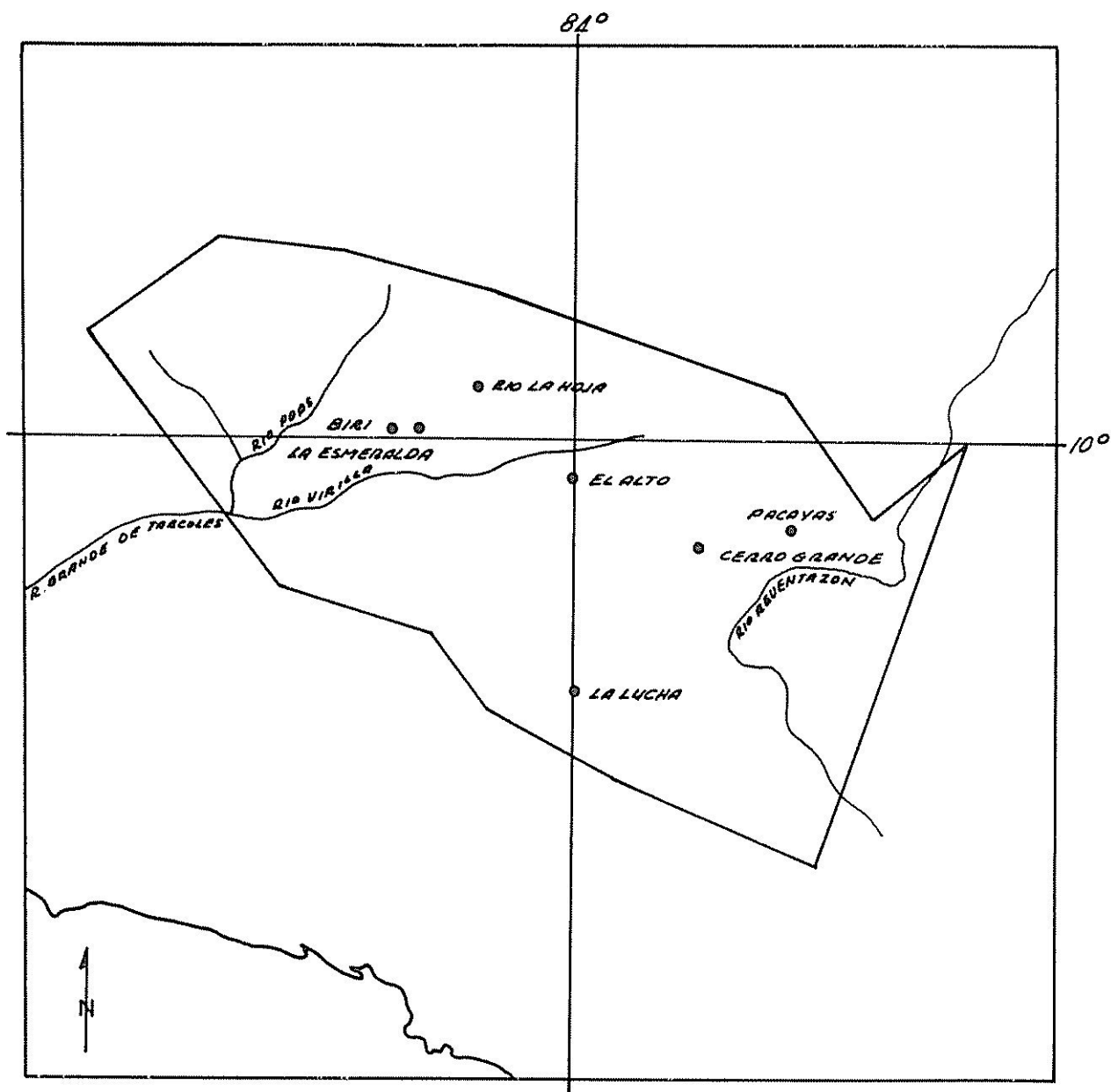


FIGURA 1. MAPA DE UBICACION Y CROQUIS DEL VALLE CENTRAL DE COSTA RICA, SEGUN SAENZ (62).

