

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ciencias Agrícolas y Forestal



Elaboración de tabla de volumen para Encino
(Quercus brachystachys Benth.) en
San Martín Jilotepeque,
departamento de Chimaltenango.

Manuel Amado Rodas

Trabajo de graduación presentado para optar al
grado académico de licenciado en Ingeniería
Forestal.

Guatemala, 1999

A:

Mis Abuelos:

Lic. Manuel Amado Rodas Cifuentes
Gabriela Ramos de Rodas
Delia Montenegro Vda. De López

Mi Mamá:

Lic. Irma Leticia Rodas Ramos

Mi Tía:

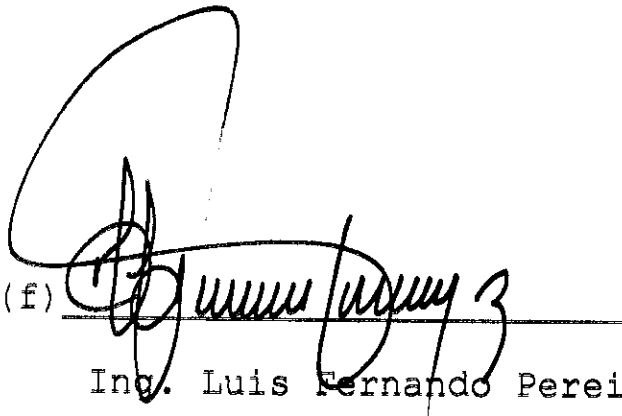
Amanda Elisa Rodas Ramos

Mi hermano:

Ing. José Rodrigo Rodas

Vo.Bo.

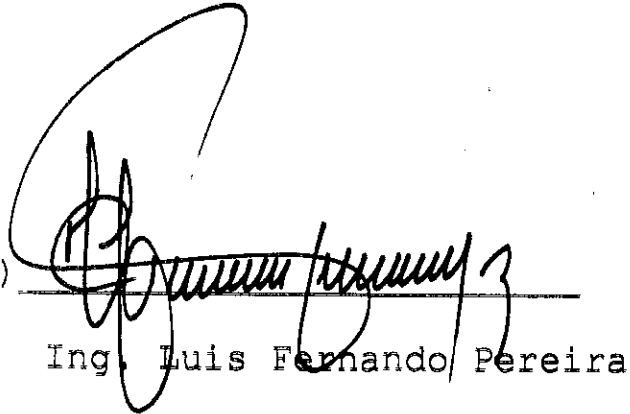
(f)



Ing. Luis Fernando Pereira

Tribunal

(f)



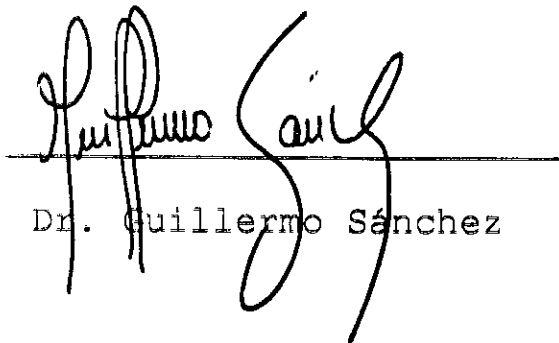
Ing. Luis Fernando Pereira

(f)



Ing. César Castañeda

(f)



Dr. Guillermo Sánchez

Fecha de aprobación: 23 de marzo de 1,999

CONTENIDO	PAG.
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
A. General	3
B. Específicos	3
III. JUSTIFICACION	4
IV. MARCO TEORICO	7
A. MARCO CONCEPTUAL	7
1. Información de la familia FAGACEAE	7
2. Información del género <u>Quercus</u> y su importancia en Guatemala	8
3. Descripción de la especie <u>Quercus brachystachys</u> Benth.	14
4. Determinación de volúmen por árbol	15
5. Definición de tablas de volumen	17
6. Clasificación de las tablas de volumen	18
7. Selección de la muestra para construir una tabla	19

8. Diferentes maneras de construir la tabla con los datos colectados	21
9. Método estadístico: análisis de regresión	21
10. La elección del modelo de regresión	21
11. Regresión Múltiple y Análisis de Correlación	22
12. Validación de las tablas de volumen	24
13. Prueba de sesgo	26
14. Prueba de Chi-cuadrado	26
B. Marco Referencial	27
1. Descripción de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical	27
V. METODOLOGIA	30
A. Selección del área estudiada	30
B. Localización de los sitios de toma de datos	31
C. Tamaño de la muestra	31
D. Selección del método de cubicación	32
E. Delimitación geográfica de las poblaciones en el campo	32
F. Proceso de cubicación	33

G. Análisis estadístico	34
H. Definición del modelo estadístico a usar	34
I. Validación de la tabla de volumen	35
VI. PRESENTACION DE LA INFORMACION	35
VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	36
VIII. RESULTADOS	37
IX. DISCUSION	45
X. CONCLUSIONES	49
XI. RECOMENDACIONES	50
XII. BIBLIOGRAFIA	51
XIII. ANEXOS	53

I. INTRODUCCION

Para la adecuada planificación del manejo de los bosques es necesaria, entre otras acciones, la cuantificación de los mismos. La unidad que se utiliza en la medición de las existencias de los bosques es el volumen, el cual puede ser fácilmente estimado con la ayuda de tablas.

Debido a la falta de tablas de volumen para las distintas regiones y especies existentes en Guatemala, se han utilizado tablas elaboradas en otros países para la cuantificación de las masas forestales de los bosques guatemaltecos, aun cuando una tabla de volumen es válida para una región en particular, también puede ser utilizada en otras áreas distintas a la que se utilizó para la elaboración de la misma, pero no tendrá la precisión necesaria para llevar a cabo la correcta cuantificación de las masas forestales.

