



ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y CONSERVACION  
BIOLOGICA

**ELABORACION DE TABLAS DE VOLUMEN GENERAL  
PARA *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi*, DEL BOSQUE DEL  
UYUCA, EL ZAMORANO, HONDURAS.**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero  
Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura

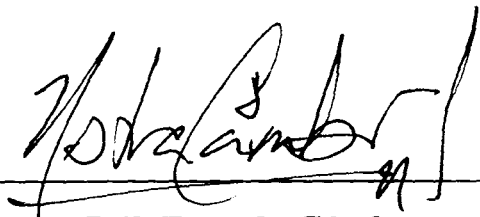
Por

**Norman Erik Estrada Cámbor**

10514  
Nov 12/97

El Zamorano, Honduras, Junio, 1997.

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana  
permiso para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para los usos que considere necesarios.  
Para otras personas físicas o jurídicas y otros fines,  
se reservan los derechos de autor.



**Erik Estrada Cámara**

Honduras, Junio de 1997.

## DEDICATORIA

En primer lugar quiero dedicar este trabajo a Dios y a la Virgen María que en todo este largo proceso me han llevado de la mano para poder realizar de la mejor manera este estudio.

A mi familia, ya que siempre estuvieron atentos de mi desempeño al igual que por su apoyo total y desmedido.

A una persona muy especial que siempre estuvo pendiente de mí y que con sus consejos pude lograr mis metas.

A Dennys de Moreno por haberme aconsejado en los momentos que más lo necesitaba.

A la Escuela Agrícola Panamericana por ser la institución en la cual me formé y a la cual le debo todos los conocimientos adquiridos.

A mi país Honduras.

## AGRADECIMIENTOS

A mi grupo de asesores los cuales realizaron su aporte para que este estudio resultara de la mejor manera.

A los ingenieros agrónomos Ricardo López, René Gamero y Adrián Mendoza por su colaboración en el trabajo de campo, al igual que todos mis compañeros de Colonia así como a Alejandro Paniagua, Rolando Haches, Sergio Larrea y Francisco Posas por sus consejos.

Al Ingeniero Nelson Agudelo y al Doctor Francisco Gómez, por todos sus consejos en la elaboración de este documento.

Al personal del aserradero, en especial a Ramón por haberme apoyado en el trabajo de campo, así como a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este estudio.

A la Licenciada Xiomara Mendoza y a la Institución EDUCREDITO.

**RESUMEN**

Se elaboraron tablas de volumen para *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi*, las mismas fueron hechas usando datos de altura y diámetro de 93 y 79 árboles respectivamente, el estudio se llevó a cabo en el bosque del Uyuca, propiedad de la Escuela Agrícola Panamericana, situado en el Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. Se calcularon los volúmenes totales y los volúmenes a índices de utilización de 10, 15 y 20 cm., para cada especie. Se procedió al análisis de regresión aplicando las ecuaciones de volumen de las variables combinadas, la logarítmica y la ecuación de las variables ponderadas. Los modelos escogidos para cada especie, debido a que presentaron un menor error estándar de la estimación, fueron en el caso de los cuatro volúmenes calculados para *Pinus maximinoi* el modelo de las variables combinadas, lo mismo que para *Pinus oocarpa*. Estos deberían proveer una base útil para calcular ecuaciones de volumen en el futuro en otras zonas similares con las cuales se facilitaría la elaboración de inventarios forestales que permitirían predecir la cantidad de madera comercial y leña que posee un determinado bosque.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
TITULO.....	i
DERECHOS DE AUTOR.....	ii
APROBACION.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
INDICE DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE ANEXOS.....	xi
I. INTRODUCCION.....	1
1.1    Antecedentes.....	2
1.1.1.    Justificación del proyecto.....	4
1.1.2.    Objetivo general.....	4
1.1.3.    Objetivos específicos.....	4
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1. <i>Pinus oocarpa</i> . Schiede.....	5
2.1.1.    Distribución natural.....	5
2.1.2.    Aspectos fenológicos.....	5
2.1.3.    Regeneración natural.....	6
2.1.4.    Crecimiento.....	7
2.1.5.    Suelos y fertilización.....	7
2.1.6.    Plagas y enfermedades.....	7
2.2. <i>Pinus maximinoi</i> . H. E. Moore.....	8
2.2.1.    Distribución natural.....	8
2.2.2.    Aspectos fenológicos.....	8
2.2.3.    Regeneración natural.....	9
2.2.4.    Crecimiento.....	9

2.2.6	Plagas y enfermedades.....	9
2.3.	SITUACIÓN ACTUAL DE LOS BOSQUES DE CONÍFERAS DE HONDURAS.....	10
2.4.	GENERALIDADES Y OBJETIVOS DE LOS INVENTARIOS FORESTALES.....	11
2.4.1.	Situación de los inventarios forestales.....	11
2.5.	VOLUMEN MADERABLE.....	12
2.6.	PRODUCTOS FORESTALES .....	13
2.6.1.	Comportamiento de los productos forestales en el mercado.....	13
2.6.2.	Madera en trozas.....	13
2.6.3.	Oferta y demanda.....	13
2.6.4.	Leña.....	15
2.6.5.	Oferta y demanda .....	15
2.7	TABLAS DE VOLUMEN.....	16
2.7.1	Definición.....	16
2.8.	CLASIFICACIÓN DE LAS TABLAS DE VOLUMEN.....	17
2.8.1.	Tablas de volumen local.....	17
2.8.2.	Tablas de volumen general (estándar).....	17
2.8.3.	Tablas de volumen de clase de forma.....	17
2.9.	INFORMACIÓN QUE DEBE ACOMPAÑAR UNA TABLA DE VOLUMEN.....	17
2.10.	NÚMERO DE ÁRBOLES EN QUE SE DEBE BASAR UNA TABLA DE VOLUMEN.....	18
2.11.	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE TABLAS DE VOLUMEN.....	18
2.11.1.	Métodos indirectos.....	18
2.11.2	Métodos directos.....	19
2.11.2.1	Ajuste gráfico.....	19
2.11.2.2	Ajuste por análisis de regresión.....	19
2.11.2.3	Consideraciones acerca del análisis de regresión.....	20
2.12.	MODELOS MATEMATICOS.....	20
2.12.1	Comparación de los modelos de la ecuación.....	22
2.13.	MEDICION DE VOLUMEN.....	22
III. MATERIALES Y METODOS.....		24

3.1.	RECOLECCION DE LA INFORMACION.....	24
3.1.1.	Localización general del proyecto.....	24
3.1.2.	Límites.....	24
3.1.3.	Tenencia y uso de la tierra.....	24
3.1.4.	Clima.....	25
3.1.5.	Fuente de la muestra.....	25
3.1.6.	Selección de la muestra.....	25
3.1.7.	Medición de los árboles muestras.....	25
3.1.8.	Instrumentos utilizados.....	26
3.2.	ANALISIS DE LA INFORMACION.....	26
3.2.1.	Cubicación de los árboles.....	26
3.2.2.	Análisis de regresión.....	27
3.2.3.	Ajuste de los datos a la ecuación de las variables combinadas.....	27
3.2.4.	Ajuste de los datos a la ecuación logarítmica.....	27
3.2.5.	Ajuste de los datos a la ecuación de las variables combinadas ponderadas.....	28
3.2.6.	Comparación estadística de los modelos.....	28
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
VI.	LITERATURA CITADA.....	34
VII.	ANEXOS.....	37



## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Existencias de madera en pie, Honduras, 1990.....	12
2	Productos madereros.....	13
3	Precios de la madera por m <sup>3</sup> en el período de 1973-1992 .....	14
4	Consumo de madera en trozas para aserrió manual (m <sup>3</sup> ).....	15
5	Datos promedios de los árboles muestras.....	29
6	<i>Pinus maximinoi</i> volumen total.....	30
7	<i>Pinus maximinoi</i> volumen a un IU = 10 cm.....	30
8	<i>Pinus maximinoi</i> volumen a un IU = 15 cm.....	30
9	<i>Pinus maximinoi</i> volumen a un IU = 20 cm.....	31
10	<i>Pinus oocarpa</i> volumen total.....	31
11	<i>Pinus oocarpa</i> volumen a un IU = 10 cm.....	31
12	<i>Pinus oocarpa</i> volumen a un IU = 15 cm.....	32
13	<i>Pinus oocarpa</i> volumen a un IU = 20 cm.....	32

## INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Ubicación de las unidades de corte muestreadas.....	38
2	Mapa de Los Cabros.....	39
3	Mapa de Valle Encantado.....	40
4	Formulario de campo utilizado.....	41
5	Modelo de formulario para la elaboración de tablas de volumen.....	42
6	Dibujo de los diferentes índices de utilización.....	44
7	Datos preliminares de <i>Pinus maximinoi</i> .....	45
8	Datos preliminares de <i>Pinus oocarpa</i> .....	48
9	Tabla de volumen total de <i>Pinus maximinoi</i> .....	50
10	Tabla de volumen a un índice de utilización de 10 cm. de <i>Pinus maximinoi</i> .....	51
11	Tabla de volumen a un índice de utilización de 15 cm. de <i>Pinus maximinoi</i> .....	52
12	Tabla de volumen a un índice de utilización de 20 cm. de <i>Pinus maximinoi</i> .....	53
13	Tabla de volumen total de <i>Pinus oocarpa</i> .....	54
14	Tabla de volumen a un índice de utilización de 10 cm. de <i>Pinus oocarpa</i> .....	55
15	Tabla de volumen a un índice de utilización de 15 cm. de <i>Pinus oocarpa</i> .....	56
16	Tabla de volumen a un índice de utilización de 20 cm. de <i>Pinus oocarpa</i> .....	57

## I. INTRODUCCIÓN

Honduras posee una extensión territorial de aproximadamente 112,492 Km<sup>2</sup>, del total de esta superficie los bosques dominan los ecosistemas terrestres del país; las formaciones forestales que abarcan un 50.5% de dicha extensión se agrupan en cinco grupos principales: Bosques de pino con unas siete especies identificadas, bosque de latifoliadas de tierras bajas con más de doscientas especies de árboles, bosque nublado de latifoliadas o pinares y mixtos de tierras altas, bosque de latifoliadas de clima seco o bosque seco y bosque de mangle (Silviagro, 1996).

De las 5.680.500 ha. de cobertura forestal del país, los bosques de pino cubren aproximadamente 2,781,500 ha. de terreno, (25% de la superficie territorial). Tradicionalmente la mayor actividad comercial (97% de la producción nacional de madera aserrada), proviene de éstos ya sea por la extracción de maderas, resinas y otros productos (Silviagro, 1996); al igual que en lo forestal, donde han recibido la mayor atención en cuanto a los esfuerzos de protección, manejo y reforestación, pese a todo esto, su situación actual es verdaderamente crítica debido al uso irracional que la población hace sobre la madera y la leña, la alta incidencia de incendios forestales y el inadecuado control de las plagas, entre otros.

Debido a los cambios estructurales en el sub-sector forestal del país (los cuales se describen en la Ley de Modernización del Estado y Desarrollo del Sector Agrícola (Decreto Legislativo 31-92), que se establece en la Ley de Incentivos a la Forestación, Reforestación y Protección del Bosque, Decreto número 163-93 emitida en 1994), (AFE-COHDEFOR, 1995.), la Administración Forestal del Estado ha realizado significativos esfuerzos para reducir el inadecuado manejo del recurso forestal, fomentando e incentivando la creación e implementación de planes de manejo, con el objeto de reducir la explotación del bosque maduro y aumentar el área boscosa incorporando las superficies deforestadas.

Pero según Silviagro (1996), actualmente los resultados de esta implementación son prácticamente desconocidos, hasta el momento no se ha encontrado una tan sola área forestal que muestre el efecto global de las medidas de manejo forestal; A todo esto se suma que los dueños de las masas forestales no cuentan con los recursos necesarios, conocimiento técnico, ni con el apoyo total del gobierno para lograr disminuir la sobreexplotación y lograr garantizar la sostenibilidad de los bosques.

Los planes de manejo que exige la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (AFE-COHDEFOR) a los dueños de recursos forestales, dan a conocer las existencias de los recursos (inventarios forestales), las condiciones en que este se encuentra como ser la edad, el crecimiento, la calidad de sitio, el tipo de intervenciones que se quieren llevar a cabo en una explotación forestal si ese es el objetivo o en el caso de una reserva, lograr un

desarrollo sostenido del recurso y con todo esto lograr establecer las condiciones actuales de la masa.

El bosque del Uyuca es una unidad de manejo que pertenece a la Escuela Agrícola Panamericana para la cual, siguiendo las políticas de esta institución, se hace necesario e indispensable contar con adecuada información sobre los recursos que posee; en este caso para el aprovechamiento forestal es recomendable la elaboración de tablas de volumen, las cuales forman parte integral de los inventarios forestales, estas tablas permiten la determinación a través de mediciones detalladas de un número de árboles muestra, estimar el volumen de un número de árboles mucho mayor, y con esto saber la cantidad total o parcial de madera tanto comercializable como de leña capaz de producir el bosque.

### 1.1 Antecedentes

En su estudio de tablas de volumen para bosques jóvenes de *Pinus oocarpa* Schiede en la zona central de Honduras, Meza (1997) describe que el proyecto de inventario que elaboró la FAO con base en la medición de 649 árboles la ecuación de volumen total siguiente:

$$V_t = 0.31945 \times D^{1.89838} \times H^{1.088}$$

Esta ecuación usa el diámetro a la altura del pecho sin corteza (DAPsc a 1.3 m.), el diámetro y la altura total (H) están expresadas en decímetros y el volumen total (V) esta expresado en dm<sup>3</sup>, esto puede ser una desventaja por que la comercialización de la madera es en m<sup>3</sup>;

En 1977, Reid y Collins elaboraron para el proyecto de pulpa y papel en los bosques del Departamento de Olancho la siguiente ecuación de volumen total:

$$V_t = 0.000050517 \times D^{1.89838} \times H^{0.92035}$$

No se encontró en la referencia el número de árboles con que fue construida la tabla (COHDEFOR, 1979).

Cornelio Groothoussen, basándose en el muestreo de 76 árboles medidos en la unidad de manejo de Las Lajas, Comayagua, elaboró en 1979 dos ecuaciones; una de ellas para predecir volumen comercial hasta un índice de utilización (IU) de 7.5 cm y otra para predecir volumen total, ambas son aplicables a árboles pequeños con DAP de 10 a 25 cm. las ecuaciones resultantes fueron:

Volumen hasta IU = 7.5 cm.:

$$V = 0.000248 (D^2 H) / 10 - 0.013$$

Volumen total:

$$V_t = -0.0094 + 0.000282 \times (D^2 H) \text{ (COHDEFOR, 1979).}$$

A partir de 1979, en el Departamento de Bosques de la COHDEFOR, después de un estudio comparativo, se recomendó a las regiones forestales el uso de las tablas de volumen elaboradas por el proyecto PNUD/FAO/GUA/72/006 de Guatemala. Estas

ecuaciones de volumen son para bosque maduro y están basadas en la medición de 265 árboles éstas son:

Volumen total:

$$V_t = 0.02682 + 0.00002815 (D^2H),$$

Volumen hasta un índice de utilización de 10 cm:

$$V = 0.01168 + 0.00002742 (D^2H),$$

Volumen hasta un índice de utilización de 15 cm:

$$V = 0.04843 + 0.00002799 (D^2H),$$

Volumen hasta un índice de utilización de 20 cm:

$$V = 0.12767 + 0.00002846 (D^2 H),$$

Volumen hasta un índice de utilización de 25 cm:

$$V = 0.31156 + 0.00002938 (D^2H). \text{ (Meza, 1997).}$$

En 1981, el proyecto Inventario Forestal Nacional (INFONAC) elaboró las tablas de volumen que actualmente se usan en el país en bosque maduro (mayor o igual a 30 cm, de DAP) según Meza (1997) éstas son las siguientes:

Volumen total:

$$VT = -0.006352 + 0.00002838 D^2 H - 0.00002308 D^2,$$

Volumen hasta un índice de utilización de 10 cm:

$$VC = 0.0394927 + 0.00002495 D^2 H + 0.00005902 D^2,$$

Volumen hasta un índice de utilización de 15 cm:

$$VC = 0.098205 + 0.00002446 D^2 H + 0.00001356 D^2 .$$

Según Pérez, *et al.*, (1989) en 1987, la Escuela Nacional de Ciencias Forestales preparó en base a 590 árboles, tablas de volumen general para la región central del país y las ecuaciones son las siguientes:

Volumen total (1)

$$VT = 0.0025251 + 0.000028402 D^2 H.$$

Volumen Comercial (2)

$$R = 1 - 1.26681849 ( IU^{3.611923} / D^{3.570042} ).$$

Burkhart (1977) para elaborar las tablas de volumen comercial usó la técnica que consiste en correlacionar la razón de volumen comercial / volumen total con el DAP y el índice de utilización, por ejemplo: el volumen total para los árboles de la clase de 26 cm. de DAP, y 19 m. de altura es 0.3623 m<sup>3</sup> que resulta de reemplazar el DAP y la altura en la ecuación (1), la proporción (2) de volumen comercial para la misma clase y para un índice de utilización de 15 cm. es 0.80 que resulta de reemplazar el índice de utilización y el DAP en la ecuación (2). El volumen comercial es por lo tanto igual al volumen total multiplicado por el valor de R, es decir, VC = 0.3623 x 0.80 = 0.2898 m<sup>3</sup>

En la Escuela Agrícola Panamericana, con el aprovechamiento forestal ejecutado en 1986, se elaboraron tarifas y no tablas de volumen para *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi* ya que no se midieron todas las alturas de los árboles inventariados, las ecuaciones para las tarifas fueron las siguientes:

*Pinus oocarpa*, zona alta:  $V = 0.001024 \text{ DAP}^2 - 0.44241$

*Pinus oocarpa*, zona baja:  $V = 0.000797 \text{ DAP}^2 - 0.24855$

*Pinus maximinoi*:  $V = 0.000802 \text{ DAP}^2 - 0.02572$ ,

donde: V = volumen comercial sin corteza y, DAP = diámetro a la altura del pecho con corteza (Agudelo, 1988).