● = SITIOS ESTUDIADOS

ESCALA 1:750.000



grandes grupos de suelos: regosoles, andosoles, litosoles y aluviales, (Fig. 2). Entre estos grandes grupos de suelos se distinguen los siguientes tipos de suelos: suelos latosoles, pardo rojizos, suelos latosoles, rojizos, suelos fluviolacustres arcillosos y suelos pardos de cenizas y arenas volcánicas (21,35,64).

### 3.1.2 Fisiografía

El Valle Central, según el Instituto Geográfico de Costa Rica (20), está delimitado por los siguientes caracteres fisiográficos: Cerros de Palmira, Volcán Poás, Volcán Barba, Cerros de Zurquí, Paso de la Palma, Volcán Irazú, Volcán Turrialba, confluencia del Río Reventazón con el Río Jesús María, Alto de Pacayitas, Alto de Tuis, división de aguas del Pejibaye y el Pacuare hasta el Cuerici, Buenavista, Cerro de Las Vueltas, Queverí, Empalme, Nudo de San Cristóbal, Tablazo, Cerros de Escazú o Cedral, Alto de Barbacoas, Quebrada Chucás hasta su confluencia con el Río Grande de Tárcoles; Cerros de Plata de Gallo, división de aguas entre los ríos, Grande de Tárcoles y Barranca y Cerros de Palmira.

### 3.1.3 Hidrología

El drenaje natural del Valle Central se realiza a través de tres grandes cursos de agua que son: el Río Grande de

LATOSILES (ACCIDENTADOS)