Es importante contar con un número grande de tablas de volumen elaboradas para nuestros bosques y especies con el fin de optimizar la cuantificación y el manejo de los mismos.

El Quercus brachystachis es una especie muy utilizada en el área rural para fines energéticos, por lo que la cuantificación de este tipo de bosques es muy importante. Es necesario saber la cantidad de volumen de este recurso con que se cuenta para que se

puedan elaborar planes de manejo que permitan optimizar su uso y así evitar su desaparición y promover su recuperación.

La región que se escogió para la elaboración de esta tabla de volumen es la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical debido a la alta presencia de Quercus brachystachis Benth. en el área.

La elaboración de la tabla de volumen se llevó a cabo aplicando técnicas de medición forestal y la aplicación de métodos de regresión múltiple.

II. OBJETIVOS

A. General

- Elaborar una tabla de volumen para la especie Quercus brachystachis, para la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical en el municipio de San Martín Jilotepeque, Departamento de Chimaltenango.

B. Específicos

- Generar una base de datos de la relación diámetro-altura.
 - Seleccionar el modelo que más se ajuste, para la obtención de una ecuación de predicción de volumen de la relación diámetro-altura.
 - Validar el modelo seleccionado.
-

III. JUSTIFICACION

Guatemala cuenta con una superficie de 108,889 Km² y con una topografía muy variada, lo que hace que el 51.4% del área del país tenga capacidad forestal (PAFG, 1996). Para el manejo adecuado de los bosques se necesita el uso de herramientas que faciliten el trabajo y a la vez proporcionen información exacta y confiable para cuantificar la masa forestal existente en el país. Desafortunadamente, en Guatemala no existe mucha investigación en el ámbito forestal, razón por la que se ha frenado el avance en este sector.

Una manera práctica y rápida de estimar el volumen de madera en pie de una masa boscosa, es a través de tablas. En Guatemala se han elaborado tablas de volumen para los bosques de coníferas que son de gran importancia en el país pero se ha descuidado la investigación y generación de información acerca de las especies latifoliadas que cubren 80.5% de superficie en el país (PAFG, 1997) y tienen un mercado que cada vez se amplía.

La información generada a través de una tabla de volumen es de mucha utilidad para la ordenación y manejo apropiado de los bosques tropicales, fundamento en la utilización de los recursos naturales de un país.

El presente trabajo de investigación pretende ser una herramienta de fácil aplicación en la elaboración de planes de manejo y uso sostenible del recurso bosque, a la vez que busca

sentar un precedente para que en el futuro se pueda contar con un gran número de tablas de volumen para las especies forestales con alto valor económico, lo que conllevará a un avance tecnológico en el manejo y cuantificación del recurso bosque tanto para las empresas forestales privadas como para el sector público forestal.

El encino (Quercus brachystachys Benth.) es una especie de mucha importancia en el área rural ya que es ampliamente utilizada como un recurso energético. Muchos bosques comunales se componen en su mayoría de árboles de esta especie lo que implica que es necesario llevar a cabo la cuantificación y ordenación de este tipo de bosques para posteriormente plantear el manejo óptimo de los mismos para conservar el recurso.

También se decidió utilizar esta especie debido a que los próximos aprovechamientos forestales que se llevarán a cabo en Guatemala, según licencias aprobadas por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), son de encino, y para la elaboración de este trabajo se necesitó medir al menos 80 árboles cortados, razón por la que fue necesario realizarlo en un lugar donde se lleve a cabo el aprovechamiento de este recurso. En la elaboración de las tablas, la exactitud es muy importante y se deben hacer mediciones que abarquen la mayor cantidad de clases diamétricas, así se explica porqué de realizar mediciones en un mínimo de 80 árboles.

Es importante realizar este tipo de estudios para una especie en particular y para un sitio específico debido a que por las condiciones tanto ambientales como de sitio, el crecimiento de

los individuos variará de acuerdo a la zona en que se encuentre. Además, se debe estudiar cada especie individualmente para realizar el debido manejo de la misma y así garantizar su sostenibilidad.

IV. MARCO TEORICO

A. MARCO CONCEPTUAL

1. Información de la familia FAGACEAE:

Según Standley, 1952, "son árboles o a veces arbustos, los brotes con hojuelas imbricadas, hojas alternas, usualmente pecioladas, persistentes o deciduas, peninervadas, enteras, dentadas o casi pinadas; estípulas presentes, generalmente deciduas; flores monoicas, usualmente axilares en las ramitas jóvenes, el perigonio con 4-7 lóbulos; amentos estaminados delgados, usualmente elongados, pendientes, y flexibles, cada bráctea encierra una sola flor; estambres del mismo número o el doble que los lóbulos del perigonio, raramente en mayor cantidad, los filamentos usualmente delgados; anteras con 2 células, las células son erectas, paralelas, sésiles o con estípites cortos en el ápice de los filamentos, dehiscentes por una ranura longitudinal; flores pistiladas solitarias o en grupos de 3, formando amentos o racimos cortos, a veces formados en la base de los amentos pistilados; ovario inferior con 3 células o raras veces con 6 células en la base, con 3 estilos, cada célula con 2 óvulos; pero todos los óvulos excepto uno es abortivo; fruta o bellota; solitaria o en grupos de 2-3, parcialmente o totalmente encerrada por una cúpula; semilla larga, sin endosperma, los cotiledones son gruesos y carnosos" (Standley, 1952).