### 1.1.1 Justificación del proyecto

Estas tablas de volumen tendrán una gran importancia, dado que, aunque la unidad ya tiene tarifas éstas no presentan la facilidad de uso de una tabla de doble entrada en donde las variables se presentan de una manera más sencilla de utilizar, es importante mencionar que en el país ya se han hecho varias tablas, pero debido a que no todas las especies presentan el mismo comportamiento dependiendo de las condiciones de clima y calidad de sitio, no se puede generalizar su uso ya que se puede caer en el error de subestimar o sobrestimar la capacidad productiva de la unidad de manejo; además se recomienda la elaboración de estas tablas si se cuenta con el recurso y tiempo necesario, ya que su elaboración suele ser muy costosa por lo que surge la necesidad de construirlas para cada lugar específico donde se piense hacer un aprovechamiento sostenible.

Otro factor que se consideró es que en algunos casos se usan tablas que han sido creadas en otros países en donde las condiciones en la que se encuentran las especies difícilmente son parecidas.

### 1.1.2 Objetivo general

Proporcionar información que facilite la estimación de volumen (por medio de una tabla de volumen de doble entrada, DAP y Altura), para la elaboración de inventarios forestales y planes de manejo del bosque de pino del Uyuca.

### 1.1.3 Objetivos específicos

Elaborar ecuaciones de volumen total y comercial para *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi*.

Comparar diferentes modelos matemáticos para la elaboración de las tablas y ver cuál es el modelo que más se ajusta al comportamiento de las especies.

Proporcionar información que contribuya al cumplimiento de las normas de los planes de manejo exigidas por la AFE-COHDEFOR.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. *Pinus oocarpa*, Schiede.

#### 2.1.1. Distribución natural

El *Pinus oocarpa*, Schiede, es una especie de gran plasticidad ecológica debido a que se adapta a gran variedad de tipos de suelos, climas y rangos altitudinales. Altitudinalmente se extiende desde los 200 m.s.n.m. en México y Guatemala (Lamb y Cooling, 1970), hasta los 2700 m.s.n.m. en Guatemala (Standley y Steyermark, 1958), para Peters, (1977) se distribuye desde México hasta El Salvador y Honduras. Según Robbins y Huches (1983) citado por Agudelo (1988) se dice que en Honduras el límite altitudinal más bajo está determinado por la temperatura y el más alto por la temperatura y/o falta de fuegos, situación que es propicia en condiciones más húmedas.

Los pinares necesitan un rango aproximado de 900 a 1.500 mm. de precipitación anual, siendo *pinus oocarpa* la especie de conífera que tolera períodos de sequía más prolongados (Wolffsohn, 1982), en cuanto a la temperatura media requerida, ésta oscila entre 10 °C como mínimo y 25 °C como máximo (Zamora, 1981).

Generalmente, esta especie se encuentra en las áreas de zona de vida denominadas bosque húmedo sub-tropical y húmedo montano bajo, aparece formando rodales puros o entremezclados con *Quercus sp.* o asociado con *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus tenuifolia*, *Pinus oocarpa mycrophyla*, *Pinus tecote macrophylla* y *Pinus tecumani*. (Peters, 1977).

#### 2.1.2. Aspectos fenológicos

Para Peters (1977) la descripción botánica de *pinus oocarpa* es la siguiente: Las ramas son generalmente gruesas y extendidas, pero se encuentran proveniencias finas a las cuales hay que dar preferencia en la recolección de semillas al marcarse los árboles padres para la regeneración natural. Las ramillas nuevas suelen tener el color café-violáceo y ser ásperas al principio, luego se vuelven escamosas desapareciendo la aspereza, debido a la caducidad de la base de las brácteas.

La copa es muy variable, tanto en su forma como en su densidad, se encuentran proveniencias de esta especie con copas de poca densidad, esparcidas, con ramas finas y otras con copas redondeadas y densas; en sitios más húmedos el follaje es más denso y de

color más oscuro, la corteza es agrietada, con placas longitudinales de color gris hasta café-grisáceo, y en la parte interior de las escamas de color amarillo-café-rojizo.

Las hojas por fascícula son generalmente cinco, en algunos casos también cuatro, el color de estas es 7.5 GY 6/7 Munsel, su largo oscila entre 17-29 cm., o comúnmente de 22-25 cm. Las hojas son tiesas y ásperas, sin embargo algunos ejemplares poseen hojas suaves, el espesor de la hoja es de 0.7-1.0 mm.; estas poseen canales resiníferos septales, las vainas son persistentes de 9-30 mm. de largo, con escamas acuminadas subterminales largamente pedunculadas de color azulado.

Las flores masculinas son cilíndricas de color amarillo, las femeninas son azuladas y se localizan en las ramas viejas y por eso se presentan con mayor frecuencia en la parte inferior de la copa (Peters, 1977). Aunque también hay flores masculinas en las ramas viejas, éstas se sitúan principalmente en la parte superior de la copa, la floración ocurre en la estación lluviosa; luego la polinización se inicia aproximadamente en los primeros días de diciembre y termina a mediados de enero, después de la polinización tiene lugar la maduración de los conos, la que generalmente tiene lugar 26 meses después (Agudelo, 1988)

De acuerdo a Styles y Hughes (1983) citado por Agudelo (1988), los conos maduran de enero a marzo. Estos conos son cerrados, persistentes, numerosos, fuertes y pesados, miden de 5 - 9.5 cm. de largo y de 4.5 - 7.5 cm. de ancho, son de color ocre hasta ocre-verdoso, más tarde ocre-grisáceo, los pedúnculos son débiles y de 2 a 3 cm. de largo, los cuales quedan con el cono al caerse (Peters, 1977).

Las semillas de *pinus oocarpa* completamente maduras y llenas, tienen dimensiones entre 3.5 x 6.5 mm y pesos que varían entre 15 y 20 mg., la viabilidad de éstas es del orden del 90%. Según Wolffsohn (1984) citado por Agudelo (1988). En Honduras, la diseminación de las semillas ocurre en la época seca, entre febrero y mayo; no obstante se presenta caída de semillas, en menor número, en cualquier período seco que suceda durante la estación lluviosa, y se considera que sólo entre noviembre y enero no caen semillas llenas. Este autor afirma que entre el 80% y el 90% de las semillas viables se diseminan entre febrero y mayo, el radio de diseminación se encuentra entre los cinco y diez metros del árbol, aunque éstas pueden hallarse hasta los 30 m. de distancia.

### **2.1.3. Regeneración natural**

Esta especie presenta buena regeneración natural y rebrota adecuadamente de cepa cuando los árboles están jóvenes y son dañados por fuegos (Troensegaard 1975) citado por Agudelo (1988). La regeneración natural de pino no tolera sombra, esta especie es exigente de luz, pero en etapa de vivero puede soportar hasta un 50% de sombra.

Según Wolffson (1984), citado por Agudelo (1988), con esta intensidad de sombra se estimula el incremento en altura, pero se reduce el crecimiento diametral. A medida que el



grado de sombra aumenta, la altura se incrementa, pero el follaje de las plántulas se torna amarillento, se presenta poco desarrollo de follaje adulto e incluso este no puede llegar a formarse; por otra parte, con altas intensidades de sombra las plántulas no pueden mantenerse en pie, tanto en Honduras como en los demás países de Centro América en donde se encuentra *Pinus oocarpa*, el método silvicultural que se está aplicando para estimular la regeneración de la especie es el de árboles semilleros padres (Agudelo, 1988).

#### **2.1.4. Crecimiento**

Del Programa de Parcelas Permanentes (PMP) de la COHDEFOR/ESNACIFOR en los pinos, se establecen incrementos desde 0.9 m<sup>3</sup>/ha/año, en los sitios más pobres, hasta 18.6 m<sup>3</sup>/Ha/año en los mejores sitios, con un promedio nacional de 9.33 m<sup>3</sup>/ha/año el cual, aplicado a los 2.78 millones de ha. existentes, actualmente alcanza un incremento potencial de 26 millones de m<sup>3</sup> por año en el país (Silviagro, 1996).

En suelos profundos alcanza alturas considerables de hasta 40 m. y más, mientras que en suelos malos no se desarrolla más de 25 m. La altura del árbol está en estrecha relación con el diámetro y la calidad de sitio (Peters, 1977). Según Wolffsohn (1984), esta especie en los mejores sitios puede crecer hasta 30 cm. de altura en el primer año, pero por lo general las plántulas sólo tienen de 5 a 10 cm. de altura al finalizar el primer año.

#### **2.1.5. Suelos y fertilización**

Los pinos generalmente crecen en suelos ácidos, esta especie puede tolerar suelos de baja fertilidad y bajos niveles de calcio, nitrógeno y fósforo, requiere de suelos bien drenados. Según Wolffsohn (1984), aplicaciones de potasio producen buenos resultados. Para Kadeba (1978) y Ladrach (1974) citados por Agudelo (1988) los efectos del nitrógeno varían de acuerdo con la fuente de este elemento, afirman que la urea es perjudicial a los pinos; los mejores resultados se obtienen con el suministro de 200 gr. de superfosfato simple y 100 gr. de sulfato de amonio por árbol.

#### **2.1.6. Plagas y enfermedades**

En general no son muchas las especies de plagas que atacan a los pinos, Wolffsohn (1982) anota que entre los insectos más dañinos para los árboles jóvenes está la mariposa *Rhyacionia sp.* que ataca las yemas terminales ocasionando reducción en el crecimiento en altura, estos pinos también son atacados por *Ips spp.*, *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus*.

En cuanto a las plantas parásitas también se encuentran en los pinares los muérdagos que generalmente no producen daños considerables si son controlados adecuadamente, los árboles adultos pueden ser atacados por hongos causando pudrición de la raíz y del corazón, entre los más importantes están: *Heterobasidium* (fomes) *annosum* y *phellinus* (fomes) *pini* (brot. ext Fr.) y *Ames sensu lato*; el primero es poco frecuente, pero el segundo es más frecuente y el que más daño causa al corazón del árbol.

## **2.2. *Pinus maximinoi*. H.E. Moore.**

### **2.2.1. Distribución natural**

En climas tropicales esta especie necesita por lo menos 900 milímetros de precipitación por año (Wolffsohn, 1982). Schwerdtfeger (1953) citado por Agudelo (1988) indica que en Guatemala la especie crece en sitios con precipitación media anual entre 1,235 y 2,910 milímetros y con temperaturas relativamente calientes e indica que la especie se distribuye principalmente entre los 17 °C y 23 °C de temperatura media anual. En Honduras se ha observado en lugares con precipitación anual de aproximadamente 2,500 milímetros o más y se encuentra entre los 12 °C y 20 °C de temperatura media anual (Agudelo, 1984).

Ecológicamente se encuentra casi en su totalidad en la región latitudinal subtropical, altitudinalmente se localiza en los pisos basal de la región subtropical, en el montano bajo y en el montano, en Honduras la especie se halla principalmente en la zona de vida bosque húmedo montano bajo subtropical ( bh- MBS ), localizándose también en el límite superior del bosque húmedo subtropical ( bh - S ) en donde se mezcla con *Pinus oocarpa* y en el bosque muy húmedo montano bajo subtropical ( bmh - MBS ) en donde se fusiona con el bosque latifoliado de altura (Agudelo et.al ,1980).

### **2.2.2. Aspectos fenológicos**

En Honduras, la polinización de las flores de *Pinus maximinoi* ocurre entre febrero y marzo y la maduración de los conos, aunque variable, se da unos 26 meses después de la polinización, con relación a la semilla se ha determinado en México un promedio de 46,984 semillas por kilogramo, 60% como porcentaje de germinación, 5% de semillas vanas y 28,190 semillas viables por kilogramo, al mismo tiempo considera que el límite entre *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi* no se debe al cambio de temperatura, sino que a un incremento de la precipitación con la altura y a una reducción de la frecuencia e intensidad de los incendios forestales, Wolffsohn, (1982) citado por Agudelo, (1988).

### 2.2.3. Regeneración natural

Agudelo (1988) asegura que debido a que el *Pinus maximinoi* ocupa sitios altos con buenos suelos, humedad apropiada y relativa tolerancia a la sombra, su regeneración no parece ser un problema bajo condiciones naturales, sin embargo, Wolffsohn (1982) señala que en Honduras, la especie tiende a desaparecer en un lapso relativamente corto de tiempo, con lo que la regeneración natural puede verse amenazada.

### 2.2.4. Crecimiento

Según Wolffsohn (1982) esta especie es más tolerante bajo condiciones de sombra comparándola con *Pinus oocarpa* y *Pinus caribea*; debido a que también necesita condiciones favorables crece en forma natural mucho más rápido que sus competidores, por lo tanto se comporta mejor que *Pinus oocarpa* cuando compite con especies latifoliadas. No se tienen datos concretos de crecimiento debido a que en el país han sido reducidos el número de estudios que se han hecho con esta especie.

### 2.2.5. Suelos y fertilización

Para Wolffsohn (1982) esta especie es más exigente en cuanto a las condiciones de suelo comparadas con *Pinus oocarpa* y *Pinus caribea*, ya que necesita suelos bien drenados, no tolera suelos superficiales, y prefiere suelos ácidos, pero comparando estas tres especies es la que presenta mayor tolerancia a suelos básicos; también cuando este se mezcla con *Pinus oocarpa* tiende a ocupar los mejores sitios lo que trae como consecuencia que se presenten árboles de mayor tamaño el nutrimento más importante es el fósforo, aunque el nitrógeno mezclado con éste produce resultados favorables, el potasio en cambio es de reacción negativa o débil dentro del árbol.

### 2.2.6. Plagas y enfermedades

Wolffsohn (1982) dice que esta especie es atacada por el gorgojo de la corteza de pino *Dendroctonus spp.* e *Ips spp.*, este ataque se ve favorecido por la intensidad de los incendios forestales y sequías prolongadas, en la etapa de vivero puede ser atacado por el mal del almácigo (Damping off), aunque esta enfermedad no es tan frecuente en la etapa de regeneración natural; también se pueden presentar ataques de roya del cono que es ocasionado por el hongo *Cronartium conigenum*, pero su presencia es variable año con año y de sitio a sitio, este hongo se puede controlar con quemas controladas. El hongo *C. quercum* produce principalmente en árboles jóvenes unas grandes agallas redondeadas

localizadas en el fuste o en las ramas, estas cuando caen producen cicatrices que cuando son muy grandes pueden quebrar el tronco. Esta especie debido a que el espesor de su corteza es menor que la *Pinus oocarpa* no resiste alta frecuencia de incendios como este, por lo tanto *Pinus maximinoi* se puede mantener con incendios espaciados entre 5 a 20 años.

### **2.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS BOSQUES DE CONÍFERAS DE HONDURAS**

Existe escasez y deficiencia en cuanto a la información existente de los recursos del país. La falta de manejo intensivo en las masas forestales y la carencia de un registro adecuado de las actividades que se realizan en éstas, dificultan hacer un análisis exhaustivo de la situación de nuestros bosques, para Silviagro (1996) la situación de los bosques del país se presenta de la siguiente forma:

- De acuerdo con la COHDEFOR la producción registrada de madera (legal) de los bosques de pino en los últimos 10 años se ha reducido de 1 millón de m<sup>3</sup> a 0.6 millones de m<sup>3</sup>.
- Los bosques de pino están produciendo apenas un 20% de su crecimiento potencial promedio, estimado en unos 9 m<sup>3</sup>/ ha./año, por no contar con densidad adecuada según la calidad de los sitios, así como falta de recursos para el desarrollo de estos
- El consumo doméstico y artesanal de leña estimado en unos 7.5 millones de m<sup>3</sup> en 1993, afecta todas las masas forestales.
- De acuerdo con el diagnóstico de ganadería en Honduras de 1988, 3.1 millones de ha. (incluyendo gran parte de los bosques de pino), son utilizados en esta actividad.
- El patrón de los asentamientos humanos en el país provoca una gran fragmentación de la superficie boscosa, volviendo más complejo el proceso de planificación y ejecución del manejo forestal.
- A la fecha no se conoce oficialmente si los bosques intervenidos en 1992 se han regenerado o no .