SUELOS ANDOS Y REGOSILES,  
DISECTADOS, EN DECLIVE

LATOSILES DISECTADOS  
EN DECLIVE

SUELOS ANDOS Y REGOSILES,  
COLINAS Y MONTAÑAS

LATOSILES

LATOSILES EN DECLIVE  
LIBERO

SUELOS ANDOS Y REGOSILES  
EN DECLIVE LIBERO

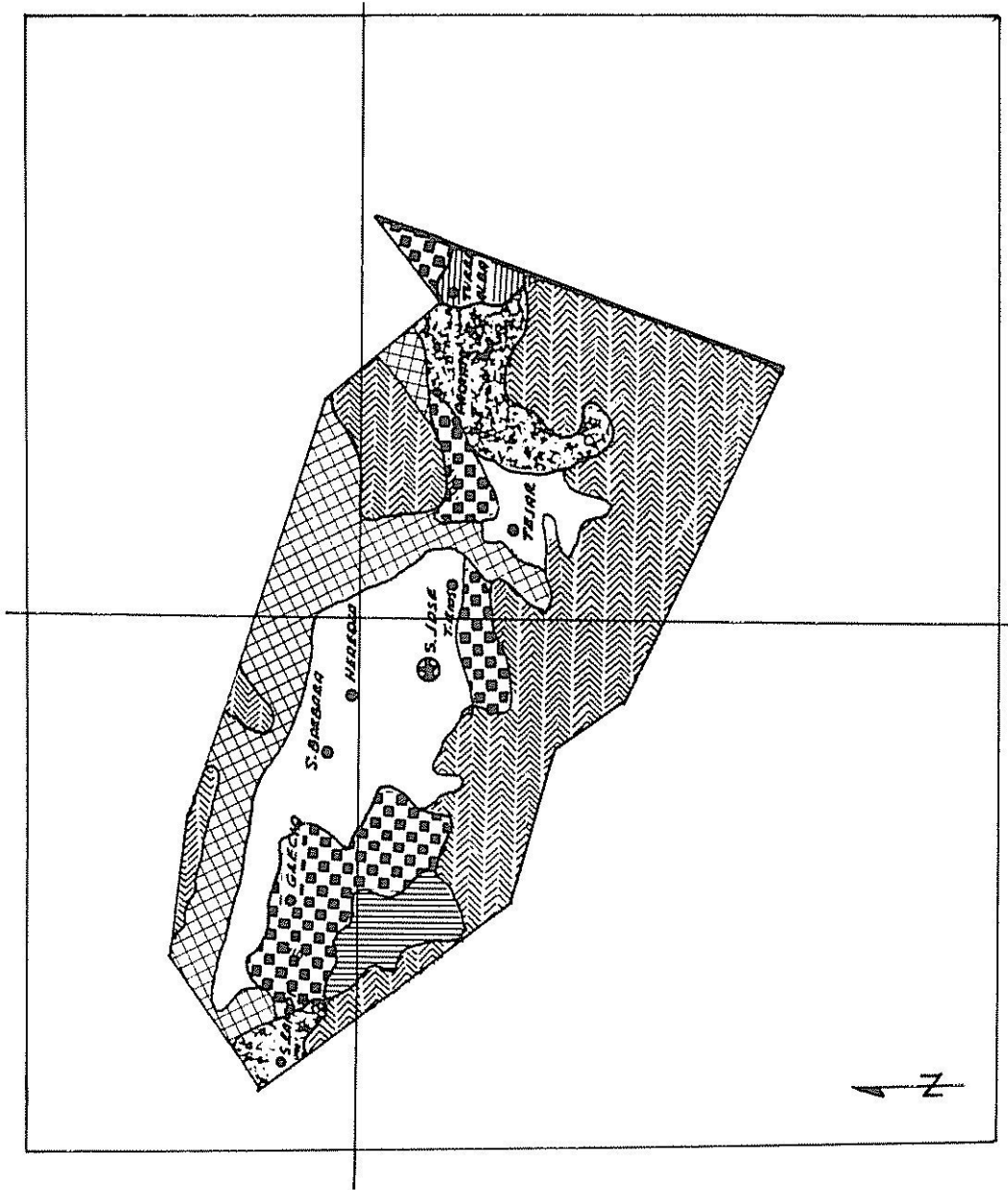


FIGURA 2 PRINCIPALES GRANDES GRUPOS DE SUELOS DEL VALLE  
CENTRAL DE COSTA RICA SEGUN RECURSOS INVENTARIO,  
CORPS OF ENGINEERS, U.S. ARMY (62)  
ESCALA 1: 750.000

Tárcoles que drena por el occidente, el Río Virilla por el Centro y el Río Reventazón por el oriente.

#### 3.1.4 Clima

El clima del Valle Central de Costa Rica al igual que el resto del país, está calificado básicamente como isotermal, según la influencia de la altitud y relieve. Así, se presente una zona templada con temperaturas medias anuales de 14° a 24°C y con altitudes de 800 a 2000 m snm para la vertiente del Pacífico y de 600 a 2000 m snm en la vertiente del Atlántico y con precipitaciones pluviales de 2000 a 3000 mm, también se distingue otra zona fría con temperaturas medias anuales inferiores a 14°C y una altitud media superior a los 2000 m snm, y con precipitaciones que alcanzan a los 1500 mm, la relación termopluviométrica del valle se observa en el Cuadro 2 (19,64).

Por lo tanto, el clima del Valle Central es muy complejo, pues aquí se señalan tipos de clima cuya relación está definida por efecto de los vientos Alisios del noreste sobre las faldas de la Cordillera Central por el lado del Atlántico, y con el clima del Pacífico, influenciado por los vientos Monzónicos del noroeste, que junto a las variantes del relieve, originan una variedad de sub-tipos climáticos de temperaturas moderadas y un período de sequías leves en los meses de enero a abril (19,64)

Cuadro 2. Relación termopluviométrica del Valle Central de Costa Rica, donde se llevó a cabo el estudio, según Sáenz (64).