En el documento de Standley, 1952 se dice que "existen 6 géneros, con aproximadamente 600 especies (o tal vez más), ampliamente dispersos en los dos hemisferios, mayormente en regiones templadas y subtropicales, raramente en áreas meramente tropicales, en los trópicos se encuentra confinado a las montañas" (Standley, 1952).

2. Información del género Quercus y su importancia en Guatemala:

Standley dice que "son árboles grandes o medianos y a veces arbustos; brotes abundantes en los extremos de los vástagos usualmente acanalados; hojas alternas; casi siempre distintivamente pecioladas, enteras, dentadas o casi pinnadas, persistente o deciduas, los dientes o lóbulos casi siempre aristados en la punta; estípulas más asociadas con los brotes que con las hojas, subuladas a liguladas, usualmente caducas; flores pequeñas estaminadas, en amentos elongados colgante flexibles, apetalado; cáliz en 5 lóbulos unidos formando más o menos un periantrio cupular, encerrando de 5-10 estambres libres con anteras cortas y filamentos delgados; flores pistiladas que nacen en un amento reducido, el raquis rígido leñoso puede ser corto o largo y con 1 ó varias flores, el cáliz de 6 sépalos adherentes a la base de los estilos y fusionado dentro de un tubo; pistilo de 3 carpelos formando un ovario simple de 3 células y 3 estilos libres, éstos marcados ventralmente hacia el ápice dilatado; la fruta es la bellota, con 1 célula y 1 semilla, los otros 5 óvulos

estériles adheridos a la semilla desarrollada; la semilla se encuentra encerrada dentro de un caparazón y acomodada en una cúpula, éstos se forman a partir de numerosas hojas rudimentarias pequeñas imbricadas, la cúpula envuelve toda la nuez, una parte de ésta, o sólo su base" (Standley, 1952).

Es el único género grande de la familia, el número de especies se desconoce debido a los diferentes tratamientos que se le ha dado por varios autores. Rehder (1950) estima el número total de especies en "más de 200", mientras que Trelease (1949) cerca de 370 solamente en América. Muller (1951) reconoce 46 en América Central. La mayoría de éstas se encuentran en Guatemala, pero otra gran cantidad de especies crecen al sur de Costa Rica y Panamá. Los encinos de Guatemala y Costa Rica han sido colectados en su mayoría, pero en los países intermedios son poco conocidos (Standley, 1952).

"Aquellas especies que han sido encontradas en el campo están representadas por un número substancial de colecciones. Muchos de nuestros especímenes son estériles probablemente porque han sido extraídos principalmente durante la estación seca. En esta época del año es difícil encontrar bellotas, ni siquiera bellotas viejas que se encuentren bajo los árboles" (Standley, 1952).

Según Standley, 1952, "como fuente de madera y tablas, el género Quercus es uno de los mas importantes entre todos los grupos de árboles. La madera se caracteriza por su eficacia, durabilidad y belleza, y es usada en muchos lugares para innumerables propósitos, desde durmientes para vías férreas,

construcción de edificios y barcos, decoración de interiores, pisos y cualquier tipo de muebles. La madera de las diferentes especies varía en lo que se refiere a sus características físicas; algunas son duras y resistentes, otras son más livianas en peso, más suaves, y menos duras. El corcho comercial se obtiene de la corteza de los encinos de corcho que son cultivados para este propósito en España, Portugal y Africa del Norte" (Standley, 1952).

Standley cita que "en Guatemala el pino y el encino son dos de los árboles más característicos. Muchas veces se encuentran mezclados en bosques de pino-encino, pero frecuentemente los encinos forman rodales puros, los cuales la mayoría se encuentran en las montañas secas a elevaciones medias. Actualmente, aunque los bosques de encino han sido proveedores de leña y madera, todavía existe una gran cantidad de rodales cubriendo grandes superficies en departamentos como Guatemala, Quiché y Huehuetenango. Estas regiones proveen las mejores áreas de apacentamiento de las montañas. Se ven paisajes impresionantes cuando se ubica en una elevación baja en Huehuetenango y se observan los bosques de encino que se extienden en todas las direcciones. La mayoría de los árboles son algo pequeños, es cierto, y muchas veces reducidos a arbustos espesos, pero por todos lados, hasta donde la vista alcanza, hay bosques de encino o arbustos, extendiéndose desde las planicies hasta los más altos picos de la gran pared de roca que constituye la cara oeste de los Cuchumatanes. Pocos o ninguno de los encinos de Guatemala presentan el peculiar color brillante de muchos de los encinos de

Norte América durante el otoño; pero hay un gran número de coloraciones amarillo-brillantes y algunos rojos y violetas opacos, y la coloración café de los que mueren pero con la persistencia de sus hojas es característica" (Standley, 1952).

En cuanto a su distribución Standley citas que "los encinos son encontrados a menudo donde no hay árboles de pino, y frecuentemente ocurren en asociaciones de bosques mixtos. En Cobán el lugar habitual de los encinos está usurpado en áreas por árboles de Liquidámbar, pero no muy lejos de Cobán existen varios rodales de encinos, y en las montañas secas de Baja Verapaz probablemente está el mas grande despliegue de árboles de encino en toda Guatemala. En los densos bosques húmedos mixtos de las pendientes del Pacífico de la cadena principal de volcanes, los encinos se presentan en grandes cantidades, principalmente el Quercus skinneri. Las montañas secas de Quetzaltenango y San Marcos, de medias a grandes elevaciones, también existen grandes cantidades de bosques de encino, pero éste, así como en la capital, ha sido fuertemente reducido debido al avance de la frontera agrícola, demandas de leña y madera" (Standley, 1952).