Prácticamente, en el país todas las masas de coníferas han sido intervenidas por la industria o por las poblaciones locales, con excepción de un área de 80,000 ha. en el departamento de Olancho donde no se han hecho cortes, pero sí se han usado para el pastoreo, también no han sido intervenidas unas 150,000 ha. en La Mosquitia, esto trae como consecuencia que toda masa intervenida se convierta en bosque joven o en pastizales, de éstos el primero ocupa aproximadamente 1.2 millones de ha. en todo el país y debido a que no se cuenta con un adecuado registro de la regeneración ni tampoco se hace una buena selección de los árboles semilleros no se pueden aprovechar de una forma sostenible (Silviagro, 1996).

## **2.4. GENERALIDADES Y OBJETIVOS DE LOS INVENTARIOS FORESTALES**

El proceso de manejo implica una clara definición de las políticas, propósitos y objetivos por parte del propietario, para los cuales el bosque va a ser manejado, requiere también, de un examen minucioso de los recursos disponibles existentes en el mismo y finalmente, necesita determinar el sistema de manejo y los métodos silviculturales más adecuados que deberán aplicarse a la masa forestal, (Dawkins (1958) citado por Agudelo (1988).

El vocablo inventario forestal generalmente se considera como sinónimo de la cantidad de madera de un bosque (Ferreira, 1981). Con base en este único criterio el inventario se puede definir como el procedimiento que se utiliza para describir cuantitativamente un bosque o rodal, o se puede considerar también como el intento que se hace para conocer la cantidad y calidad de los árboles de un bosque y muchas de las características de un sitio (Husch, 1963).

Dado que el bosque no solamente es un recurso productor de madera, sino que algunos de ellos también cumplen funciones (protección de biodiversidad, captación de lluvias y regulación de caudales) tan importantes, que éstas, difícilmente cuantificables en términos económicos, son en muchas ocasiones mucho más importantes que la sola producción de productos forestales, dada entonces esta multiplicidad de usos de los bosques, es necesario ampliar el concepto de inventario forestal (Agudelo, 1988), bajo este contexto, el inventario forestal se define como aquel examen que se hace al bosque con el fin de obtener información sobre su composición florística, existencias maderables, crecimiento y agotamiento de la masa y otras características del mismo, tales como superficie y régimen de propiedad (Ferreira, 1981).

### **2.4.1. Situación de inventarios forestales en Honduras**

Según Silviagro (1996) los inventarios forestales con bases estadísticas reconocidas se inician en 1964 con el Inventario Forestal Nacional con la asistencia de la FAO. En este inventario se hace una diferenciación de pino de baja densidad (8,023 Km<sup>2</sup>) y pino de alta densidad (19,365 Km<sup>2</sup>). En el período de 1974 a 1983 la COHDEFOR realizó varios inventarios forestales parciales en el país, cubriendo una superficie de 2,589,641 Ha., 57% de esta área fue en pinares, la mayor parte de los inventarios estuvieron dirigidos a conocer la existencia de pinares en la zona central conocida como Macizo Central. El área total inventariada representa el 46 % de la cobertura total de bosque estimada en 1990.

Para Silviagro (1996) ninguno de estos inventarios ha tenido seguimiento en cuanto al registro de áreas aprovechadas y el descuento de volúmenes extraídos, por lo que se encuentran desactualizados.

## 2.5. VOLUMEN MADERABLE

Según Silviagro (1996) (ver Cuadro No. 1) en todo el país existen aproximadamente 162,763.000 m<sup>3</sup> de volumen bruto y 130,210.000 m<sup>3</sup> de volumen neto en 1990, estos estimados no son precisos debido a que no se hace ningún tipo de estratificación de la superficie forestal, la cual por lo menos se puede hacer en tres niveles: Sitios sin mayor interés comercial por la baja calidad, sitios de producción promedio y sitios de alta producción.

De acuerdo con Schreuder (1955) se estimó la producción de madera aserrada en 0.5 millones de m<sup>3</sup> y dedujo que la madera en rollo procesada fue del orden de 1.1 millones de m<sup>3</sup>, considerando una tasa de rendimiento de 45%, en 1991 según COHDEFOR (1992) la industria de aserrío procesó 704,700 m<sup>3</sup> y produjo 166.0 millones de pies tablares, en 1992 se procesaron 538,500 m<sup>3</sup> o sea un volumen relativo inferior al 23.6%, produciéndose 180.0 millones de pies tablares, lo que representa un incremento de 8.4%, esto indica que en 1991 se dio un índice de rendimiento de 56.4% mientras que en 1992 se dio uno de 78.9%, por lo tanto este indicador no resulta confiable ya que en el país los aserraderos más eficientes que operan con sierra de banda sólo logran un índice de rendimiento de 60%. Silviagro (1996) confirma lo siguiente ya que aseveran que el proceso de sistematización y ordenamiento de las estadísticas forestales en los 90's está en retroceso.

**Cuadro No. 1. Existencias de madera en pie en Honduras , 1990.**

Zona	Tipo de bosque	Superficie (ha.)	Volumen bruto en pie millones de m <sup>3</sup>	Volumen neto en pie millones de m <sup>3</sup>
Occidental	pino	390,100	23,153	18,523
	pino maduro	229,100	18,122	14,498
	pino joven (raleos)	161,000	5,031	4,025
Sur	pino	146,500	11,588	9,270
	pino maduro	146,500	11,588	9,270
	pino joven (raleos)	-----	-----	nd
Central	pino	1.606,700	84,862	67,889
	pino maduro	724,200	57,284	45,827
	pino joven (raleos)	882,500	27,578	22,062
Atlántica	pino	146,500	11,445	9,156
	pino maduro	143,500	11,351	9,081
	pino joven (raleos)	3,000	0,094	0,075
Oriental	pino	491,700	31,715	25,372
	pino maduro	341,700	27,028	21,622
	pino joven (raleos)	150,000	4,687	3,750
Total del país	pino	2,781,500	162,763	130,210
	pino maduro	1,585,000	125,373	100,298
	pino joven (raleos)	1,196,500	37,390	29,912

Fuente: Silviagro, 1996

nd: El volumen neto no puede ser establecido porque sólo se aprovechan algunas especies, pero no en todos los lugares, se estiman las existencias de volumen de madera de árboles en pie usando los promedios de volumen por ha. de los inventarios realizados por COHDEFOR anteriormente.

## 2.6. PRODUCTOS FORESTALES

La madera en bruto constituye la principal materia prima extraída de los bosques hondureños, su producción se destina para uso doméstico, artesanal e industrial; del volumen total, la leña ocupa un 92% mientras que la madera en trozas sólo un 8%, como lo podemos ver en el Cuadro No. 2, otros productos importantes son la trementina de pino y la resina de liquidámbar.

**Cuadro No. 2. Productos madereros:**

producto	uso	cantidad	unidad
leña	domestico y artesanal	7.5 millones	m <sup>3</sup>
madera en rollo	industrial	645 mil	m <sup>3</sup>
trementina	industrial	19,471	barriles

Fuente: Silviagro, 1996.

### 2.6.1. Comportamiento de los productos forestales en el mercado

#### 2.6.2. Madera en trozas.

La producción de madera en trozas tiene como finalidad abastecer de materia prima a las diferentes empresas procesadoras de madera tales como aserraderos, procesadores de postes para alumbrado y telefonía, plantas de contrachapado, palilleras y otros usuarios.

Las dimensiones para el mercado de la madera en trozas varía según el tipo de empresa donde se planea comercializar el producto así, según Silviagro (1996), en los aserraderos se requiere madera con un diámetro mínimo de 8 pulgadas (20.32 cm.) con largos mayores o iguales a 12 pies (3.66 m.); en cambio en las palilleras procesan la madera con dimensiones inferiores a las anteriores.

Para Silviagro (1996) en el país las empresas madereras trabajan ya sea con empleados de la empresa o con contratistas que pueden encargarse de la sola extracción de la madera o también de la colocación del producto en los aserraderos, por lo cual dependiendo del sistema usado variará el mercado final de la madera, lo que trae consigo una desigualdad en la balanza de los precios.

### 2.6.3. Oferta y demanda

Teóricamente, el precio de la madera debería estar basado de acuerdo a los precios que estarían dispuestos a dar los compradores, dependiendo de la existencia del recurso, pero en la práctica no sucede así debido a que la madera tarda en renovarse, por lo tanto los compradores fijan los precios según el mercado, los costos de producción y la utilidad que el empresario pueda obtener de esta actividad (Silviagro 1996).

El precio de la madera de pino ha fluctuado como podemos ver en el Cuadro No. 3 desde 1973 a 1992 teniendo un crecimiento de precios que en términos corrientes sería de 24 veces, pero en términos constantes sólo de apenas 4 veces.

**Cuadro No. 3. Precios de la madera por (m<sup>3</sup>) en el período de 1973-1992.**

Año	Lps. corrientes	Lps. constantes de 1978
1,973	3	4.4
1,974	5	6.5
1,975	6	7.22
1,980	12	9.06
1,990	36	12.86
1,992	72	17.85

Fuente: Silviagro, 1996.

Entre 1975 y 1992 la COHDEFOR devolvía a los propietarios de los bosques L. 2.00 por m<sup>3</sup> extraído, a finales de 1993 con la modernización de las políticas forestales, se establece un mecanismo de subasta tomando un precio base de L. 72.00 por m<sup>3</sup> el que se modifica de acuerdo a los precios alcanzados en subastas precedentes.

La oferta de la madera en trozos proviene de bosques privados, ejidales y nacionales, en los dos primeros los precios se determinan por negociación entre las partes, en los nacionales a partir de 1993 la ley establece que: "...en cuanto impliquen compraventa de madera, se hará mediante subasta, sujeto a un precio mínimo basado en criterios económicos y ecológicos en base a las áreas de corte anual y normas técnicas contenidas en el plan de manejo elaborado para tal fin (Artículo 19, Reglamento al título VI, Decreto 31-92) (Silviagro, 1996).

La falta de inventarios forestales de las existencias boscosas, impiden determinar con precisión si el recurso forestal es capaz de atender la demanda de la industria maderera que se estima en 1.8 millones de m<sup>3</sup> anuales, según la COHDEFOR (1992) los productores campesinos organizados en cooperativas, mantuvieron un consumo promedio de 54,167 m<sup>3</sup> por año entre 1987-1992, mientras que el consumo anual muestra el comportamiento que se presenta en el Cuadro No. 4 con lo cual podemos apreciar que los volúmenes



aprovechados por los grupos campesinos son poco significativos, ya que en este período el promedio alcanzó 54,167 m<sup>3</sup> por año.

#### **Cuadro No. 4. Consumo de madera en trozas para aserrío manual (m<sup>3</sup>).**

<b>Año</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
1,987	43,500
1,988	53,500
1,989	60,000
1,990	73,000
1,991	52,000
1,992	43,000

Factor de conversión 200 P.T/ m<sup>3</sup>.

Fuente: Citado por Silviagro, 1996. COHDEFOR. Anuario Estadístico 1992;

#### **2.6.4. Leña**

Según Silviagro (1996) la leña es un combustible que se produce en los bosques, sin mayor intervención del hombre salvo para cortarla y llevarla al lugar de consumo, generalmente se obtiene de árboles que no son óptimos para aserrío, así como de residuos ya sea que provengan de los aprovechamientos forestales o de la producción natural de las masas forestales. Podemos ver la importancia de la leña cuando sabemos que el volumen medio anual de madera asciende a 8,145 miles de m<sup>3</sup> de los cuales la leña aporta 92% y la madera en rollo registrada legalmente por la COHDEFOR sólo un 8 % .

#### **2.6.5. Oferta y demanda**

La leña sigue siendo en el país el combustible de mayor consumo y de acceso relativamente más fácil. Según COHDEFOR (1992), entre 1985-1989 se autorizó un aprovechamiento de 130,402 m<sup>3</sup> por año, mientras que en el período de 1990-1992 se autorizaron 44,588 m<sup>3</sup>, si relacionamos estos volúmenes con las estimaciones de volumen doméstico éstos representan solo el 2.4% y el 0.7% respectivamente, lo que resulta irrisorio, y con esto se refleja la falta de control para la explotación de leña.

El consumo de leña tiene un impacto significativo en la economía familiar, ya que una familia promedio utiliza aproximadamente 9.9 m<sup>3</sup> al año, lo que monetariamente representa un costo o un ingreso de L. 1,544.00, aproximadamente (L.156/m<sup>3</sup>) valor que representa un 7.2% del ingreso medio familiar del país.

Jones y Pérez (1982) determinaron que en ese año en Honduras el 65% de la energía generada en el país provenía de leña, el 75% de la población utilizaba leña para fines domésticos, el consumo per-capita anual de los consumidores se estimó en 1.7 m<sup>3</sup>, y las especies más usadas para este fin eran roble, encino, carbón, pino y otras.

El consumo de leña proyectado para 1994 ascendió a 6.7 millones de m<sup>3</sup>, equivalentes a 53.56 millones de cargas (factor de 33 leños por carga), que a un precio de L. 20.00 por carga, representan un valor bruto de 1,071 millones de lempiras, equivalentes a 125 millones de dólares a una tasa de cambio de L.8.57 por \$1.00.

Según un informe del proyecto MADELEÑA, para los precios de la leña se tiene como referencia un leño promedio de 7 cm. de diámetro y 1 m. de largo (260 leños por m<sup>3</sup>), en 1989 costaba L.0.30/unidad (L.78.00/ m<sup>3</sup>) pasando en 1994 a L.0.60/unidad (L.156.00/m<sup>3</sup>) lo que indica un aumento de precios de un 14.9% por año (Silviagro, 1996).

Cuando la leña se dedica a la comercialización, los precios se basan en considerar ciertos factores como:

- El desgaste de las herramientas (depreciación del equipo).
- Mano de obra.
- Transporte.
- Pago de los derechos al propietario y a COHDEFOR.
- El tipo de especie.
- La distancia a la fuente de abastecimiento.
- La ubicación de los consumidores y
- Los precios de los combustibles sustitutos como ser el gas y la electricidad (Silviagro, 1996).

Pero son muy pocas las personas que toman en cuenta estos factores ya que generalmente la leña es obtenida y comercializada por personas que la sacan del bosque sin ningún tipo de control por parte de las autoridades.

## **2.7. TABLAS DE VOLUMEN**

### **2.7.1. Definición**

Para obtener el volumen de los árboles medidos en una parcela de muestreo, es necesario establecer una relación entre las características del DAP y la altura que se ha medido en los árboles de la parcela y el volumen de los árboles, esta relación entre el volumen con el DAP y altura puede ser una ecuación o fórmula, o bien una relación obtenida por métodos gráficos, de las cuales se derivan las tablas de volumen (Ferreira, 1994).

La tabla de volumen es una tabulación del volumen promedio de árboles de diferentes tamaños, expresados por su DAP y altura y diferentes clases de formas, su idea es

desarrollar para una especie una relación entre el volumen y algunas variables de fácil determinación como el DAP y la altura.

## **2.8. CLASIFICACIÓN DE LAS TABLAS DE VOLUMEN**

### **2.8.1. Tabla de volumen local**

Se define una tabla de volumen local como aquella que utiliza solamente el DAP, como variable independiente, asume que todas las variables excepto el DAP son uniformes dentro de un área limitada para la cual la tabla es efectiva y válida. Aunque la tabla de volumen local muestra el volumen para cada DAP, en su construcción ha sido considerada la altura, es decir, que lleva implícita una relación DAP/Altura, por lo tanto de éstas se pueden derivar de tablas de volumen general si se conoce la relación DAP/Altura, ó bien pueden ser construidas directamente, para Husch, *et al* (1982) el término local es usado porque las tablas de este tipo generalmente se restringen sólo al área donde se realiza el estudio en la cual la relación altura y diámetro contenida en la tabla es relevante, aunque estas tablas han sido preparadas para datos de campo brutos (éstas son las medidas de volumen y diámetro de los árboles muestra) de aquí se pueden derivar tablas estándares de volumen.

### **2.8.2. Tabla de volumen general (estándar)**

Es aquella que utiliza el DAP y la altura como variables independientes. La altura utilizada puede ser la altura total como es el caso para las especies coníferas o la altura comercial que se utiliza en las especies de latifoliadas; Husch *et al.*, (1982) dicen que estas tablas pueden ser hechas para especies individuales, grupos de especies o para diferentes sitios específicos.

### **2.8.3. Tablas de volumen con clase de forma**

Es una tabla de volumen general con la forma del árbol incorporada como variable. La clase de forma de Girard es la de uso más común en tablas de volumen (Ferreira, 1994). Husch *et al.*, (1982) contemplan que estas tablas se hacen a partir del DAP, altura y alguna medida de la forma del árbol. Se tiene que tener en cuenta que la forma del árbol puede depender de la especie y el sitio donde se encuentre, por eso es difícil generalizar estas tablas a otras zonas diferentes a donde se realizó el estudio.