Estación	Elevación (m snm)	Precipitación Media Anual (mm)	Temperatura Media Anual (°C)
Cartago	1433	1366	18,8
San José	1174	1855	20,6
Heredia	1051	1996	22,0
Alajuela	941	2497	22,4
San Ramón	790	2282	21,9
Volcán Irazú (Sanatorio)	2337	1315	15,3
Palmares	1019	1852	21,9
Pacayas	1735	2162	17,0
Atenas	720	1654	23,8
Puriscal	1102	2289	21,9
Grecia	999	2180	22,7
Monte Cristo	1875	4225	16,5
Turrúcares	640	1775	25,4

Esto permite clasificar al área en cuatro sub-tipos climáticos para la región geográfica del Valle Central (64): 1) Sub-tipo Central que goza de la influencia del Atlántico y el Pacífico; 2) Sub-tipo Central Volcánico Alto, influenciado directamente por el Atlántico; 3) Sub-tipo del Valle del Guarco o de

Cartago, dominado por el régimen del Atlántico y 4) Sub-tipo del Valle del Reventazón directamente influenciado por el tipo Atlántico.

### 3.2 Reconocimiento Preliminar

Con la finalidad de tener una visión completa de la masa forestal y en particular de la población del ciprés en el Valle Central, se realizó un estudio preliminar mediante fotografías aéreas, y un reconocimiento general de todas las plantaciones de Cupressus lusitanica Mill. (Fig. 3). Con base en este reconocimiento, aéreo y visual, se estratificó la población de acuerdo con la altitud, clase diamétrica y superficie de los rodales. En la estratificación el rango de la altitud fluctúa de 1000 a 2000 m snm, la clase diamétrica se fijó dentro de los siguientes límites DAP 45 a 55 cm, y la superficie mínima del rodal fue de media hectárea. Se descartó las plantaciones que cumplen la función de cortinas rompe-vientos y las plantaciones jóvenes, los siguientes sitios, fueron seleccionados:

La Esmeralda	San Ramón	La Lucha
Los Lotes	Cerro Grande	Las Chorreras
San Rafael	Pacajes	Biri y
El Tejar	Camejo	El Alto.

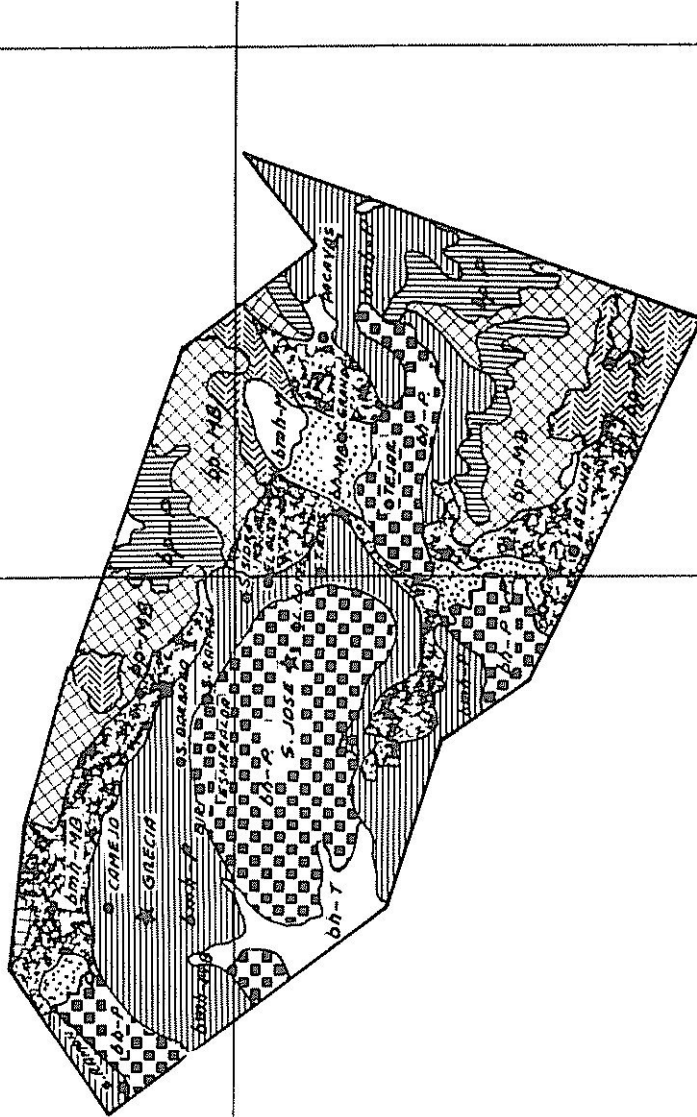


FIGURA 3 DISTRIBUCION DEL CIPRES EN EL VALLE CENTRAL DE COSTA RICA  
 SEGUN ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE (31)