En cuanto al uso del encino, Standley, 1952 cita "la madera del encino es la más utilizada para leña en Guatemala. La madera es transportada a través de grandes distancias en la espalda de los campesinos o animales. Casi siempre es vendida tan barata que los vendedores no obtienen mucha ganancia, pero la leña es una de las necesidades mas grandes en Guatemala, y su escasez impone una gran dificultad. La corteza del encino es rica en taninos, y provee el mejor de todos los materiales para el

tratamiento de cueros. Para este propósito es muy usado en Guatemala, y también es usado para suministrar un tinte café para los textiles. Las galerías de insectos encontradas abundantemente y muchas veces con claridad sobre los árboles son ricas en taninos, y en muchos países han sido muy utilizadas para la elaboración de tinta. Estos procedimientos dudosamente han sido practicados en Guatemala. Debido a la presencia de taninos, un cocimiento de las hojas o la corteza de los encinos es bastante usada como astringente como medicina doméstica, comúnmente para aliviar el dolor de dientes. La ceniza de la madera es usada como lejía para la elaboración de jabones" (Standley, 1952).

En Cerro Quemado y otros lugares en Quetzaltenango la abundancia de hojas caídas de encino son utilizadas comúnmente para la fertilización de campos estériles en las pendientes secas de la montaña. Grandes cantidades de éstas se descomponen en las orillas de los caminos (Standley, 1952).

En el estudio de Standley, 1952, se habla que "las semillas de todos los encinos son comestibles, pero en la mayoría de las especies éstas son muy amargas. Las de algunos de los encinos blancos son relativamente dulces y con un sabor agradable. Las bellotas eran una comida importante en algunas comunidades de indígenas de Norteamérica. No se tiene información acerca de este uso en Centro América, pero no hay duda que las bellotas han sido comidas en Guatemala, al menos en tiempos de hambre, como las que han ocurrido en años recientes, cuando las cosechas de maíz se pierden" (Standley, 1952).

Los nombres Pokonchí para los encinos son "pitán" y "zinuh," y el nombre "tuhs" es reportado para la Sierra de las Minas. Entre la gente de habla hispana en Guatemala los nombres "encino" y "roble" son aplicados a los árboles, y no se hace distinción en el uso de estos nombres, ni las diferentes especies, hasta donde se ha observado. El término "encinaladas" es el más comúnmente aplicado a los bosques de encino, al menos en la región central (Standley, 1952).

"Todos los encinos en Guatemala son "siempre-verdes" como es usado el término en los Estados Unidos. El término es, sin embargo, erróneo. En los bosques muy húmedos, los árboles probablemente están cubiertos con hojas verdes durante todas las estaciones del año, el cambio en el follaje es gradual. En casi todas las especies, sin embargo las nuevas hojas aparecen durante los meses de primavera del Norte y persisten en el árbol hasta la próxima primavera. Estas son dormantes pero retienen su coloración verde, o cambian gradualmente a café. En cualquier proporción, cuando los nuevos botones empiezan a crecer después de las primeras lluvias, o con el incremento de la temperatura, las hojas viejas caen rápidamente y los árboles quedan por un tiempo sin hojas exceptuando por los amentos. En esta época los bosques de encino en los barrancos de las montañas centrales tienen el mismo aspecto que los bosques del norte durante la primavera" (Standley, 1952).

3. Descripción de la especie Quercus brachystachys Benth.:

Según la recopilación de Standley y Steyermark (1952) los nombres reportados en Guatemala para esta especie son Roble; Encino; Masket (Quetzaltenango); Patán (Volcán de agua, Sacatepéquez); Col (Huehuetenango).

Se encuentra en bosques húmedos a secos en las montañas, muchas veces o usualmente asociado con pinos y formando bosques extensos, 1,500-2,600msnm, Jalapa, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Quiché, Huehuetenango, Quetzaltenango, Chiapas.

En el estudio realizado por Standley, 1952, "es un árbol grande a mediano, las ramitas con 3-5mm de grosor, cubiertos con una pelusa aterciopelada café-grisácea persistente, café rojiza donde está desnuda; botones de 3mm de largo o más, ovoides; hojas gruesas y coriáceas, de 4-15cm de largo, 2-10cm de ancho, obovadas o a veces oblongadas u ovadas, acuminadas a obtusas pero con una arista en la punta, cordiforme a truncada en la base, separada y bruscamente dentada, los dientes están aristados en la punta o reducidos a aristas, los márgenes son de alguna forma enrrollados, más o menos lustrados en la parte de arriba, glabra exeptuando en la parte tomentosa de la costa y las nervaduras, persistentemente tomentoso-leonado por debajo, la superficie desnuda abultada-granulada y de alguna forma glauco-ceroso, las nervaduras laterales usualmente son de 8-10 pares, fuertemente impresas en el haz, elevadas en el envés; la mayoría de los peciolos son de 12-22mm de largo; amentos estaminados de 7cm de largo, tomentosos, con pocas flores, anteras glabras, mucronato,

bien exserto; amentos pistilados 1-2 o rara vez 5cm de largo, con 2-4 flores ♂ a veces con 10 flores, el pedúnculo tomentoso; frutas bianuales, de tamaño medio, solitarias, en pares o ternas sobre un pedúnculo de 1-2cm de largo y 3-4mm de grosor; copa de 15mm de ancho y 10mm de altura, casi siempre estrecho en la base, el margen no está doblado, las hojuelas son ovadas, obtusas, delgadas, fuertemente oprimidas, con márgenes glabros, bellota de 15-18mm de largo, 10-12mm de ancho, ovoide o casi ovoide, glabra, café claro, cubiertas hasta la mitad" (Standley, 1952).