## **2.9. INFORMACIÓN QUE DEBE DE ACOMPAÑAR A LA TABLA DE VOLUMEN**

Algunos autores como Husch *et al.*, (1982) afirman que una tabla de volumen debe de ir acompañada de cierta información que se necesita para que al momento de aplicarlas se haga de la manera correcta, entre éstas están:

- Especie o grupos de especies y localidad (calidad de sitio) donde la tabla es aplicable.
- Definición de las variables dependientes, si es volumen en qué unidades está expresado.
- Definir las variables independientes así como el índice de utilización usado.
- Autor.
- Fecha de elaboración.
- Número de árboles muestra.
- Forma de recolección de datos.
- El método usado para la determinación del volumen de los árboles.
- Método de análisis y construcción de la tabla.

## **2.10. NÚMERO DE ÁRBOLES EN LOS QUE SE DEBE BASAR UNA TABLA DE VOLUMEN**

Para construir una tabla de volumen Bruce y Schumacher (1965) mencionan que los árboles seleccionados deben escogerse al azar, el número en sí va a depender del error normal del volumen de cada árbol. Se afirma que para estas especies de coníferas, según estudios realizados, para que la tabla de volumen sea representativa del volumen total de los árboles en una masa relativamente homogénea (en donde los árboles con DAP y altura similar presenten el mismo rango de volumen), tienen que abarcarse por lo mínimo 10 árboles por clase diámetrica de 5 cm. o sea que para abarcar las clases diámetricas entre 10 y 80 cm se tendran que medir 150 árboles, generalmente se miden entre 150 a 2000 árboles Ferreira (1997)<sup>1</sup>

## **2.11. MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE TABLAS DE VOLUMEN**

### **2.11.1. Métodos indirectos**

Los métodos indirectos fueron los primeros métodos desarrollados, estos usan factores de forma y curvas de ahusamiento (conicidad), estas fórmulas permiten determinar el diámetro de un árbol a cualquier altura del fuste en función de su DAP y altura total. En Honduras, Reid y Collins en 1977 desarrollaron para los pinos de Olancho la siguiente fórmula de conicidad:

---

<sup>1</sup> Oscar Ferreira. 1997. Tablas de volumen. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. (Comunicación personal).

$$dsc = Dapcc \sqrt{(\alpha + bh/At + c/Dapcc^2)}$$

$$dsc = Dapcc \sqrt{(0.76722 - 0.85002 h/At + 11.43929/Dapcc^2)}$$

donde:

dapcc = diámetro con corteza a la altura del pecho (m), At = altura total (m), h = altura parcial del fuste (m), dsc = diámetro sin corteza a la altura h (m) Ferreira (1994).

## 2.11.2. Métodos directos

### 2.11.2.1. Ajuste gráfico

El ajuste gráfico se define de la siguiente forma: Consiste en hacer un diagrama de dispersión con el volumen y el DAP (la altura puede ir en forma implícita o hacer un diagrama por clase de altura). Luego, según la tendencia que muestre el diagrama se ajusta a mano a la curva, tratando de hacer mínimos los desvíos de cada observación con respecto a la curva ajustada a mano, la etapa de ajustar la curva es muy laboriosa y tediosa, pues para cada ajuste que se hace se debe calcular la diferencia agregada y la desviación media para medir la exactitud del ajuste. La fórmula para la diferencia agregada y desviación media son:

$$\text{Diferencia agregada: } DA = ((\sum Ve - \sum Vr) / \sum Ve) \times 100 \leq 1\%$$

$$\text{Desviación media: } DM = ((\sum (Vr - Ve)/Ve)/n) \times 100 \leq 10\%$$

donde: Ve = volumen estimado (Leído sobre la curva), Vr = volumen real (volumen calculado).

La diferencia agregada mide la concordancia total de los volúmenes reales (Vr) y los de la tabla o curva (Ve). La desviación media es un promedio de los desvíos y sirve como sustituto de la más elaborada desviación standard que se usa en los métodos estadísticos Ferreira (1994).

### 2.11.2.2. Ajuste por análisis de regresión

El ajuste se hace por el método de los mínimos cuadrados, éste se basa en la premisa que el volumen está relacionado con las variables independientes elegidas de acuerdo a una función o ecuación matemática definida, por este método esta función se encuentra explícita; la ventaja de este ajuste es que la solución de la ecuación es objetiva y se puede calcular la desviación estándar de estimación y el coeficiente de correlación, y otra es la rapidez con que se obtienen estos datos con los coeficientes de la ecuación, la desventaja relativa es que requiere una mejor base matemática y estadística para aplicarla (Ferreira, 1994).

La mayoría de las tablas de volumen comercial se han elaborado ajustando una ecuación para cada tipo de volumen comercial, que se define por el diámetro mínimo superior

aprovechable del árbol. Este diámetro mínimo se llama índice de utilización (IU) y los valores más usados son 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm y 25 cm. Esta técnica presenta a veces la situación ilógica que al graficar las ecuaciones éstas se cruzan, el cruce significa que para una clase diamétrica dada los volúmenes son iguales, siendo lo correcto y lógico que el volumen sea mayor para un IU menor (Ferreira, 1993).

### **2.11.2.3. Consideraciones acerca del análisis de regresión**

La constancia de la varianza de la variable dependiente dentro de cada intervalo de clase de las variables independientes, es un requisito previo al análisis de regresión, si esta condición no se cumple, el grado de relación entre la variable dependiente (volumen por ejemplo) y las variables independientes (DAP, Altura por ejemplo) no pueden evaluarse y el error de muestreo no puede ser determinado.

Generalmente se dice que la varianza del volumen dentro de cada clase de las variables independientes es proporcional a  $D^2H$ . Si la variación del volumen dentro de una clase de la variable independiente aumenta con ésta, existen tres opciones:

- Transformar las variables dependientes e independientes (por medio de una transformación logarítmica, por ejemplo) para así obtener una nube de puntos más satisfactoria.
- Ponderar todas las variables dentro de cada clase de las variables dependientes, por una cantidad proporcional a la inversa de la desviación típica del volumen de dicha clase.
- Usar ambos procedimientos .

La regla general para ponderar las ecuaciones e inducir la homogeneidad de la varianza es que si ésta es directamente proporcional a una función, ( $D^2H$ ), entonces la ecuación debería ser ponderada por el recíproco de esta función. En este caso la función de ponderación sería  $1/D^2H$  (Lanly, 1973).

## **2.12. MODELOS MATEMÁTICOS**

Se han desarrollado numerosos modelos que expresan el volumen como variable dependiente sobre una o más variables independientes como el DAP y la altura; al momento de elegir el modelo se tiene que definir cuál es el que más se ajusta y por ende presente una menor desviación estándar de estimación.

Tradicionalmente, los modelos usados para la construcción de tablas de volumen general han sido el modelo logarítmico (Schumacher y Hall, 1993) y el modelo de variables combinadas (Spurr, 1952). Estas ecuaciones basan la predicción del volumen en función del diámetro y la altura y son usadas con mayor frecuencia (Loetsch, *et al.*, 1973).

Para la construcción de tablas locales los modelos más usados son:

$$V = a + b D^2$$

$$V = a D + b D^2$$

$$V = a D + b$$

donde:

V= Volumen sin corteza en m<sup>3</sup> o dm<sup>3</sup>.

D = diámetro a la altura del pecho en cm.

H = altura total (o comercial) en m.

a, b, = constantes de regresión

los modelos usados para elaborar tablas generales son:

Ecuación de las variables combinadas (1):  $V = a + b D^2 H$

Ecuación logarítmica o de Schumacher (2):  $V = a D^b H^c$

Fórmula australiana (3):  $V = a + b D^2 + c H + d D^2 H$

Ecuaciones de volumen:

$$VT/DAP^2H = b_1/DAP^2H + b_2.(1)$$

$$VT = b_1 + b_2 (DAP^2 H).(2)$$

$$\text{Ln}(VT) = b_0 + b_1 (\text{Ln DAP}) + b_2 (\text{LnH}).(3)$$

El modelo (1) ha sido ponderado por la función (  $1/DAP^2H$ ) y en el modelo (3) se ha hecho una transformación logarítmica de la ecuación exponencial:

$$VT = b_0 (DAP)^{b_1} (H)^{b_2}.$$

donde:

VT = Volumen total

$b_0, b_1, b_2$  = constantes de regresión.

Ln = Logaritmo natural base  $e$  (Ferreira, 1993).

Existe una técnica desarrollada por Burkhart (1977), la cual consiste en correlacionar la razón volumen comercial/ volumen total con el DAP y el índice de utilización, el modelo que ha dado mejores resultados ha sido el modelo no lineal de la forma:

$$R = 1 - b_0 (IU^{b_1} / DAP^{b_2})$$

donde:

R= volumen comercial/ Volumen Total

IU = Índice de utilización.

$b_0, b_1, b_2$  = constantes de regresión

El modelo está condicionado de modo que cuando el índice es cero, la razón de volumen es el total. Para estimar las constantes del modelo mencionado, se calcula el volumen comercial y la razón de volumen para diferentes índices de utilización.

### 2.12.1. Comparación de los modelos de ecuación

Para escoger la mejor ecuación de predicción se pueden usar índices como el análisis de varianza, coeficiente de correlación, desviación estándar residual, índice de Fournival, diferencia agregada (desviación global), desviación media y la significancia estadística del coeficiente de correlación

Hay que señalar que no se debe juzgar la bondad de una regresión, sólo por el valor numérico de la correlación (R) pues el ajuste puede ser malo y el valor de R elevado, o viceversa, el ajuste puede ser bueno y el valor de R bajo (Caillez, 1980).

El índice más usado es la desviación estándar residual y el coeficiente de variación residual, también puede usarse la diferencia agregada o la desviación media, lo dicho para el coeficiente de correlación es válido también para cualquiera de estos índices; no deben usarse solos para apreciar por completo la calidad del ajuste (Caillez, 1980).

En el caso de querer aplicar las fórmulas de regresión para diferentes especies y ver si éstas se pueden agrupar en alguna ecuación se tiene que realizar un análisis estadístico de las diferencias entre las funciones de cada especie, la forma más conveniente de agrupar especies puede ser distinta en cada aplicación específica, pero en general no parece recomendable usar una función común para especies que presentan diferencias estadísticamente significativas entre sus coeficientes de regresión o en sus coordenadas en el origen, dos regresiones se pueden agrupar si no hay diferencia significativa entre sus valores medios residuales, la diferencia se prueba a través del valor de "F" (Peters, 1977).

### 2.13. MEDICIÓN DE VOLUMEN

Cuando la forma de un trozo de madera es la de un sólido geométrico regular, puede calcularse rápidamente su volumen con las medidas de sus dimensiones. En el caso de árboles y troncos, ello sólo es absolutamente cierto en muy raras ocasiones. Sin embargo, se aproximan con bastante exactitud a ciertas formas geométricas que permiten el empleo de sencillas fórmulas sin que se cometan errores serios (Bruce y Schumacher, 1965).

Ferreira (1994) afirma que para calcular el volumen de cada árbol se debe definir el índice de utilización y estandarizar la altura del tocón que generalmente se considera de 30 cm., luego el volumen se determina con la fórmula de Smalian o también la de Huber o Newton las cuales son las más usadas; para medir el largo de la última troza se determina en forma gráfica o mediante una regla de tres, para la cubicación de las trozas se multiplican el promedio de las áreas basales por el largo de la sección, luego éstas se suman para sacar el volumen total del árbol.



La fórmula más usada es la de Smalian por presentar mayor facilidad al momento de aplicarla siendo esto cierto cuando las secciones de los árboles medidos son cortas, ésta se define como:

$$V_i = ((AB_1 + AB_2) / 2) \times L \quad (1)$$

$$AB_1 = (\pi D^2) / 4 \quad (2)$$

donde:

$V_i$  = Volumen sin corteza en  $m^3$  de la sección  $i$

$AB_1$  = área basal en  $m^2$  del diámetro sin corteza  $D1$ .

$AB_2$  = área basal en  $m^2$  del diámetro sin corteza  $D2$ .

$L$  = largo de la troza en m (Peters, 1977).

Despejando las fórmulas (1) y (2) se obtiene:

$$V_i = 0.397 \times ((D1)^2 + (D2)^2) \times L.$$

La cual es la que se utiliza en el cálculo del volumen de cada troza.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

##### **3.1.1. Localización general del proyecto**

El estudio se llevó a cabo en el bosque del Uyuca el cual pertenece a la región de Francisco Morazán, de la unidad de gestión del Distrito Central, el propietario es la Escuela Agrícola Panamericana, esta unidad de manejo se encuentra localizada entre los 14° 00' 11'' y los 14° 01' 49'' de latitud Norte y entre los 87° 01' 40'' y los 87° 05' 00'' latitud Oeste.

##### **3.1.2. Limites**

El bosque del Uyuca limita al Norte con la quebrada Agua Amarilla, ejidos del Municipio de San Antonio de Oriente, aldea Joya Grande y con varios propietarios particulares. Al Sur, con terrenos ejidales del Municipio de Tatumbla, Cerro Caculetepe y aldea El Chaguite de propietarios particulares. Al Este, con tierras de la Escuela Agrícola Panamericana. Al Oeste con el Cerro de Uyuca y ejidos de Tatumbla (Ver Anexo 1).

La superficie del terreno es de aproximadamente 800 ha., se extiende desde el valle del Zamorano a una altura de 900 metros, hasta el cerro del Uyuca a 2000 metros sobre el nivel del mar.

##### **3.1.3. Tenencia y uso de la tierra**

Este bosque pertenece a la Escuela Agrícola Panamericana, el cual ha sido utilizado para el manejo forestal, este se divide en las siguientes zonas:

Zona de producción (madera, postes, leña y semilla), zona de amortiguamiento o zona forestal protegida (se obtendrá producción, pero en forma limitada) y reserva biológica, que es una zona de protección absoluta (Agudelo, 1988).

El 46% de las tierras de esta zona exhibe pendientes inferiores a 27% y el 54% restante tiene pendientes que oscilan entre 28 y más de 80%.

La unidad también se considera una zona de captación de agua la cual abastece a las comunidades aledañas así como a la Escuela Agrícola Panamericana.

### 3.1.4. Clima

De acuerdo con la estación climatológica del Zamorano, en las partes más bajas del bosque la precipitación promedio total anual es de 938 mm. distribuidos entre mayo y octubre, la temperatura media anual es de 23.3 °C, las horas promedio de duración solar son de 190.7, la humedad relativa media anual es de 69.5%, y el punto de rocío promedio anual es de 17.3 °C, la velocidad del viento media anual es de 5.7 km. por hora y la evapotranspiración potencial anual es de 1.832 mm (Agudelo, 1988).

### 3.1.5. Fuente de la muestra

Los árboles fueron obtenidos de un raleo selectivo de las zonas denominadas Los Cabros y Valle Encantado, situándose en la primera, la especie de *Pinus oocarpa* y en la segunda *Pinus maximinoi*. (ver Anexos 2 y 3).

### 3.1.6. Selección de la muestra

Los árboles que sirvieron de muestra para tomar los datos fueron seleccionados queriendo abarcar por lo menos diez árboles por clase diámetrica para que fuesen representativos de toda la población. Los resultados se obtuvieron de 171 árboles, los DAP's se ubicaron entre 8.2 y 48.5 cm., y las alturas medias entre 8.2 y 32.5 m., para las dos especies, estos datos se obtuvieron entre los meses de marzo y abril de 1997 (ver Anexos 7 y 8).

### 3.1.7. Medición de los árboles muestras

En cada sitio se buscaba obtener árboles de todas las clases diámetricas con intervalos de 3 cm., a partir de 8 cm. de DAP hasta 48 cm. de DAP. Antes de voltear cada árbol se midió la altura total con clinómetro en m, con un decimal y el DAP con cinta diamétrica en cm. con un decimal. Teniendo los árboles volteados se les registro el DAP con cinta diámetrica en cm con un decimal y la altura total con cinta métrica en m. con un decimal; luego los árboles fueron divididos en 13 secciones a partir de 0.30 m., ya que ésta fue la altura de tocón estandarizada, la segunda a 0.80 m. y la tercera a 1.3 m. estas mediciones fueron estándares en todos los árboles, las secciones restantes resultaron de restar a la altura total 1.3 m. y el resultado dividirlo entre 10, resultando 10 secciones de un largo fijo para un árbol, pero variable de un árbol a otro; en cada troza se midió el diámetro con corteza (Dcc) en cm. con un decimal, aquí también se midió el doble espesor de corteza con calibrador de corteza en cm. con un decimal, con esto se pudo calcular el diámetro sin corteza (Dsc) por una simple diferencia entre el diámetro con corteza y el doble espesor

de corteza; este parámetro es muy importante en la industria maderera ya que se cubica el árbol sin corteza ya que ésta se considera como un sub-producto de desecho o no aprovechable.

### 3.1.8. Instrumentos utilizados

Cinta métrica  
 Cinta diamétrica  
 Forcípula  
 Calibrador de corteza  
 Vara graduada a 0.30, 0.80 y 1.3 m.  
 Spray  
 Motosierra  
 Tablero  
 Clinómetro  
 Yeso  
 Machete  
 Calculadora  
 Formularios de campo(ver Anexos 4 y 5).