● SITIOS EN DONDE SE ENCUENTRA CIPRES

- 6má-t BOSQUE MUY HUMEDO TROPICAL
- 6má-p.m. " " PREMONTANO
- 6m-p.m. " HUMEDO
- 6mó-mb " MUY HUMEDO MANTANO BAJO
- 6má-m BOSQUE HUMEDO MONTANO
- 6á-t " " TROPICAL

### 3.3 Recolección de las Muestras

El material necesario se recolectó mediante un muestreo al azar, tal como sugieren, Bendtsen (7), Hoheisel (36) y Pearson (59). En las zonas seleccionadas como plantaciones representativas del ciprés, se realizó un muestreo aleatorio (29) y se localizaron los siguientes sitios, conforme indica el Cuadro 3.

La localización y las características generales de cada sitio, se observan en la Fig 1 y el Cuadro 3.

Las parcelas para determinar el árbol muestra y obtener la troza para la preparación de las probetas, se obtuvo mediante el siguiente método: los rodales de cada localidad fueron divididos en parcelas de un décimo de hectárea (10 m de ancho por 100 m de largo); luego mediante un sorteo se determinaron las "parcelas de recolección de trozas".

En cada "parcela de recolección de trozas" se marcaron y enumeraron todos los árboles cuya clase diamétrica fluctuaba de 45 a 55 cm DAP, y mediante un sorteo aleatorio se determinó el "árbol muestra".

Determinado el árbol muestra y DAP del árbol se obtuvieron con el barrenado de Pressler dos muestras para estudios de peso específico, seguidamente se apcó el árbol a 45 cm del suelo para obtener una troza de 1,10 cm de largo, por lo general de la parte central del fuste comercial, al mismo tiempo se cortaron 3

Cuadro 3. Características generales de los sitios muestreados.

Sitio	Localidad	Nº de Arbol	Edad	Sup (Ha)	Altitud m snm	Zona de Vida	Suelos	Area basal m <sup>2</sup> /Ha	Precip. Prom. Anual (mm)	Temp. Prom. Anual (°C)
La Esmeralda	San José de la Montaña	4	41	4	1600-2000	bmh-MB	Franco Arenoso	90	2000-4000	18-21
Biri	Biri	2	41	3	1600-1800	bmh-MB	Franco Arenoso	90	2000-4000	18-21
La Lucha	La Lucha	4	30	10	1500-2000	bh-MB	Arc. Arc. nosc	80	1000-2000	20-22
El Alto	El Alto	4	48	10	1500-1600	bmh-MB	Arc. Arc. nosc	80	2000-4000	18-21
Pacayas	Pacayas	1	56	15	1700-2400	bmh-MB	Franco Arenoso	120	2000-4000	11-21
Cerro Grande	Oreamunc	1	21	1/2	1400-1600	bmh-MB	Franco Arc.	50	2000-4000	16-21
Las Chorreras	Río La Teja	4	46	15	1600-1800	bmh-MB	Franco Arenoso	80	2000-4000	18-22

bmh-MB = bosque muy húmedo Montano Bajo

bh-MB = bosque húmedo Montano Bajo



discos de 15 cm de largo, de las siguientes partes: basal, central y superior. La posición de las trozas y los discos se muestra en la Fig 4.

Tanto las características del sitio como las medidas del árbol muestra fueron anotados en los respectivos formularios de campo, las trozas al igual que los discos fueron marcados, almacenando las trozas en un patio bajo sombra y los discos en una cámara de humedad.

### 3.4 Material Básico para el Ensayo

El material de ensayo provino de 20 árboles de Cupressus lusitanica Mill., que fueron recolectados en los siete sitios muestreados. Las muestras botánicas de cada árbol fueron identificadas por Fournier\* y con muestras botánicas del IICA-CTEI.