Esta es probablemente la especie reportada de Guatemala por Hemsley como Quercus crassifolia Humb. & Bonpl., una especie mexicana. Es una de las especies mas fáciles de reconocer entre las que existen en Guatemala debido a sus hojas tan grandes y anchas, cubiertas en el envés por un indeterminado o a veces denso filtro suave de color café. Estas hojas por lo general se acumulan debajo del árbol a finales del invierno o a principios de la primavera. Esta especie es muy importante y a veces es el principal elemento de los bosques de encino de las montañas de las regiones oeste y central de Guatemala (Standley, 1952).

4. Determinación de volumen por árbol:

El volumen de un árbol puede ser determinado con base en la forma o el perfil del fuste, el cual puede variar de acuerdo a la especie, posición sociológica, influencia del medio ambiente y tratamiento que se le dé al bosque. Las formas de fustes o troncos se asemejan a cuerpos geométricos, paraboloides, neiloides o cónicos; variando las mismas durante su desarrollo

(Ramírez Anleu, 1996). Estas formas facilitan la medición de las variables; (diámetros y alturas), lo que permite aplicarles la fórmula de volumen correspondiente al largo total o a secciones del árbol. El volumen puede calcularse para trozas o secciones de troncos con fórmulas específicas como:

FÓRMULA HUBER

$$V = g_m * L \text{ (Citado por Ramírez Anleu, 1996)}$$

FÓRMULA SMALIAN

$$V = \frac{g_u + g_o}{2} * L \text{ (Citado por Ramírez Anleu, 1996)}$$

FÓRMULA NEWTON

$$V = \frac{g_u + 4g_m + g_o}{6} * L \text{ (Citado por Ramírez Anleu, 1996)}$$

De donde:

V = volumen

g_u = Area basal mayor

g_m = Area basal media

g_o = Area basal menor

L = Largo o altura (Citado por Ramírez Anleu, 1996)

La estimación de volumen está basada en medidas del árbol o características de masas (diámetro, altura, área basimétrica), y en relaciones volumétricas entre aquellas características y los

volúmenes a estimarse (FAO, 1974):

Una acertada estimación del volumen total de un bloque es frecuentemente indispensable, antes del apeo, con el fin de preparar la ejecución de la corta; tal estimación de volumen se realiza por porciones de bosque cuya delimitación obedece a las características de su vuelo o estructura en conjunto, de manera que éste sea homogéneo conforme a los criterios de especie y conformación individual; y en cuanto a dimensiones o tamaño de los árboles. La técnica fundamental de la estimación desde los orígenes de la dasometría contempla dos magnitudes lineales de obligada medición, siendo éstas: el diámetro normal o DAP, que se toma en una sección del árbol a una altura de 1.30 m del suelo y la longitud o altura total del tronco o fuste entre las secciones extremas que delimitan su posible aprovechamiento (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

5. Definición de tablas de volumen

Una tabla de volumen se define como una tabulación, en la cual el diámetro a 1.30 m. (DAP) y la altura, son las variables principales para determinar el volumen de un árbol. (FAO, 1980)

Estas tablas se fundamentan en el principio de que árboles de la misma especie poseen el mismo volumen promedio, cuando el diámetro y la altura son idénticas y se desarrollan bajo las mismas condiciones ecológicas. (Fresse, 1967)

FAO, (1980), define una tabla de volumen como una tarifa, fórmula o gráfica, que proporciona el valor volumétrico de un

árbol o un conjunto de árboles en función de variables llamadas entrada (FAO, 1980).

Las tablas de volumen son listas tabulares que dan el volumen de un árbol o un conjunto de árboles, preparadas a partir de ecuaciones de volumen, en donde la variable dependiente es el volumen como una función de las características principales, diámetro normal y altura, obtenidas a partir de análisis de regresión (Jiménez, 1988).

Otras variables que influyen en el volumen y que pueden considerarse constantes en un área forestal determinada son: forma del árbol, calidad de sitio y espesor de la corteza. La idea básica de la tabla de volumen es desarrollar para una especie una relación entre el volumen y algunas variables de fácil determinación como el DAP y la altura.

6. Clasificación de las tablas de volumen

- *Tablas de simple entrada:*

Expresan los volúmenes de árboles en función solamente del diámetro a la altura del pecho (1.30 m), dichas tablas se construyen con datos colectados localmente en un bosque en particular y se aplican a pequeñas extensiones boscosas (Ramírez Anleu, 1996).

- *Tablas normales o de doble entrada:*

Este es el tipo de tabla que se elaboró en este trabajo. Expresan los volúmenes en función de dos variables; el diámetro a la altura del pecho y la altura. (Ramírez Anleu, 1996).

Para este trabajo los volúmenes que se presenten en la tabla incluirán también el volumen de las ramas hasta un diámetro mínimo de 2 cm.

7. Selección de la muestra para construir una tabla

Para un rodal monoespecífico y homogéneo se puede considerar que se necesitan de 50 a 100 árboles para tablas de una sola entrada y entre 80 y 150 para tarifas de dos entradas (FAO, 1980).

Se ha considerado que, para la construcción de una tabla de volumen y que ésta sea representativa, hay que seleccionar árboles cuyas dimensiones deberán cubrir el rango total de diámetro y alturas encontradas en el bosque para el cual se elabora la tabla (Angel, 1981).

El número de árboles no es el único criterio a considerar; es necesario escoger los rodales de donde se extraerán los árboles y dentro de los rodales seleccionar los árboles de muestra. A continuación algunas recomendaciones al respecto:

- Dividir la región para la cual se va a establecer la tabla en compartimientos homogéneos (considerando las condiciones del lugar, los tratamientos silviculturales, etc.)