## 3.2. ANALISIS DE LA INFORMACION

### 3.2.1. Cubicación de los árboles

Para calcular el volumen por sección de los árboles se utilizó la fórmula de Smalian que se define como:  $V = (AM + am / 2) * L$ , donde  $V$  = volumen ( $m^3$  o  $pie^3$ ),  $AM$  = Area basal del diámetro mayor de la sección,  $am$  = Area basal del diámetro menor de la sección ( $m^2$  o  $pie^2$ ) y  $L$  = largo de la sección (pie o m.). debido a que las secciones son cortas y por la facilidad de cálculo que presenta esta fórmula; para calcular el largo de la última troza se hizo mediante una regla de tres y su volumen fue calculado por la fórmula del cono, la suma de todos estos volúmenes dio en total el volumen del árbol, excluyendo de éste el volumen del tocón.

La ecuación de volumen a un índice de utilización de 10 cm., estimó el volumen sin corteza de árboles en pie en  $m^3$  hasta un diámetro superior de punta de 10 cm; se supone que el resto de madera después de ese límite se aprovecha en otra forma distinta al aserrio (leña, carbón, etc.) o queda botada como residuo no comercial en el bosque, lo mismo se aplica para los índices de utilización de 15 y 20 cm, Se calculó el volumen para los diferentes índices de utilización seleccionados, los cuales fueron de 10 cm, 15 cm y 20 cm.(ver Anexo No.6).

Con estos resultados se generó un listado de altura total, diámetro a la altura del pecho, volumen total y volumen para cada índice de utilización, la cual sirvió como base de datos para realizar el análisis de regresión.

### 3.2.2. Análisis de regresión

Cubicados los árboles muestras se procedió a realizar el ajuste de las ecuaciones, para realizar el análisis de regresión se tiene que tener en cuenta los pasos establecidos en la revisión de literatura.

### 3.2.3. Ajuste de los datos a la ecuación de variables combinadas

Según Ferreira (1994) la fórmula es definida como  $(V = a + b D^2H)$ , donde los coeficientes  $a$  y  $b$  se obtienen aplicando el método de los mínimos cuadrados, esta ecuación se escribe como  $Y = a + b X$  donde:  $Y = V$  (volumen) y  $X = D^2H$  (diámetro al cuadrado por altura), el siguiente paso es plantear las ecuaciones normales, las cuales son:

$$\Sigma Y = n a + b \Sigma X \text{ y}$$

$$\Sigma XY = a \Sigma X + b \Sigma X^2.$$

Con esto se reemplazan las sumatorias y se pueden encontrar los coeficientes de  $a$  y  $b$ ; luego se procedió a calcular la exactitud de cada ecuación por medio de la comparación del volumen real con el volumen estimado con la ecuación, los índices para medir el error o la exactitud de la ecuación son la diferencia agregada, la desviación media y la desviación estándar, esta ecuación se aplicó a los cuatro volúmenes calculados para cada una de las especies.

### 3.2.4. Ajuste de los datos a la ecuación logarítmica

En este caso se expresó el volumen en  $\text{dm}^3$  en lugar de  $\text{m}^3$ , para evitar el problema de valores negativos para los volúmenes menores que  $1 \text{ m}^3$ , la ecuación que se usó fue la siguiente:

$$\log V = a + b \log D + c \log H.$$

La cual se escribe como  $Y = a + bX + cZ$  donde  $Y = \log V$ ,  $X = \log D$  y  $Z = \log H$ , teniendo en cuenta que todos son logaritmos naturales (base  $e$ ).

Las ecuaciones normales que se utilizaron fueron:

$$\Sigma Y = an + b \Sigma X + c \Sigma Z,$$

$$\Sigma XY = a \Sigma Z + b \Sigma X^2 + c \Sigma XZ \text{ y}$$

$$\Sigma ZY = a \Sigma Z + b \Sigma XZ + c \Sigma Z^2.$$

Se reemplazaron las sumatorias en las ecuaciones normales y se encontraron los coeficientes los cuales se ajustaron a la ecuación logarítmica; el cálculo de la exactitud se realizó a través de la desviación agregada, la desviación media y la desviación estándar.

### 3.2.5. Ajuste de los datos a la ecuación de las variables combinadas ponderadas

La ecuación utilizada fue  $V/D^2 H = a / D^2 H + b$  la cual puede escribirse como  $Y = a + bX$  donde  $Y = V/D^2 H$  y  $X = 1/D^2 H$ , el procedimiento para encontrar los coeficientes es similar al método de la ecuación de las variables combinadas, lo mismo que el cálculo de la exactitud.

### 3.2.6. Comparación estadística de los modelos

Para seleccionar el modelo que más se ajustó al comportamiento de las variables, el primer criterio que lo definió fue el error estándar de la estimación, el cual tiene que ser más bajo que los otros modelos; si dos modelos tenían el mismo error estándar, el segundo criterio de elección del modelo fue la diferencia agregada, luego la desviación media y por último el coeficiente de correlación.

La significancia estadística de los coeficientes obtenidos se midió con una prueba "t" de student con un alfa de 0.001.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las dos especies utilizadas se recogieron los datos tratando de tomar por lo menos 10 árboles por clase diamétrica, haciendo constar que no se logró completar este número en todas las clases, debido a la falta de individuos de algunas clases, los datos promedios de los árboles muestras utilizados para este estudio se presentan en el cuadro No. 5.

Cuadro No. 5. Datos promedios de los árboles muestras

Valores	<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Pinus maximinoi</i>
No. de árboles	79	93
DAP medio (cm.)	30.7	24.1
DAP máximo (cm.)	48.5	46.9
DAP mínimo (cm.)	8.2	8.2
Edad media (años)	29.7	21.4
Altura media (m.)	18.1	15.9
Altura máxima (m.)	25.9	32.5
Altura mínima (m.)	7.6	6.7
Volumen total medio (m <sup>3</sup> )	0.63769	0.72134
Volumen a un IU=10 medio (m <sup>3</sup> )	0.63118	0.42675
Volumen a un IU=15 medio (m <sup>3</sup> )	0.58644	0.38695
Volumen a un IU=20 medio (m <sup>3</sup> )	0.53675	0.35146

A continuación en los Cuadros No. 6 al No. 13 se presentan los modelos que fueron utilizados en este estudio así como sus respectivos coeficientes para las diferentes ecuaciones de cada volumen e índice de utilización. Realizado el ajuste de las ecuaciones se procedió a hacer la elección del mejor modelo, para este fin el parámetro utilizado para escoger la ecuación fue el error estándar de la estimación (Sxy) el cual se presenta en m<sup>3</sup>, si existen dos ajustes que presenten el mismo valor, el segundo criterio de evaluación es la diferencia agregada (DA) la cual se estima en porcentaje al igual que el coeficiente de correlación y por ultimo se utilizó la desviación media (DM).

La significancia estadística de los coeficientes fue medida mediante una prueba "t" de Student con un  $\alpha = 0.001$  dando todos los coeficientes significativos a este nivel a excepción del coeficiente del modelo logarítmico del calculo del volumen a un índice de utilización de 20 cm de *Pinus maximinoi*, (ver cuadro No. 9) pero el cual no tuvo relevancia ya que este modelo no fue escogido para la elaboración de la tabla.

Cuadro No. 6. *Pinus maximinoi* volumen total

Modelo	Coefficiente a/b	Coefficient e c	Sxy (m <sup>3</sup> )	DA (%)	DM (%)	Signif. $\alpha = 0.001$	Coef. de correlacion r <sup>2</sup>
$V = a + b D^2 H^*$	0.010102 0.0000318		0.081	0.00002	17.16	S	0.98
$V = a D^b H^c$	0.000028 1.91225	1.1489	0.0877	1.252	18.77	S	0.97
$V/D^2 H = a / D^2 H + b$	0.003638 0.0000322		0.3827	1.06	0.73	S	0.08

\* Modelo escogido

Cuadro No. 7. *Pinus maximinoi* volumen IU =10

Modelo	Coefficiente a/b	Coefficient e c	Sxy (m <sup>3</sup> )	DA (%)	DM (%)	Signif. $\alpha = 0.001$	Coef. de correlacion r <sup>2</sup>
$V = a + b D^2 H^*$	-0.014693 0.0000318		0.0858	0.00024	31.74	S	0.98
$V = a D^b H^c$	0.00000018 3.58517	0.88511	0.4709	18.662	50.24	S	0.85
$V/D^2 H = a / D^2 H + b$	-0.0256506 0.0000324		0.5454	0.174	0.794	S	0.13

\* Modelo escogido

Cuadro No. 8. *Pinus maximinoi* volumen IU =15

Modelo	Coefficiente a/b	Coefficiente c	Sxy (m <sup>3</sup> )	DA (%)	DM (%)	Signif. $\alpha = 0.001$	Coef. de correlacion r <sup>2</sup>
$V = a + b D^2 H^*$	-0.0433740 0.0000320		0.1107	0.0009	29.14	S	0.96
$V = a D^b H^c$	0.0000001 3.5947	1.0115	0.4327	11.234	37.81	S	0.84
$V/D^2 H = a / D^2 H + b$	-0.059565 0.0000319		0.5491	1.674	1.63	S	0.38

\* Modelo escogido



Cuadro No. 9. *Pinus maximinoi* volumen IU =20

Modelo	Coefficiente a/b	Coefficiente c	Sxy (m <sup>3</sup> )	DA (%)	DM (%)	Signif. $\alpha = 0.001$	Coef. de correlacion r <sup>2</sup>
$V = a + b D^2 H^*$	-0.12979 0.00003235		0.1313	0.0017	29.16	S	0.95
$V = a D^b H^c$	0.00000000 1 5.1125	0.6425	0.7071	18.28	46.35	N.S.	0.85
$V/D^2 H = a / D^2 H + b$	-0.1479315 0.000033		0.5531	0.219	1.71	S	0.52

\* Modelo escogido.

Cuadro No. 10. *Pinus oocarpa* volumen total

Modelo	Coefficiente a/b	Coefficient e c	Sxy (m <sup>3</sup> )	DA (%)	DM (%)	Signif. $\alpha = 0.001$	Coef. de correlacion r <sup>2</sup>
$V = a + b D^2 H^*$	0.019415 0.0000309		0.1375	0.001 4	18.57	S	0.9
$V = a D^b H^c$	0.0000114 2.926	0.2277	0.1428	1.057	22.72	S	0.88
$V/D^2 H = a / D^2 H + b$	-0.00909 0.0000316		0.4202	1.325	1.11	S	0.12

\* Modelo escogido

Cuadro No. 11. *Pinus oocarpa* volumen IU =10

Modelo	Coefficient e a/b	Coefficiente c	Sxy (m <sup>3</sup> )	DA (%)	DM (%)	Signif. $\alpha = 0.001$	Coef. de correlacion r <sup>2</sup>
$V = a + b D^2 H^*$	0.00683 0.0000316		0.1375	2.014	16.88	S	0.94
$V = a D^b H^c$	0.0000268 2.4599	- 0.4972	0.1428	0.408	16.02	S	0.92
$V/D^2 H = a / D^2 H + b$	0.005195 0.0000307		0.4202	1.179	1.11	S	0.003

\* Modelo escogido

Cuadro No. 12. *Pinus oocarpa* volumen IU =15

Modelo	Coficiente a/b	Coficiente c	Sxy (m <sup>3</sup> )	DA (%)	DM (%)	Signif. $\alpha = 0.001$	Coef. de correlacion r <sup>2</sup>
$V = a + b D^2 H^*$	-0.050763 0.0000321		0.11496	0.00004	20.58	S	0.92
$V = a D^b H^c$	0.00000045 3.9498	0.0612	0.28	6.1298	31.47	S	0.82
$V/D^2 H = a / D^2 H + b$	-0.067602 0.0000328		0.4844	0.101	1.31	S	0.21

\* Modelo escogido

Cuadro No. 13. *Pinus oocarpa* volumen IU =20

Modelo	Coficiente a/b	Coficient e c	Sxy (m <sup>3</sup> )	DA (%)	DM (%)	Signif. $\alpha = 0.001$	Coef. de correlacion r <sup>2</sup>
$V = a + b D^2 H^*$	-0.28230 0.0000394		0.2617	0.00001	46.59	S	0.75
$V = a D^b H^c$	0.00000009 3.928	0.5594	0.2714	0.0229	26.96	S	0.82
$V/D^2 H = a / D^2 H + b$	-0.200256 0.0000357		0.5005	1.0333	6.92	S	0.29

\* Modelo escogido

El modelo de las variables combinadas presentó un mejor ajuste en todos los casos Cuadros No. 6 al No. 13, por lo tanto todas las tablas de volumen fueran construidas con este modelo, al igual que el método de las variables combinadas ponderadas presento en todos los casos el menor ajuste por lo tanto en este trabajo no podemos predecir el comportamiento del volumen con este tipo de ecuación

La ecuación de volumen total estima el volumen sin corteza en m<sup>3</sup> de un árbol muestra en pie, reemplazando en ésta la altura y el diámetro determinado.

Meza (1997) afirma que hay que tener en cuenta que al momento de querer estimar el volumen individual de un árbol se puede tener problemas ya que la ecuación está basada en un promedio de los árboles muestras, por lo tanto es más sensato querer predecir la capacidad productiva de la masa forestal inventariada que de un árbol en particular, debido a que el error de la estimación puede ser muy grande en este caso considerando las unidades utilizadas.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las ecuaciones que se utilizaron en este estudio arrojaron los ajustes de los modelos matemáticos que presentaron un menor error estándar de la estimación siguiente:

Volumen total para *Pinus maximinoi*.

$$VT = 0.01010197 + 0.0000318 (D^2 H)$$

Volumen a un índice de utilización de 10 cm. para *Pinus maximinoi*.

$$V = -0.01469269 + 0.0000321 (D^2 H)$$

Volumen a un índice de utilización de 15 cm. total para *Pinus maximinoi*.

$$V = -0.04337404 + 0.0000320 (D^2 H)$$

Volumen a un índice de utilización de 20 cm. total para *Pinus maximinoi*.

$$V = -0.12978997 + 0.0000323 (D^2 H)$$

Volumen total para *Pinus oocarpa*.

$$VT = 0.01941532 + 0.0000309 (D^2 H)$$

Volumen a un índice de utilización de 10 cm. para *Pinus oocarpa*.

$$V = 0.00683 + 0.000032 (D^2 H)$$

Volumen a un índice de utilización de 15 cm. total para *Pinus oocarpa*.

$$V = -0.05076255 + 0.0000321 (D^2 H)$$

Volumen a un índice de utilización de 20 cm. total para *Pinus oocarpa*.

$$V = -0.282303036 + 0.0000393 (D^2 H)$$

- En todos los casos el modelo que presentó un mejor ajuste al comportamiento de la variable dependiente (volumen), fue el modelo de las variables combinadas, dándose lo contrario con el modelo de las variables combinadas ponderadas en donde en todos los casos presentó los índices más bajos.

- La consideración y validación de los parámetros técnicos y de las ecuaciones utilizadas y generadas quedan a criterio de las autoridades de la AFE-COHDEFOR y de las autoridades encargadas del manejo de la unidad después de hacer los estudios respectivos.

- Con este documento se piensa contribuir a llenar una de las deficiencias existentes en el manejo de los recursos forestales del país y tratar de mejorar el sistema de manejo que está promoviendo la AFE-COHDEFOR, ya que hasta el momento la mayoría de las masas forestales no cuentan con la información necesaria de sus recursos y por lo tanto, la estimación de volumen comercial o total puede ser muy subjetiva y estar fuera de la realidad.

- Se recomienda validar las ecuaciones obtenidas para que se pueda mejorar el ajuste en el caso de ser necesario, aunque las desviaciones obtenidas fueron relativamente pequeñas y los coeficientes utilizados presentaron en todos los casos una significancia estadística con un  $\alpha = 0.001$  por lo que el ajuste se considera el adecuado.