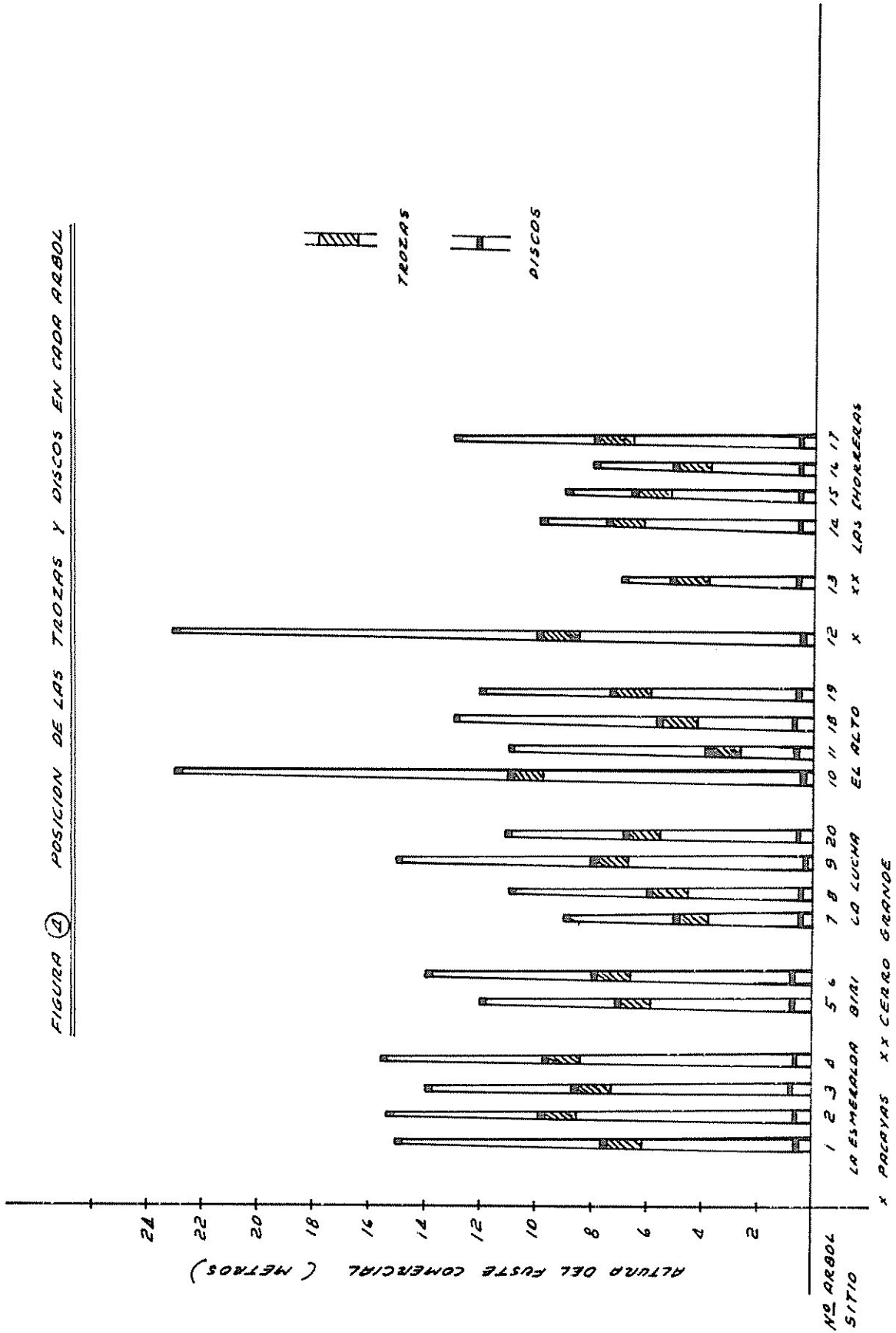
#### 3.4.1 Preparación de las probetas para los ensayos de peso específico y contracción

El material para estos ensayos se obtuvo en forma aleatoria, tanto el número de árboles como las probetas dentro de cada disco. Las probetas fueron preparadas de acuerdo a las

---

\* Fournier, L. A. Catedrático Asociado, Departamento de Biología, Universidad de Costa Rica.