- Dividir los compartimientos en clases diamétricas, según la siguiente regla:

- En un compartimiento, debe tomar el mismo número de árboles de muestra en cada clase de área basal (FAO, 1980).

Las reglas anteriores tratan de evitar que la mayoría de los árboles pertenezcan a un reducido número de clases de grosor. Hay que tener en cuenta que no es deseable un muestreo aleatorio que seleccione al azar un árbol entre "n" árboles. Por ejemplo se requiere una tabla para árboles de un bosque denso con diámetros entre 20 cm y 1 m. El intervalo de las áreas basales se divide en diez clases iguales: los límites de los diámetros correspondientes serán 200-369-482-573-651-721-785-844-899-951-1000 mm (FAO, 1980).

En cada una de esas clases se tomará una muestra de unos 10 árboles, de acuerdo a un diseño de muestreo que cubra toda el área (FAO, 1980).

Mediante el empleo de tablas de cubicación, se puede deducir en función de los diámetros y de las alturas, los volúmenes. El empleo de tablas para uso general puede producir sesgo en los resultados al aplicarse a poblaciones distintas de las que sirvieron para calcular la tabla. Este tipo de error afecta la exactitud de cálculo de los volúmenes (FAO, 1974).

8. Diferentes maneras de construir la tabla con los datos colectados

9. Método estadístico: análisis de regresión

Este es el método mayormente utilizado, pues el inconveniente de los cálculos ha disminuido con el desarrollo de las computadoras (FAO, 1980).

10. La elección del modelo de regresión

A continuación, algunos puntos importantes a considerar:

- Simplicidad del modelo: Tratar siempre de tener el modelo más simple posible, esto es, el que tenga el menor número de coeficientes. Mientras más numerosos son los coeficientes, más ilógicamente variará el volumen en función de las entradas (FAO, 1980).

Para la elaboración de tablas de volumen se debe considerar el método analítico, el cual se caracteriza por utilizar los cuadrados mínimos en la estimación de los coeficientes de regresión. Esto tiene la ventaja de permitir el cálculo del error en la estimación al evaluar la bondad de ajuste de cualquier recta o curva cuya ecuación sea conocida a un conjunto de observaciones (Jiménez, 1988).

Cuando se tiene información acerca de dos o más variables

relacionadas, es natural buscar un modo de expresar la forma de las relaciones funcionales, pero además de buscar la función matemática que nos diga de qué manera están relacionadas las variables, es necesario saber también con qué precisión se puede predecir el valor de una variable si conocemos los valores de las variables asociadas. La técnica para lograr estos dos objetivos se conoce como método de regresión (Jiménez, 1988).

La forma general de una ecuación para una línea recta es de $Y = a + bX$, de donde a y b son constantes y coeficientes de regresión que deben estimarse, conforme al principio de mínimos cuadrados (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

11. Regresión múltiple y análisis de correlación

El coeficiente de correlación es la medida con que puede describirse la eficacia con que una variable es explicada por otra.

Podemos servirnos de más de una variable independiente para estimar la variable dependiente y, de este modo, procurar mejorar la estimación. Este proceso se conoce como regresión múltiple y análisis de correlación (Levin, 1988).

En la elaboración de la ecuación de regresión para una tabla de volumen, se consideran dos variables independientes (DAP, altura) y una variable dependiente (volumen).

La principal ventaja de la regresión múltiple es que permite utilizar una parte mayor de la información de que se dispone para estimar la variable dependiente (Levin, 1988).

Además, en la regresión múltiple, podemos atender a cada una de las variables independientes individuales y probar si contribuye significativamente a la manera en que la regresión describe los datos (Levin, 1988).

12. Validación de las tablas de volumen

La estimación del volumen de madera en pie de un rodal es uno de los aspectos importantes en el proceso de ordenar y manejar el bosque con metas de producción. La estimación de la cantidad de madera es el resultado de un proceso de muestreo, y por definición habrá una diferencia entre el valor real y el valor estimado. Esta diferencia o error debe estar dentro de ciertos límites, el cual generalmente es aceptable dentro de un rango de 5-20% para un nivel de significancia de 0.05% (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

La metodología para estimar el volumen de madera en pie usa una serie de estimaciones cada una de las cuales lleva implícito un error, este error debe ser conocido y el objetivo es hacerlo mínimo; una de estas estimaciones es la tabla de volumen o ecuación de volumen general (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

Debido al uso de las tablas de volumen en el proceso de la elaboración de planes de manejo, es una necesidad prioritaria conocer la exactitud de ellas. El conocimiento objetivo de la exactitud de las tablas es la forma técnica correcta de poder establecer cuál tabla es más eficiente. Si se tiene alguna duda acerca de la eficiencia de la tabla no es correcto emitir juicios subjetivos respecto de la calidad, se debiera demostrar con cualquiera de los métodos estadísticos cuál es la calidad y validez de una tabla de volumen (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

Una tabla de volumen debe ser validada para conocer si tiene

sesgo y si lo tiene, saber la magnitud de él. La utilidad de una tabla de volumen se mide por dos características importantes: sesgo y exactitud.

Una tabla de volúmen no tiene sesgo, si para cualquier tamaño de los árboles los volúmenes estimados son menores o iguales de 0.05% a los volúmenes medidos; si la tabla muestra un sesgo, éste se puede corregir al aplicar una regresión que corrija los coeficientes de la ecuación de volumen. En la práctica un sesgo de 2-3% no vale la pena corregirlo, pero si es recomendable hacerlo, si es mayor de este valor (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

Una prueba de sesgo se hace subdividiendo la población y examinando los desvíos entre los valores medidos (V_m) y los valores predecidos o estimados (V_e) dentro de cada subpoblación en forma separada.