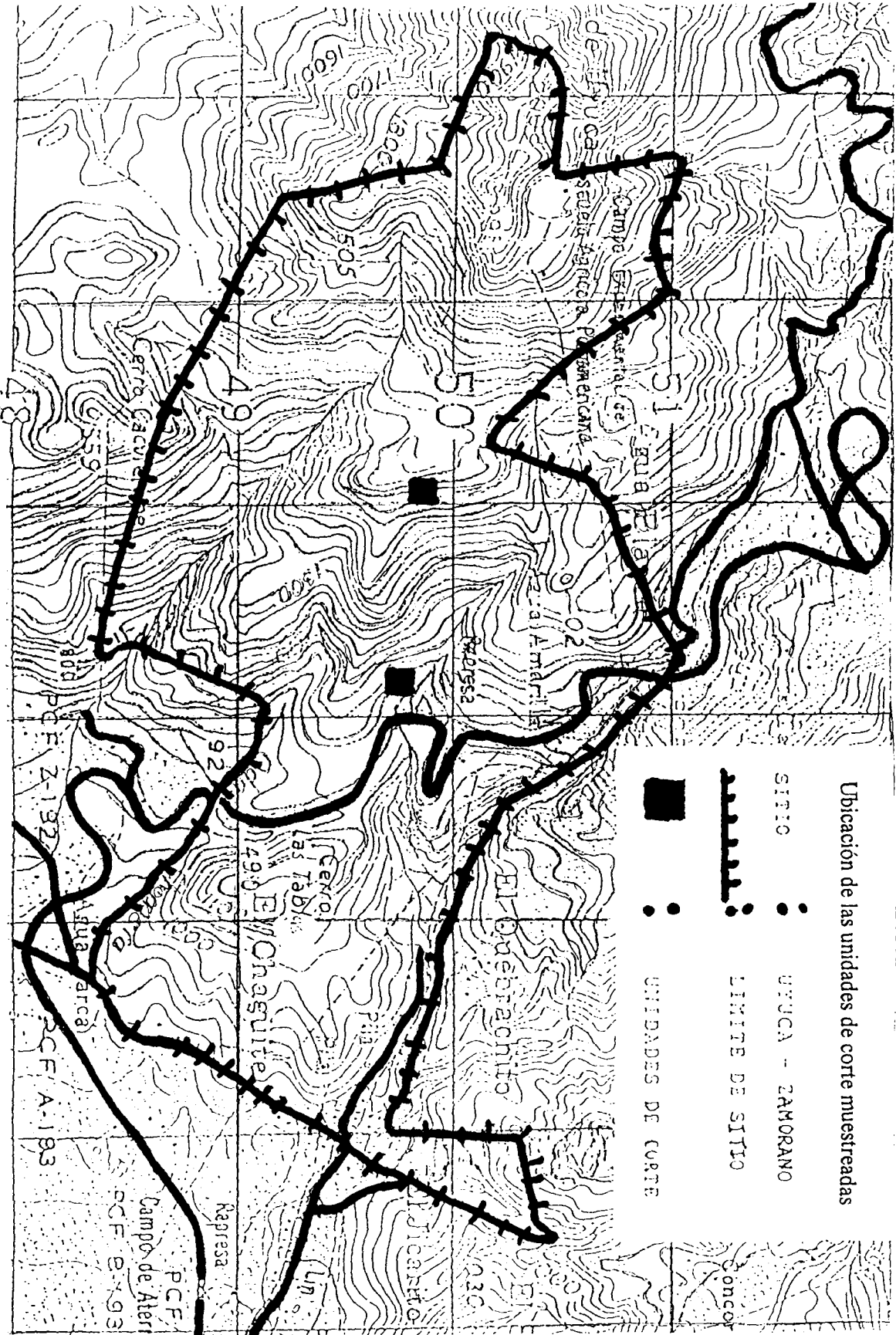
## VI. LITERATURA CITADA

- AFE-COHDEFOR. 1995. Normas técnicas y reglamentarias para la elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas, mixtos y plantaciones; (modelo Procafor). Tegucigalpa, Honduras, v.1. 91 p.
- AGUDELO C., N.; LAGOS, M. R.; AROZTEGUI, A 1980. Zonas de vida de los departamentos de Atlántida, Comayagua, Cortés, Francisco Morazán y Yoro; memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 2 ed. Tegucigalpa Honduras, Consejo superior de Planificación Económica. 182 p.
- AGUDELO. C., N. 1998. Plan de manejo para el bosque del Uyuca de la E.A.P. Zamorano, Honduras. Primeros años. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica / CATIE. 320 p.
- BRUCE, D.; PEREZ, F. X. 1965. Medición Forestal. México, Editorial Herrero S. A. 474 p.
- BURKHART, H. 1977. Cubic-foot volumen of loblolly pine to any merchantable top limit. Southern Journal of applied forestry, v 1, 2:7-9.
- CAILLET, F. 1980. Estimación de volumen forestal y predicción del rendimiento. FAO. Estudio FAO : Montes 22/1 . 92p.
- COHDEFOR. 1992. Anuario estadístico. 19p.
- \_\_\_\_\_. 1979. Informe final del inventario Rancho Grande. Tegucigalpa, COHDEFOR, nota técnica. 14. 110p.
- DAWKINS, H.C. 1958. The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda. Oxford, U.K. Imperial Forestry Institute. 155p. (Institute Paper. No 34).
- FERREIRA, O. 1981. Curso de inventario forestal. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Documento técnico. p.1.
- \_\_\_\_\_. 1993. Tablas preliminares de volumen general y relaciones dasométricas para cuatro especies de *Eucalyptus*. COHDEFOR- ODA- ESNACIFOR. Serie miscelánea de CONSEFORH. No. 45-27/93. 41p.
- \_\_\_\_\_. 1994. Manual de inventarios forestales. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de ciencias forestales. Documento Técnico. 96 p.

- HUSCH, B. 1963. Forest Mensuration and statistics. New York, EE.UU., The Ronald Press Company .p.125.
- HUSCH, B., MILLER, C. I.; BEERS. 1982. Forest Mensuration. Third edición. New York, John Wiley & sons. 402p.
- JONES, J.; PEREZ, A. 1982. Diagnostico socioeconómico sobre el consumo de leña en Honduras. CATIE, Turrialba C.R.
- KADEBA, O. 1978. Nutritional aspects of afforestation with exotic tree species in the savana region of Nigeria. Commonwealth Forestry Review (G.B) 53 (3): 191-199 p.
- LADRACH, W.E. s.f. Growth of *Pinus pseudostrobus* Lind. and *Pinus maximinoi* H. E. Moore after five years. Celulosa y papel de Colombia (Col.). Investigacion Forestal. Research Report no. 94. 4 p.
- LAMB, A. F.; COOLING, E.N.G. 1970. Exploration, utilization and conservation of low altitude tropical pine gene resources. Commonwealth Forestry Review (G.B) 49 (139): 41-48.
- LOESTCH, F.; ZÖHER, F.; HALLER K.F. 1973. Forest inventory. BLV. Munich. v2. p469.
- MEZA PALMA, J. R. 1997. Tablas de volumen para bosques jóvenes de *pinus oocarpa* Schiede en la región central de Honduras. Tesis ing. forestal. Siguatepeque, Honduras, Universidad José Cecilio del Valle. 39p.
- PEREZ, N.; FERREIRA, O.; STIFF C. H. 1989. Ecuaciones de volumen para *pinus oocarpa* Schiede en la región central de Honduras. Siguatepeque, Honduras. ESNACIFOR. Nota técnica No. 6 12p.
- PETERS, R. 1977. Tablas de volumen para las especies de coníferas de Guatemala. Instituto Nacional Forestal. Documento técnico de trabajo No. 17. 162 p.
- ROBBINS, A.; HUCHES, C. E. 1983. Provenance regions of *Pinus caribea* and *Pinus oocarpa* within the republic of Honduras C. A.; a preliminary delineation. Oxford, GB., Commonwealth Forestry Institute. Tropical Forestry. paper No. 18 p. 10-15.
- SCHEREUDER, E. J. 1955. Informe al gobierno de Honduras sobre la silvicultura hondureña en 1952-1954. FAO, Roma Italia. Informe No. 375. p. 21-49.
- SCHWERDTFEGGER, F. 1953. Informe al gobierno de Guatemala sobre la Entomología forestal de Guatemala; v.1. / Los pinos de Guatemala. Roma, FAO. 58 p.

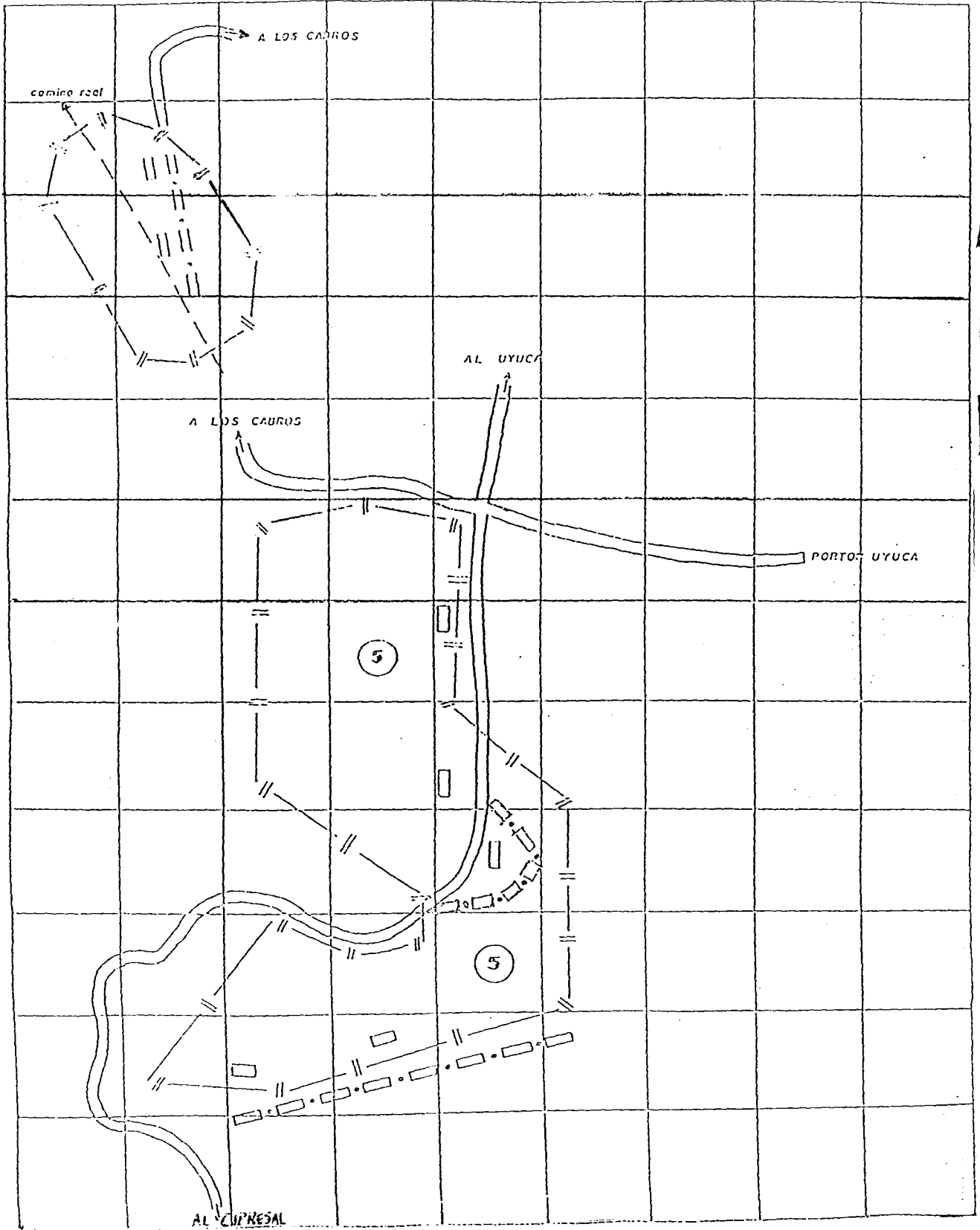
- SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. 1993. Logarithmic expression of timber tree volume. *Journal agric. res.* 47; 719-734.
- SILVIAGRO. 1996. Análisis del sub sector forestal de Honduras. Tegucigalpa, Honduras. 496p.
- SPURR, S. H. 1952. Forest inventory. Ronald press, New York, p.476.
- STANDLEY, P. C.; STEYERMARCK, J. A. 1958. Flora of Guatemala. Chicago, E.E.U.U., Natural History Museum. v.24, part 1. p.45-48.
- STYLES, B. T.; HUGHES, C. E. 1983. Studies of variation in Central American pines III. Notes on the taxonomy and nomenclatures of the pines and related Gymnosperm in Honduras and adjacent latin american republics. *Brenesia (C. R.)* 21;269-291.
- TROENSEGAARD, J. 1975. Plan de Ordenación 1975-1985: Distrito forestal demostrativo de Jutiapa. Tegucigalpa, Honduras COHDEFOR ONU/FAO. Proyecto de desarrollo forestal. Documento de trabajo No. B-6. 87p.
- WOLFFSOHN, A. 1982. Los pinares de Honduras. Siguatepeque Honduras, ESNACIFOR. Informe técnico No. 1; Proyecto R-3548. 23p.
- \_\_\_\_\_. 1984. Estudios silviculturales de *pinus oocarpa*. Schiede. en la República de Honduras. Siguatepeque, Honduras, ESNACIFOR. publicación miscelánea No. 4 55p.
- ZAMORA SERRANO. C. 1981. Algunos aspectos sobre *Pinus oocarpa*. Schiede. en el estado de Chiapas. *Ciencia Forestal. (Méx..)* 6(32): 25-53.

## VII. ANEXOS





Mapa de los Cabros

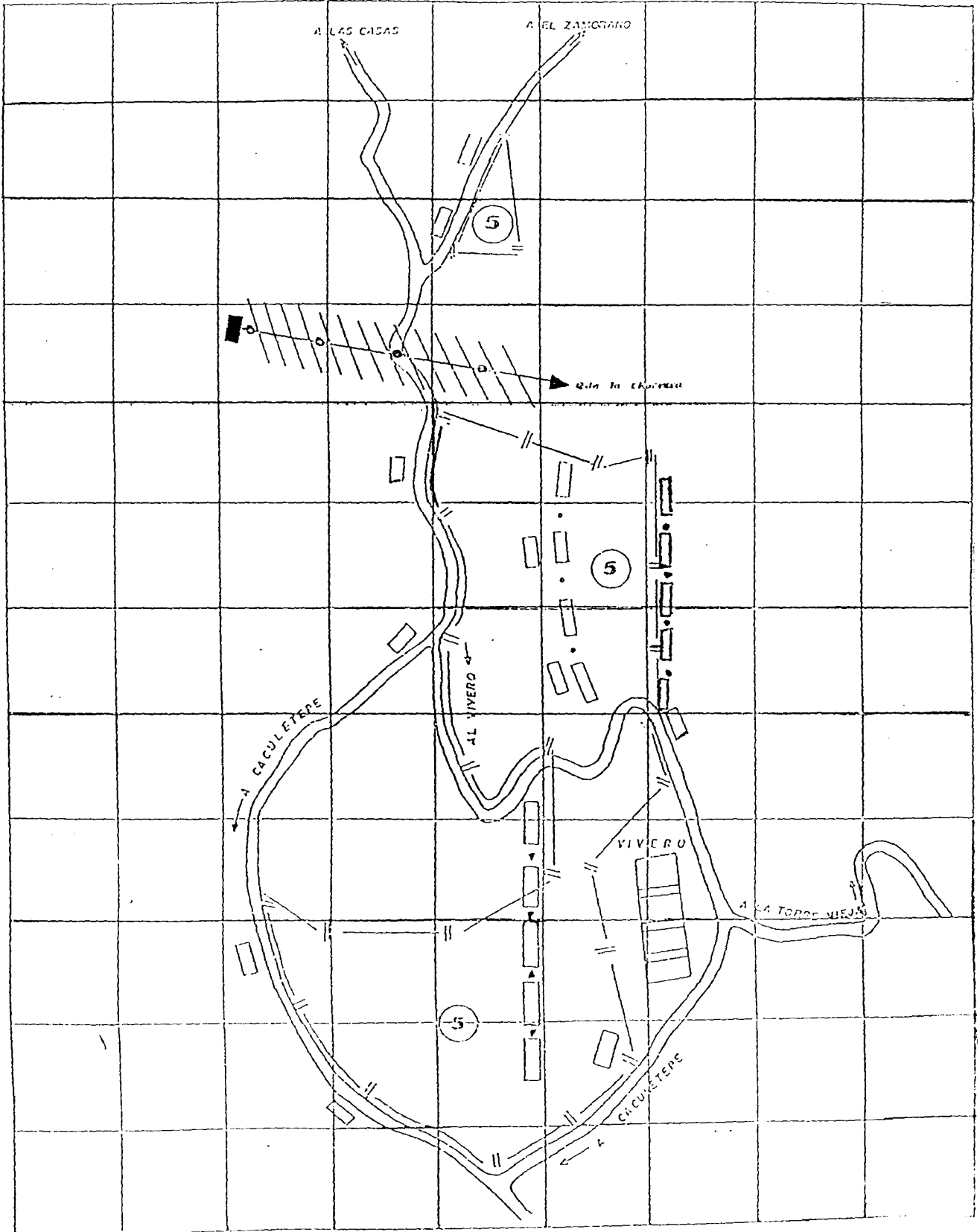


Anexo No. 3

SITIO: Cerro Hyuca - Zaborano UNIDAD DE CORTE: BYUN0197 HECTAREAS: 7.0

PROPIETARIO: E.A.P. ESCALA 2 CMS: 66.14

Mapa de valle encantado



**Anexo 4**  
**Formulario de Campo utilizado**

Medición de árbol para construir y /o validar tablas de volumen

**A. Información General**

región forestal \_\_\_\_\_ unidad de gestión \_\_\_\_\_  
 fecha \_\_\_\_\_ medidor \_\_\_\_\_