FIGURA 2 POSICION DE LAS TROZAS Y DISCOS EN CADA ARBOL



normas de ASTM en su designación D143-52 (2). Las probetas para los análisis de contracción radial y tangencial, se cortaron de las probetas de peso específico.

#### 3.4.2 Preparación de las probetas para los análisis mecánicos

El material para los ensayos mecánicos se preparó de las rolas, cortados en listones de acuerdo a las normas de patrón cruciforme de ASTM (2) (Fig. 5).

#### 3.4.3 Secado de la madera

Después de que se cortaron las vigas de las rolas, se separó material para los ensayos en condición verde y condición seca al aire; las piezas para los ensayos de seca al aire, se cubrieron los extremos con parafina derretida. Estas vigas fueron luego apiladas bajo cubierta, hasta un 20% de contenido de humedad aproximadamente, y luego se acondicionaron las vigas en un cuarto de acondicionamiento, con una temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$  y una humedad relativa del aire de  $65\% \pm 2\%$ , permaneciendo en este clima normal hasta tomar un peso constante, o un contenido de humedad de 12% aproximadamente.

El material para los análisis de condición verde se guardó en un depósito con agua para mantenerlo a un contenido de humedad superior al punto de saturación de las fibras.

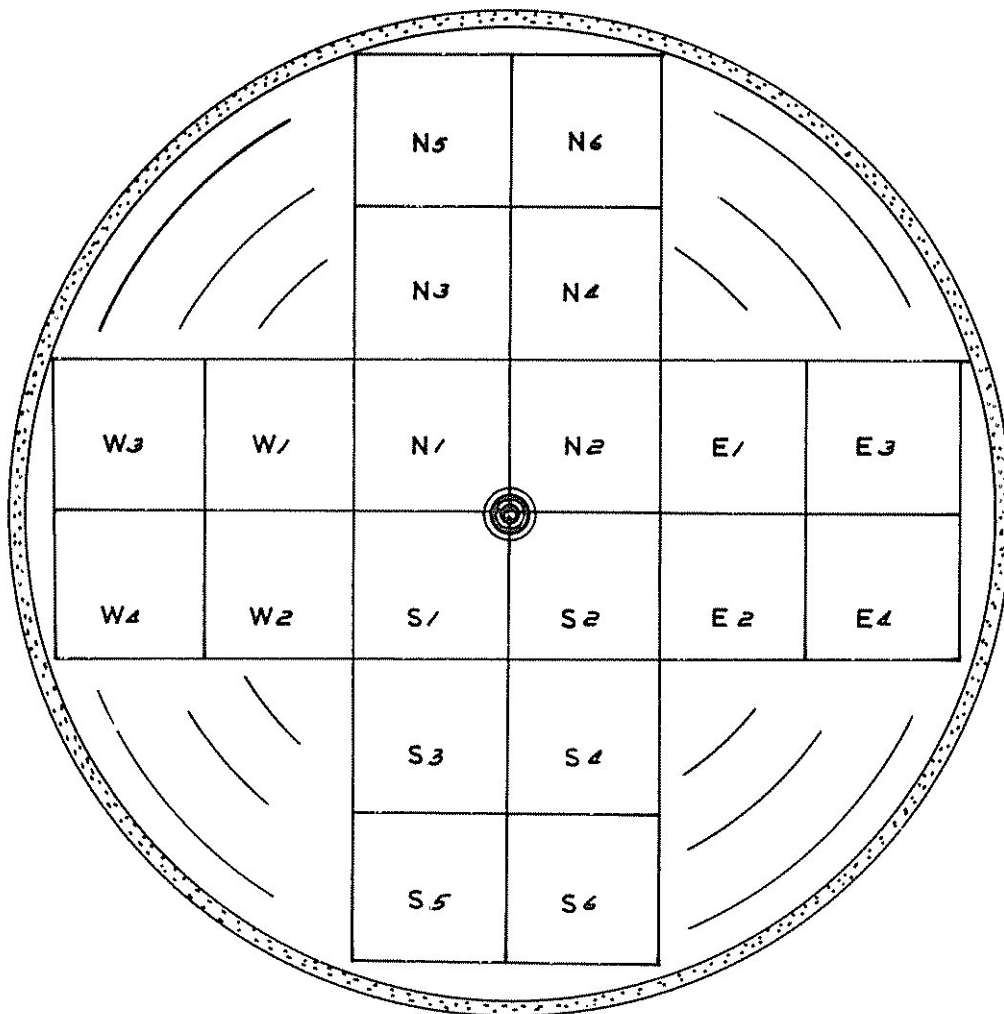


FIGURA (5) POSICION DE LAS PROBETAS PARA LOS ENSAYOS MECANICOS, SEGUN LAS NORMAS DE ASTM (2), PATRON CRUCIFORME

Finalmente, se prepararon las probetas, de acuerdo a las normas de ASTM (2), todos los ensayos mecánicos se realizaron en dos condiciones: condición verde, cuyo contenido de humedad es superior al punto de saturación de las fibras y en condición seca al aire, con un contenido de humedad de 12% aproximadamente. Se realizaron las siguientes determinaciones:

Peso específico

Contracción radial y tangencial

Flexión estática

Cizallamiento

Comprensión paralela al grano.

Dureza

Tenacidad

### 3.5 Determinación de las Propiedades Físico-Mecánicas

Todas las pruebas físico-mecánicas se determinaron de acuerdo con las normas establecidas por la ASTM en su designación 152-43 (2).