**B. Información del Arbol en pie**

Especie	
Dap (cm.)	
Altura total (m.)	
Edad	

**C. Información de las trozas**

Seccion	altura	diametro	Dec
No.	(m.)	(cm.)	(cm.)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			

**Observaciones**

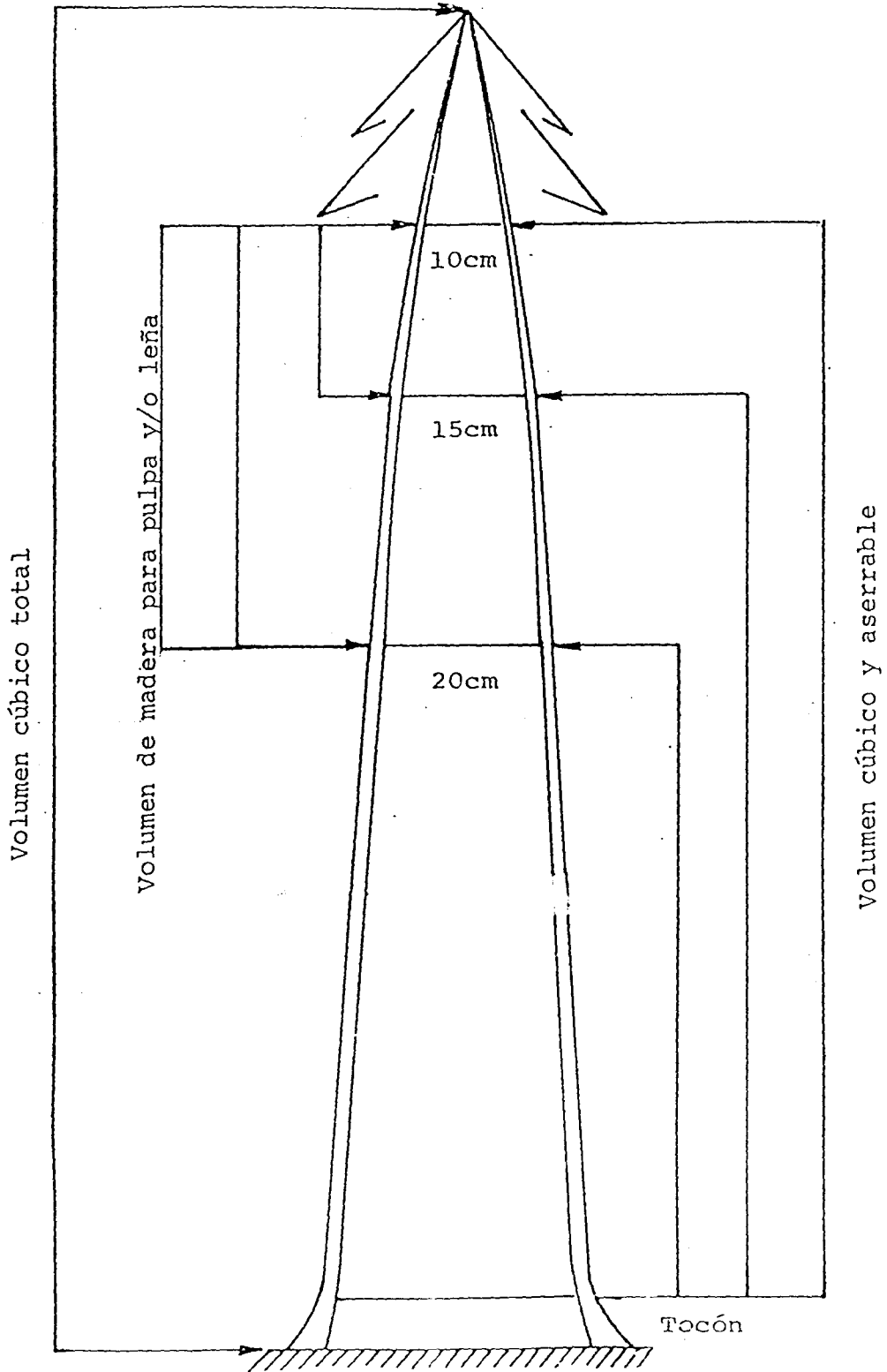
El fuste se divide en diez secciones de igual largo a partir de 1.3 m., ejemplo: un árbol de 21.3 m. de altura total, al restarle 1.3 m queda con una altura de 20 m. lo que al dividirlo entre 10 nos da como resultado 10 trozas de 2 m. cada una.

Dec es el doble espesor de corteza con un decimal en cm., se deben de hacer dos mediciones a la corteza y anotar el resultado.





Dibujo de los diferentes índices de utilización



arbol	Dap	altura	IU=10	IU=15	IU=20	volumen
1	15.7	10.3	0.06461521	0.01437255	0	0.08126762
2	39.8	14.9	0	0.93420228	0.90591052	0.93611265
3	46.9	27.8	1.60566474	1.57203118	1.54824045	1.62044941
4	38.2	20.3	0.9990997	0.97962095	0.93829786	0.99805141
5	34.6	25.3	0.94077614	0.90810965	0.82009214	0.95965395
6	43.7	23.3	1.52953429	1.50767366	1.44840888	1.53290622
7	31.8	24.3	0.7606057	0.71696108	0.5672868	0.77703093
8	24.7	10.3	0.23120193	0.21732849	0.07247035	0.23889571
9	26.9	16.4	0.48082556	0.4595068	0.36837842	0.4872914
10	30.9	17.4	0.71953102	0.69800264	0.61043457	0.71651782
11	34.8	25.4	0.89396916	0.84938461	0.74523269	0.91332649
12	30.6	22.3	0.56386921	0.51465301	0.40149075	0.56921967
13	28	12.3	0.37076403	0.34888505	0.26242212	0.37329551
14	24.1	16.5	0.26809923	0.23249422	0.09846289	0.28851849
15	39.7	22.3	1.12963132	1.09999057	1.04582583	1.13975139
16	13.9	11.3	0.0276978	0	0	0.06073801
17	14	9.7	0.0463552	0	0	0.06518988
18	11.2	10.8	0.01191727	0	0	0.05511782
19	14.1	8.9	0.04586512	0	0	0.06457804
20	11	10.5	0.00606325	0	0	0.04449403
21	11.1	9.80	0.00242217	0	0	0.0378292
22	18.3	14.4	0.10156501	0.0152322	0	0.12452201
23	10.5	11.4	0.00145158	0	0	0.04692274
24	13.1	11.4	0.02041345	0	0	0.06170866
25	12.5	11.3	0.02148878	0	0	0.06020272
26	40.9	25.3	1.37043723	1.33048067	1.26257202	1.37695181
27	17.8	15.4	0.11458407	0.02686932	0	0.13798172
28	11.3	9.2	0.0018506	0	0	0.03373666
29	11.5	11	0.00242217	0	0	0.03842793
30	10.2	9.3	0.00221422	0	0	0.02863749
31	12.2	10.3	0.00174751	0	0	0.03676096
32	15.6	13.9	0.04591016	0.01441996	0	0.08231521
33	17.2	15.3	0.13607487	0.0348072	0	0.15064907
34	28.3	14.5	0.45418203	0.41784037	0.32908506	0.45542423
35	19.7	13.8	0.08875941	0.03883124	0	0.11929448
36	31	16.9	0.49352448	0.47423538	0.39314598	0.45492174
37	26.7	19.9	0.57952431	0.53982246	0.33866136	0.58026889
38	31	13.5	0.38935605	0.37434354	0.31387758	0.40133622
39	38.3	14.5	0.88379223	0.87755879	0.85846889	0.88418182
40	25.6	12.5	0.25958925	0.21816728	0.1614999	0.26554343
41	33.9	23.6	0.90603421	0.86968316	0.76979861	0.92453632

Anexo 7  
 Datos preliminares de *Pinus maximinoi*

42	9.3	8.4	0	0	0	0.02114625
43	13.9	14.2	0.0024038	0	0	0.06176308
44	13.2	13.6	0.03629193	0	0	0.07329037
45	8.7	6.7	0	0	0	0.01392031
46	15.1	14.5	0.05257841	0	0	0.08472667
47	16.1	12.2	0.09952638	0.01232187	0	0.11478197
48	27.1	13.5	0.39034012	0.36544667	0.29065942	0.3977079
49	38	19.6	0.92667719	0.90118598	0.83890901	0.93814758
50	13.9	9.3	0.03990134	0	0	0.06104463
51	25.7	12.7	0.3367215	0.31820887	0.14155653	0.33749364
52	33	19.8	0.72167672	0.70507988	0.63623801	0.73348773
53	31.4	22.3	0.62663151	0.58764656	0.40710484	0.64236676
54	40.1	27.3	1.45848171	1.419487	1.38555516	1.47005435
55	43.5	23.7	1.53745028	1.50372631	1.44423311	1.54860522
56	45.9	23.2	1.78027883	1.74676468	1.71776507	1.78865928
57	53.9	32.5	2.87859041	2.82252386	2.78975409	2.8947792
58	44.6	30.3	2.11631148	2.09737886	2.01116897	2.13384203
59	33.8	21.9	0.84856529	0.82662784	0.72931521	0.85841536
60	25.8	17.8	0.30606344	0.24859147	0.07031667	0.31943634
61	23.9	16.3	0.23376407	0.12836208	0.0542877	0.24709077
62	22.6	17.1	0.21681961	0.15438767	0.02396224	0.23421554
63	32.7	13.1	0.35354889	0.3374688	0.2592558	0.36295657
64	13.1	11.2	0.00699446	0	0	0.05051286
65	15.2	14.8	0.05191215	0	0	0.0908136
66	12.2	6.9	0.00663745	0	0	0.03722842
67	9.8	12.3	0.00217736	0	0	0.04511463
68	30.2	19.9	0.24118846	0.02716278	0	0.24865366
69	10	9.3	0.00152368	0	0	0.03667213
70	10.9	9.3	0.00478873	0	0	0.03902578
71	23	15.2	0.20454023	0.13996373	0.02579234	0.22126189
72	11.7	11.3	0.0068931	0	0	0.04751478
73	20	13.5	0.11503461	0.02652594	0.00834016	0.13581531
74	12.7	15.1	0.00188213	0	0	0.03820526
75	26.8	17.7	0.29188777	0.23815369	0.07957945	0.3089415
76	11.2	12.9	0.00188213	0	0	0.0544264
77	14.5	12.3	0.04279814	0	0	0.07229395
78	17.1	15.3	0.09406999	0.00424607	0	0.12306083
79	18.9	9.8	0.07112101	0.01992964	0.0036632	0.09040215
80	8.8	10.5	0	0	0	0.02457981
81	8.9	8.6	0	0	0	0.01831193
82	16.9	11.3	0.08097443	0.0101221	0	0.09789037
83	20.3	13.8	0.13894195	0.0765356	0.00754076	0.15770025



Anexo 7  
Datos preliminares de *Pinus maximinoi*

84	25.2	21.5	0.36356834	0.29314852	0.13263606	0.38381947
85	35.2	13.2	0.65892239	0.64293986	0.62627238	0.65955747
86	26.4	17.1	0.480988	0.44606257	0.23155511	0.48247722
87	33.5	19.4	0.67490799	0.64525882	0.47756311	0.67765037
88	36.2	21.5	0.86807663	0.83705251	0.69492149	0.87217453
89	46.7	23.7	1.52854422	1.49963212	1.44410778	1.53574652
90	37.1	19.7	0.72265622	0.69888026	0.64393023	0.73491429
91	36.1	24.9	1.00361816	0.96393106	0.86780048	1.0201962
92	28.6	16.1	0.48512259	0.45584353	0.38215486	0.49369103
93	42.6	23.3	1.23653203	1.20612279	1.11647029	1.24085185

## Anexo 8

Datos preliminares de *Pinus oocarpa*

arbol	dap	altura	IU=10	IU=15	IU=20	volumen
94	32.7	18	0.51026996	0.48037759	0.41418576	0.52817024
95	39.6	24.6	1.17828773	1.14072643	1.0761017	1.1957511
96	8.2	9.7	0	0	0	0.01570225
97	19.8	12.3	0.10438339	0.02475609	0	0.12499723
98	22.7	14.3	0.19757721	0.15223754	0.04233092	0.21409548
99	30.1	18.2	0.61275463	0.58192819	0.52952194	0.62685796
100	35.8	19.7	0.67214977	0.64470822	0.57028351	0.6855415
101	24	18.6	0.33501941	0.29982569	0.13705691	0.35856024
102	37.7	25.8	0.95589855	0.90844578	0.82637446	0.97452267
103	32.7	15.3	0.85286	0.8354	0.79943	0.85408
104	40.6	23.3	1.08858429	1.05932299	0.99032695	1.10466168
105	34.8	18.7	0.68811942	0.6671091	0.62263063	0.69905014
106	29.3	17.7	0.38034095	0.34213461	0.22605463	0.39440661
107	31	18.3	0.60156431	0.58106136	0.44132125	0.60421906
108	33.4	22.1	0.51977216	0.48767743	0.35798056	0.54397587
109	37.1	23.4	0.97860788	0.94754745	0.86963198	0.99578166
110	31.3	24.4	0.6770322	0.63412261	0.50492958	0.69873712
111	38.2	18.2	0.78108576	0.75739282	0.72062724	0.78878095
112	46.7	24.4	1.73407819	1.70078151	3.4348597	1.74116079
113	35.7	18.5	0.90781158	0.8808985	0.82771943	0.90526063
114	37.8	19.8	1.00162262	0.98035415	0.93205743	1.01067014
115	32.7	15.7	0.55915042	0.54387659	0.44559179	0.55915042
116	32.3	18.3	0.49100817	0.46429068	0.39202204	0.50782216
117	36.8	19.6	0.73655056	0.71061219	0.60908973	0.74946768
118	35.7	20.9	0.73966259	0.70767004	0.65896317	0.75820124
119	26.8	17.3	0.41205502	0.37977151	0.28726538	0.42554268
120	32.3	16.8	0.57462805	0.54921048	0.49157135	0.58616126
121	35.3	18.9	0.68467929	0.6548026	0.60019544	0.70051464
122	29	17.9	0.49057333	0.4590149	0.35388007	0.50455673
123	26.6	16	0.37389489	0.33747943	0.20132055	0.38586
124	31.6	16.4	0.59375132	0.55341579	0.47881647	0.59888812
125	43.5	20.5	1.08074728	1.07580342	1.00502408	1.09277673
126	32.6	16.4	0.55744191	0.53788378	0.51205944	0.56911095
127	30.7	18.9	0.53049953	0.48847322	0.41639801	0.55167768
128	46	17.5	1.37018337	1.3523108	1.3390507	1.37821114
129	48.5	21.3	1.55425051	1.52929207	1.48776211	1.56352386
130	47.2	24.9	1.56961335	1.53230207	1.45168456	1.57579003
131	36.8	24.9	1.02482879	0.97407988	0.88454771	1.03717302
132	36.2	19.9	0.78747904	0.74834396	0.68910879	0.79650137
133	46.8	17.3	1.23376503	1.2136425	1.18322471	1.23447134
134	24.7	16.1	0.36155811	0.29965135	0.06316177	0.36200662
135	17.6	16.1	0.11620221	0.00558995	0	0.13012999

Anexo 8  
 Datos preliminares de *Pinus oocarpa*

136	22.6	14.2	0.21065221	0.16509821	0.02596277	0.221883
137	19	7.6	0.1375628	0.09245224	0	0.13782162
138	17.5	14.7	0.13152936	0.03372201	0	0.15116498
139	48	15.5	1.25664684	1.23088235	1.22931143	1.25995377
140	42	21.8	1.55444696	1.52585919	1.48008114	1.55607202
141	42.3	25.9	1.37785001	1.34389901	1.21542025	1.3853875
142	44.3	20.6	1.47168021	1.43976142	1.39996014	1.47709717
143	33.8	15.9	0.50903663	0.47205839	0.3555763	0.50952384
144	28.5	18.1	0.38362117	0.33187008	0.15312748	0.39728645
145	40.1	17.9	0.8729873	0.85614766	0.82519956	0.88043836
146	30.6	19.8	0.58341203	0.54070993	0.3357333	0.58822394
147	32	13.3	0.42627558	0.41045881	0.32856331	0.43296624
148	17.5	10.3	0.05950211	0	0	0.0750412
149	26.6	19.3	0.58195219	0.54740331	0.42739714	0.58966693
150	24.1	15.8	0.29765771	0.29375702	0.1010904	0.32605139
151	34.6	17.7	0.72487328	0.70731519	0.6309691	0.72548092
152	26.3	13.5	0.45435963	0.44393924	0.39622815	0.45538859
153	34.7	18.3	0.71930733	0.69101881	0.61303883	0.72767887
154	35.4	21.9	0.95151591	0.92297203	0.83613576	0.96100766
155	40.8	23.5	1.28686944	1.25733949	1.19907764	1.29616175
156	37.5	20.5	0.85734147	0.82200786	0.69611864	0.86800079
157	30.7	20.8	0.59286194	0.5608621	0.41499016	0.60553904
158	28.9	20	0.52104703	0.45746774	0.36129426	0.531968
159	42.4	20	1.21313336	1.19368313	1.13907194	1.22150563
160	29.3	18.7	0.4657805	0.4357018	0.27891748	0.47933737
161	15.3	12.5	0	0	0	0.059974
162	18.1	19.1	0.098156	0.010431	0	0.128475
163	7	9.3	0	0	0	0.008516
164	14	12.3	0.18133	0	0	0.04892
165	24	20.8	0.287037	0	0	0.304713
166	26	22.3	0.354524	0.269676	0.085566	0.372847
167	24	20.8	0.287037	0	0	0.0304713
168	15	12.3	0.056935	0	0	0.0086324
169	19	19.4	0.163677	0	0	0.189336
170	13.5	13.3	0.03036	0	0	0.080541
171	9.5	12.3	0	0	0	0.0022607
172	22	12.3	0.142003	0.048287	0	0.150037