### 3.6 Descripción Anatómica

Para la descripción anatómica se utilizó una muestra de un disco basal (A), se hicieron preparaciones fijas para la descripción microscópica y preparaciones de tejidos macerados para medir las fibras y los elementos vasculares.

El área basal se determinó con el relascopio de Bitterlich (39). La edad de los árboles se determinó por el número de anillos en el disco A (45,46), comparando a su vez este dato con la información suministrada por los dueños de los distintos rodales.

### 3.7 Número de Pruebas

En total se realizaron 1984 determinaciones, correspondiendo 165 a peso específico básico, 24 a muestras barreno de Pressler, 165 contracciones radiales y tangenciales. En propiedades mecánicas de condición verde se analizaron 80 pruebas de flexión estática, 80 compresión paralela al grano, 80 de cizallamiento, 80 de dureza y 450 de tenacidad; en condición seca al aire 57 de flexión estática, 43 de compresión paralela al grano, 80 cizallamiento, 80 de dureza y 600 de tenacidad.

### 3.8 Equipo de Campo y Laboratorio

Para la ejecución del presente trabajo, se utilizó el siguiente material:

#### 3.8.1 Material de campo

Mapa topográfico 1:50000	Brújula
Mapa ecológico	Barreno de Pressler
Fotografías aéreas	Altímetro

Vehículo	Formularios de campo
Moto sierra	Machete
Cinta métrica	Hacha
Relascopeo de Bitterlich	Troqueles
Cinta diamétrica	Prensa botánica
Eclímetro	Bolsas plásticas, y
Esteroscopio de bolsillo	

### 3.8.2 Material de gabinete

Prensa hidráulica RIEHLE con todos sus accesorios.  
Máquina de tenacidad  
Balanza de precisión  
Balanza analítica  
Cámara de temperatura  
Berniers  
Cuarto de acondicionamiento  
Planímetro  
Cámara húmeda

### 3.8.3 Equipo de carpintería

Sierra circular  
Sierra de banda  
Canteadora  
Otros accesorios

3.8.4 Equipo anatómico

Microscopio	Cámaras fotográficas
Micrótomo	Pantalla
Estereoscopio	Reactivos, y
Otros accesorios	

3.9 Cálculo y Análisis de los Resultados

Todos los datos de los ensayos físico-mecánicos fueron transferidos a tarjetas perforadas, tanto el cálculo de las propiedades como el análisis estadístico se realizaron utilizando las fórmulas normales. El procesamiento de los datos se llevó a cabo en el Centro de Cálculo de la Universidad de Costa Rica y en el IICA-CTEI.