Descripción	Tabla de volumen a un IU = 10 cm. (m <sup>3</sup> )
Especie	<i>Pinus maximinoi</i>
No. de árboles muestra	93
Localidad	Valle encantado, El Zamorano, Honduras
Indice de sitio	III
Responsable	Ing. Erik Estrada Cámbar
Fecha de elaboración	Abril de 1997

DAP (cm.)	ALTURA TOTAL, EN METROS											
	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
	VOLUMEN METROS CUBICOS											
12	0,041	0,055	0,068	0,082	0,0962	0,11	0,124	0,138	0,152	0,166	0,179	0,193
15	0,072	0,094	0,115	0,137	0,1586	0,18	0,202	0,224	0,245	0,267	0,289	0,31
18	0,11	0,141	0,172	0,204	0,2348	0,266	0,297	0,328	0,36	0,391	0,422	0,453
21	0,155	0,198	0,24	0,282	0,3249	0,367	0,41	0,452	0,495	0,537	0,58	0,622
24	0,207	0,263	0,318	0,373	0,4289	0,484	0,54	0,595	0,651	0,706	0,762	0,817
27	0,266	0,336	0,406	0,477	0,5467	0,617	0,687	0,757	0,827	0,898	0,968	1,038
30	0,332	0,419	0,505	0,592	0,6784	0,765	0,852	0,938	1,025	1,112	1,198	1,285
33	0,405	0,509	0,614	0,719	0,824	0,929	1,034	1,138	1,243	1,348	1,453	1,558
36	0,484	0,609	0,734	0,859	0,9834	1,108	1,233	1,358	1,482	1,607	1,732	1,857
39	0,571	0,717	0,864	1,01	1,1567	1,303	1,45	1,596	1,742	1,889	2,035	2,182
42	0,665	0,834	1,004	1,174	1,3438	1,514	1,683	1,853	2,023	2,193	2,363	2,533
45	0,765	0,96	1,155	1,35	1,5448	1,74	1,935	2,13	2,325	2,52	2,714	2,909
48	0,873	1,094	1,316	1,538	1,7597	1,981	2,203	2,425	2,647	2,869	3,09	3,312
51	0,987	1,237	1,488	1,738	1,9884	2,239	2,489	2,74	2,99	3,24	3,491	3,741
54	1,108	1,389	1,67	1,95	2,231	2,512	2,792	3,073	3,354	3,635	3,915	4,196
57	1,236	1,549	1,862	2,175	2,4875	2,8	3,113	3,426	3,739	4,051	4,364	4,677
60	1,372	1,718	2,065	2,411	2,7578	3,104	3,451	3,797	4,144	4,491	4,837	5,184
ECUACION V = -0.014692686 + 0.000032089 (D <sup>2</sup> H)												

Descripción	Tabla de volumen a un IU = 15 cm. (m <sup>3</sup> )
Especie	<i>Pinus maximinoi</i>
No. de árboles muestra	93
Localidad	Valle encantado, El Zamorano, Honduras
Indice de sitio	III
Responsable	Ing. Erik Estrada Cámbar
Fecha de elaboración	Abril de 1997

DAP (cm.)	ALTURA TOTAL, EN METROS											
	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
	VOLUMEN EN METROS CUBICOS											
15	0,065	0,086	0,108	0,1297	0,151	0,173	0,195	0,216	0,238	0,259	0,281	0,303
18	0,112	0,144	0,175	0,2058	0,237	0,268	0,299	0,33	0,362	0,393	0,424	0,455
21	0,169	0,211	0,253	0,2958	0,338	0,381	0,423	0,465	0,508	0,55	0,593	0,635
24	0,233	0,289	0,344	0,3996	0,455	0,51	0,566	0,621	0,676	0,732	0,787	0,843
27	0,307	0,377	0,447	0,5173	0,587	0,657	0,727	0,798	0,868	0,938	1,008	1,078
30	0,389	0,476	0,562	0,6488	0,735	0,822	0,908	0,995	1,081	1,168	1,254	1,341
33	0,48	0,585	0,689	0,7941	0,899	1,003	1,108	1,213	1,318	1,422	1,527	1,632
36	0,58	0,704	0,829	0,9533	1,078	1,202	1,327	1,452	1,576	1,701	1,825	1,95
39	0,688	0,834	0,98	1,1263	1,273	1,419	1,565	1,711	1,857	2,004	2,15	2,296
42	0,804	0,974	1,144	1,3132	1,483	1,652	1,822	1,991	2,161	2,331	2,5	2,67
45	0,93	1,125	1,319	1,5139	1,709	1,903	2,098	2,293	2,487	2,682	2,877	3,071
48	1,064	1,286	1,507	1,7285	1,95	2,171	2,393	2,614	2,836	3,057	3,279	3,5
51	1,207	1,457	1,707	1,9569	2,207	2,457	2,707	2,957	3,207	3,457	3,707	3,957
54	1,358	1,638	1,919	2,1991	2,479	2,76	3,04	3,32	3,601	3,881	4,161	4,442
57	1,518	1,831	2,143	2,4552	2,768	3,08	3,392	3,705	4,017	4,329	4,641	4,954
60	1,687	2,033	2,379	2,7251	3,071	3,417	3,763	4,109	4,455	4,802	5,148	5,494
63	1,864	2,246	2,627	3,0089	3,39	3,772	4,154	4,535	4,917	5,298	5,68	6,061
EQUACION V = -0.043374042 + 0.000032043 ( D <sup>2</sup> H )												

Descripción	Tabla de volumen a un IU = 20 cm. (m <sup>3</sup> )
Especie	<i>Pinus maximinoi</i>
No. de árboles muestra	93
Localidad	Valle encantado, El Zamorano, Honduras
Indice de sitio	III
Responsable	Ing. Erik Estrada Cámbar
Fecha de elaboración	Abril de 1997

DAP (cm.)	ALTURA TOTAL, EN METROS											
	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51
	VOLUMEN EN METROS CUBICOS											
21	0.127	0.17	0.2125	0.255	0.298	0.341	0.384	0.427	0.469	0.512	0.555	0.598
24	0.206	0.261	0.3173	0.373	0.429	0.485	0.541	0.597	0.653	0.709	0.764	0.82
27	0.295	0.365	0.4361	0.507	0.578	0.648	0.719	0.79	0.861	0.931	1.002	1.073
30	0.394	0.482	0.5689	0.656	0.744	0.831	0.918	1.006	1.093	1.18	1.268	1.355
33	0.504	0.61	0.7156	0.821	0.927	1.033	1.138	1.244	1.35	1.455	1.561	1.667
36	0.625	0.751	0.8763	1.002	1.128	1.254	1.379	1.505	1.631	1.757	1.882	2.008
39	0.756	0.903	1.0509	1.199	1.346	1.494	1.641	1.789	1.936	2.084	2.232	2.379
42	0.897	1.068	1.2396	1.411	1.582	1.753	1.924	2.095	2.267	2.438	2.609	2.78
45	1.049	1.246	1.4422	1.639	1.835	2.032	2.228	2.425	2.621	2.818	3.014	3.211
48	1.212	1.435	1.6588	1.882	2.106	2.329	2.553	2.777	3	3.224	3.447	3.671
51	1.385	1.637	1.8893	2.142	2.394	2.646	2.899	3.151	3.404	3.656	3.908	4.161
54	1.568	1.851	2.1338	2.417	2.7	2.983	3.266	3.549	3.832	4.115	4.397	4.68
57	1.762	2.077	2.3923	2.708	3.023	3.338	3.653	3.969	4.284	4.599	4.914	5.23
60	1.966	2.315	2.6648	3.014	3.363	3.713	4.062	4.411	4.761	5.11	5.459	5.809
63	2.181	2.566	2.9513	3.336	3.722	4.107	4.492	4.877	5.262	5.647	6.032	6.417
66	2.406	2.829	3.2517	3.674	4.097	4.52	4.942	5.365	5.788	6.21	6.633	7.056
69	2.642	3.104	3.5661	4.028	4.49	4.952	5.414	5.876	6.338	6.8	7.262	7.724
			ECUACION V = -0.1297899743 + 0.000032345 ( D <sup>2</sup> H )									

Descripción	Tabla de volumen Total (m <sup>3</sup> )
Especie	<i>Pinus oocarpa</i>
No. de árboles muestra	79
Localidad	Los Cabros, El Zamorano, Honduras
Indice de sitio	IV
Responsable	Ing. Erik Estrada Cámbar
Fecha de elaboración	Abril de 1997

DAP (cm.)	ALTURA TOTAL, EN METROS													
	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42		
	VOLUMEN METROS CUBICOS													
9	0.042	0.049	0.057	0.064	0.072	0.079	0.087	0.094	0.102	0.109	0.117	0.124		
12	0.059	0.073	0.086	0.099	0.113	0.126	0.139	0.153	0.166	0.179	0.193	0.206		
15	0.082	0.103	0.124	0.144	0.165	0.186	0.207	0.228	0.249	0.269	0.29	0.311		
18	0.109	0.139	0.169	0.199	0.229	0.259	0.289	0.319	0.349	0.379	0.409	0.439		
21	0.142	0.183	0.224	0.264	0.305	0.346	0.387	0.428	0.469	0.509	0.55	0.591		
24	0.179	0.233	0.286	0.339	0.393	0.446	0.499	0.553	0.606	0.659	0.713	0.766		
27	0.222	0.289	0.357	0.424	0.492	0.559	0.627	0.694	0.762	0.83	0.897	0.965		
30	0.269	0.353	0.436	0.519	0.603	0.686	0.77	0.853	0.936	1.02	1.103	1.186		
33	0.322	0.423	0.524	0.624	0.725	0.826	0.927	1.028	1.129	1.23	1.33	1.431		
36	0.379	0.499	0.619	0.74	0.86	0.98	1.1	1.22	1.34	1.46	1.58	1.7		
39	0.442	0.583	0.724	0.865	1.005	1.146	1.287	1.428	1.569	1.71	1.85	1.991		
42	0.509	0.673	0.836	1	1.163	1.326	1.49	1.653	1.816	1.98	2.143	2.306		
45	0.582	0.77	0.957	1.145	1.332	1.52	1.707	1.895	2.082	2.27	2.457	2.645		
48	0.659	0.873	1.086	1.3	1.513	1.726	1.94	2.153	2.366	2.58	2.793	3.006		
51	0.742	0.983	1.224	1.465	1.705	1.946	2.187	2.428	2.669	2.91	3.151	3.391		
54	0.83	1.1	1.37	1.64	1.91	2.18	2.45	2.72	2.99	3.26	3.53	3.8		
57	0.922	1.223	1.524	1.825	2.126	2.426	2.727	3.028	3.329	3.63	3.931	4.232		
60	1.02	1.353	1.686	2.02	2.353	2.686	3.02	3.353	3.687	4.02	4.353	4.687		
				ECUACION V = 0.01941532 + 0.000030868 (D <sup>2</sup> H)										



Descripción	Tabla de volumen a un IU = 10 cm. (m <sup>3</sup> )
Especie	<i>Pinus oocarpa</i>
No. de árboles muestra	79
Localidad	Los Cabros, El Zamorano, Honduras
Indice de sitio	IV
Responsable	Ing. Erik Estrada Cámbar
Fecha de elaboración	Abril de 1997

DAP (cm.)	ALTURA TOTAL, EN METROS											
	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
	VOLUMEN METROS CUBICOS											
12	0,062	0,076	0,09	0,104	0,1174	0,131	0,145	0,159	0,173	0,187	0,2	0,214
15	0,093	0,115	0,136	0,158	0,1796	0,201	0,223	0,244	0,266	0,288	0,309	0,331
18	0,131	0,162	0,193	0,225	0,2557	0,287	0,318	0,349	0,38	0,411	0,442	0,473
21	0,176	0,219	0,261	0,303	0,3455	0,388	0,43	0,473	0,515	0,557	0,6	0,642
24	0,228	0,283	0,339	0,394	0,4492	0,504	0,56	0,615	0,67	0,726	0,781	0,836
27	0,287	0,357	0,427	0,497	0,5667	0,637	0,707	0,777	0,847	0,917	0,987	1,057
30	0,352	0,439	0,525	0,612	0,698	0,784	0,871	0,957	1,044	1,13	1,216	1,303
33	0,425	0,53	0,634	0,739	0,8432	0,948	1,052	1,157	1,261	1,366	1,47	1,575
36	0,504	0,629	0,753	0,878	1,0022	1,127	1,251	1,375	1,5	1,624	1,749	1,873
39	0,591	0,737	0,883	1,029	1,175	1,321	1,467	1,613	1,759	1,905	2,051	2,197
42	0,684	0,854	1,023	1,192	1,3616	1,531	1,7	1,87	2,039	2,208	2,378	2,547
45	0,784	0,979	1,173	1,368	1,562	1,756	1,951	2,145	2,34	2,534	2,728	2,923
48	0,892	1,113	1,334	1,555	1,7763	1,997	2,219	2,44	2,661	2,882	3,103	3,325
51	1,006	1,255	1,505	1,755	2,0044	2,254	2,504	2,753	3,003	3,253	3,503	3,752
54	1,127	1,407	1,686	1,966	2,2463	2,526	2,806	3,086	3,366	3,646	3,926	4,206
57	1,254	1,566	1,878	2,19	2,5021	2,814	3,126	3,438	3,75	4,062	4,373	4,685
60	1,389	1,735	2,08	2,426	2,7716	3,117	3,463	3,808	4,154	4,5	4,845	5,191
	ECUACION V = 0.00683 + 0.000032 ( D <sup>2</sup> H)											

Descripción	Tabla de volumen a un IU = 15 cm. (m <sup>3</sup> )
Especie	<i>Pinus oocarpa</i>
No. de árboles muestra	79
Localidad	Los Cabros, El Zamorano, Honduras
Indice de sitio	IV
Responsable	Ing. Erik Estrada Cámbar
Fecha de elaboración	Abril de 1997

DAP (cm.)	ALTURA TOTAL, EN METROS													
	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48		
	VOLUMEN EN METROS CUBICOS													
15	0,058	0,079	0,101	0,1225	0,144	0,166	0,187	0,209	0,231	0,252	0,274	0,296		
18	0,105	0,136	0,168	0,1987	0,23	0,261	0,292	0,323	0,355	0,386	0,417	0,448		
21	0,161	0,204	0,246	0,2888	0,331	0,374	0,416	0,459	0,501	0,543	0,586	0,628		
24	0,226	0,282	0,337	0,3927	0,448	0,504	0,559	0,614	0,67	0,725	0,781	0,836		
27	0,3	0,37	0,44	0,5105	0,581	0,651	0,721	0,791	0,861	0,931	1,002	1,072		
30	0,382	0,469	0,556	0,6422	0,729	0,815	0,902	0,989	1,075	1,162	1,248	1,335		
33	0,473	0,578	0,683	0,7877	0,892	0,997	1,102	1,207	1,312	1,417	1,521	1,626		
36	0,573	0,698	0,822	0,9471	1,072	1,197	1,321	1,446	1,571	1,695	1,82	1,945		
39	0,681	0,828	0,974	1,1203	1,267	1,413	1,559	1,706	1,852	1,999	2,145	2,291		
42	0,798	0,968	1,138	1,3074	1,477	1,647	1,817	1,986	2,156	2,326	2,496	2,666		
45	0,924	1,119	1,313	1,5083	1,703	1,898	2,093	2,288	2,483	2,678	2,873	3,067		
48	1,058	1,28	1,501	1,7231	1,945	2,167	2,388	2,61	2,832	3,054	3,275	3,497		
51	1,201	1,451	1,701	1,9518	2,202	2,452	2,703	2,953	3,203	3,454	3,704	3,954		
54	1,352	1,633	1,914	2,1943	2,475	2,756	3,036	3,317	3,598	3,878	4,159	4,439		
57	1,513	1,825	2,138	2,4507	2,763	3,076	3,389	3,701	4,014	4,327	4,639	4,952		
60	1,682	2,028	2,374	2,7209	3,067	3,414	3,76	4,107	4,453	4,8	5,146	5,493		
63	1,859	2,241	2,623	3,005	3,387	3,769	4,151	4,533	4,915	5,297	5,679	6,061		
				ECUACION V = -0.5076255 + 0.00003208 ( D <sup>2</sup> H )										