Una condición para esta prueba es que debe ser hecha con una muestra independiente y no solamente con los datos con que se ajustaron las ecuaciones de volumen (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

Los valores de los volúmenes medidos deben ser cubicados exactamente en árboles apeados para este propósito. La prueba de Chi cuadrado es más apropiada que la prueba de t, porque mide el sesgo pero no toma en cuenta si el desvío es positivo o negativo (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

13. Prueba de sesgo

El sesgo mide la concordancia general entre los valores medidos y los valores estimados por la tabla de volumen y expresa la diferencia entre la suma del volumen medido y el volumen estimado como un porcentaje de la suma del volumen medido. El sesgo también indica en qué porcentaje la tabla sobrestima o subestima el volumen (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

$$S\% = \frac{(\Sigma Ve - \Sigma Vm)}{\Sigma Vm} * 100$$

Donde:

S% = sesgo en porcentaje

Vm = suma de volumen promedio medido

Ve = suma de volumen estimado por tabla de volumen

14. Prueba de Chi-cuadrado

La prueba de Chi-cuadrado fue propuesta por Frank Freese (1967) y se usa para medir la calidad de la tabla de acuerdo al grado de correspondencia entre los volúmenes estimados por la tabla y los volúmenes medidos (Haller, Loetsch, Zohrer, 1973).

$$E\% = \sqrt{z^2 * \Sigma \left(\frac{Ve}{(Vm-1)^2} \right) * 100}$$

Donde:

$E\%$ = exactitud en porcentaje

z = valor z para un nivel de significancia de 5%

V_e = volumen medido (promedio)

V_m = volumen estimado (promedio) por la tabla de volumen

χ^2 = valor de Chi-cuadrado

B. Marco Referencial

1. Descripción de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical

- Localización y extensión:

De acuerdo a De la Cruz (1982) comprende una faja que va desde Mixco, en el departamento de Guatemala, y se dirige al nor-oeste del país pasando por San Juan, San Pedro, San Lucas, Sacatepéquez, Chimaltenango, San Martín Jilotepeque, Zaragoza, Santa Cruz Balanyá, San José Poaquil, Chichicastenango, Santa Cruz del Quiché, Momostenango, Huehuetenango hasta la frontera con México. Se encuentra también una pequeña franja que rodea el lago de Atitlán.

La superficie total de esta zona de vida es de 9,769 kilómetros cuadrados, lo que representa el 8.98% de la superficie total del país.

- Condiciones climáticas:

El patrón de lluvias varía entre 1,057 mm y 1,588 mm con un promedio de 1,344 mm de precipitación anual. Las biotemperaturas van desde 15 grados a 23 grados C. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 0.75 (De la Cruz, 1982).

- Topografía y vegetación:

Su topografía en general es plana y está dedicada a cultivos agrícolas. Sin embargo, las áreas accidentadas están cubiertas por vegetación. La elevación varía entre 1,500 y 2,100 msnm en San Juan Ostuncalco (De la Cruz, 1982).

La vegetación natural que es típica de la parte central del altiplano, está representada por rodales de *Quercus* spp. asociados generalmente con *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*. En Uspantán puede observarse *Juniperus comitana* en forma de individuos aislados. *Alnus jorullensis*, *Ostrya* spp. y *Carpinus* spp. son bastante frecuentes en esta formación.

Ocurren también como indicadores en esta zona *Prunus capuli* y *Arbutus xalapensis* (De la Cruz, 1982).

- Consideraciones generales sobre su uso:

El uso apropiado para esta zona es fitocultural forestal, pues los terrenos planos pueden utilizarse para la producción de maíz, frijol, trigo, verduras y frutales de zonas templadas como: durazno, pera, manzana, aguacate y otros.

Los terrenos accidentados deben mantenerse cubiertos de bosques, para protegerlos y para que éstos satisfagan el consumo

local, pues las existencias boscosas son limitadas, dada la densidad de la población (De la Cruz, 1982).

V. METODOLOGIA

A. Selección del área estudiada

La selección del área estudiada se hizo con base en los siguientes criterios:

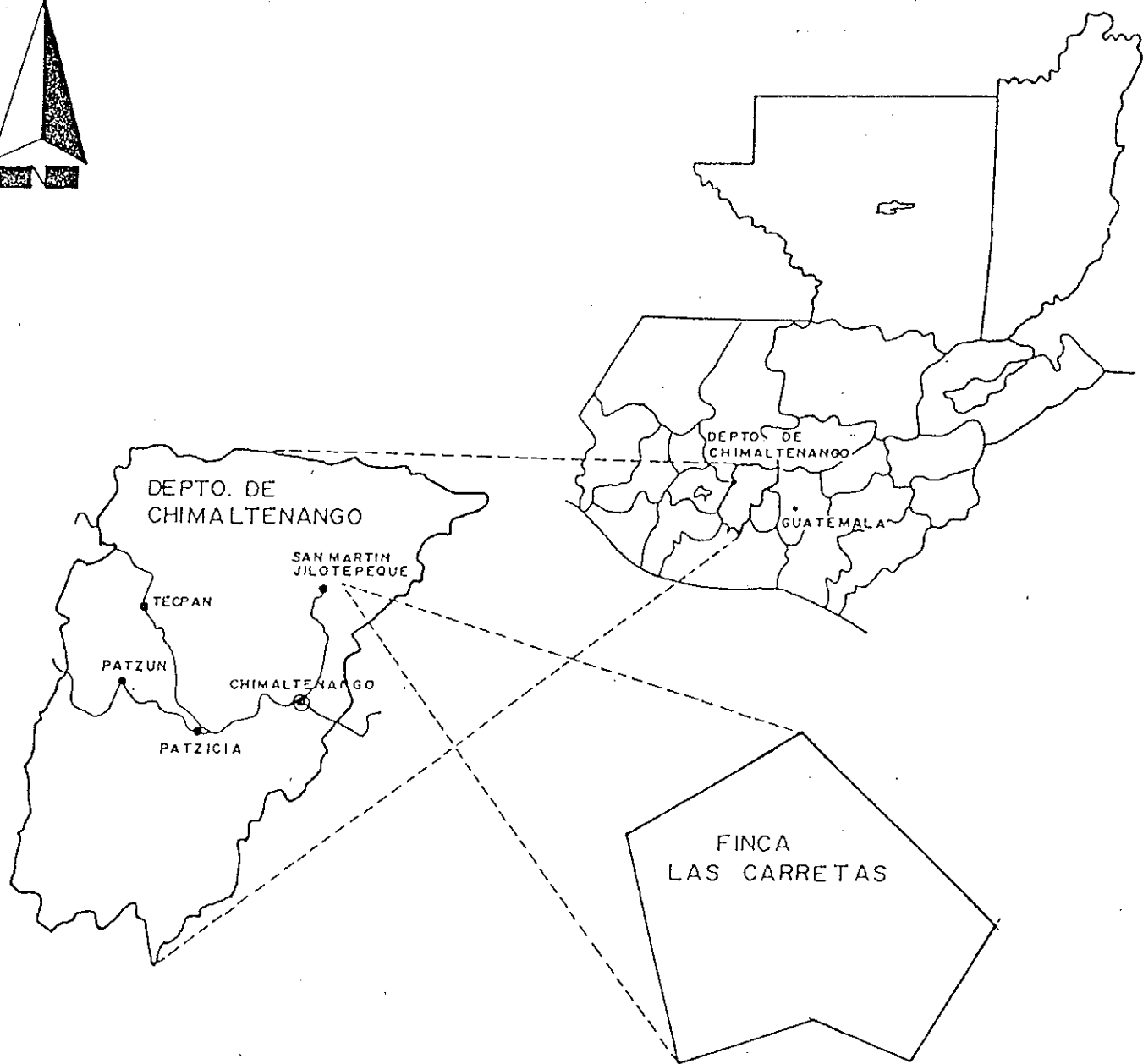
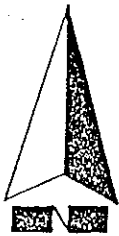
- a) Ubicación de las fincas autorizadas por el Instituto Nacional de Bosques (INAB) que poseen licencias para aprovechamiento forestal, las cuales abarquen los departamentos dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical.
- b) Disponibilidad de árboles de la especie Quercus brachystachys Benth. de modo que se abarque la mayor cantidad de alturas como de clases diamétricas.
- c) Importancia forestal de la Zona: Esta es una zona de alta importancia como generadora de productos relacionados a la actividad forestal, por ejemplo el ecoturismo, la industria, la explotación de maderas y derivados de las mismas como resinas y taninos. Esta es un área que, a pesar de su gran riqueza forestal, está siendo explotada irracionalmente por falta de herramientas que faciliten el manejo de los recursos haciendo que se pierdan, por lo cual es necesario la elaboración de medios que ayuden a la recuperación y manejo sostenible de los mismos.

B. Localización de los sitios de toma de datos

La localización de estos sitios se realizó con base en la disponibilidad de árboles de encino Quercus brachystachys Benth. que existían en los lugares de aprovechamiento forestal que están dentro de la zona de Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical y bajo la supervisión del Instituto Nacional de Bosques (INAB), es decir, que quedarán a consideración del plan de cortas que las fincas tienen autorizadas. Según los criterios expuestos anteriormente, la zona escogida para la toma de datos es la Finca Las Carretas, cuya extensión es de 57.3 Ha y está ubicada a $14^{\circ} 46' 05''$ latitud Norte y $90^{\circ} 46' 50''$ longitud Oeste en el municipio de San Martín Jilotepeque, departamento de Chimaltenango, a una altura de 1,800 msnm. Su ubicación se realizó con la ayuda de la hoja cartográfica 1:250,000 y el mapa de la finca (Figura #1).

C. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se definió de acuerdo al criterio establecido por la FAO (sección 4.1.8), es decir que el rango de la muestra se encuentra entre 80 y 150 árboles para una tabla de doble entrada, como la que se trabajó.



LEYENDA

COORDENADAS GEOGRAFICAS

LATITUD | 14° 46' 05"

LONGITUD | 90° 46' 50"

Figura No. 1

FINCA LAS CARRETAS

SAN MARTIN JILOTEPEQUE — CHIMALTENANGO

MAPA DE UBICACION GEOGRAFICA SITIO TOMA DE DATOS

D. Selección del método de cubicación

El método de cubicación utilizado fue el método de Smalian. Se aplicó esta fórmula a secciones del tronco con espaciamentos de 2 m para que exista mejor calidad y precisión en los datos obtenidos.

Fórmula Smalian

$$V = \frac{g_u + g_o}{2} * L$$

g_u = área basal mayor

g_o = área basal menor

L = largo o longitud

El rango de las clases diamétricas fue de 5 cm lo cual dio una mayor precisión que si la amplitud fuera más grande. Esto nos dio como resultado 10 clases diamétricas tomando como diámetro base 10 cm y un diámetro máximo de 60 cm, de las cuales se obtuvieron de cada una un diámetro de 8 árboles para completar los 80 árboles ya definidos.

E. Delimitación geográfica de las poblaciones en el campo

Geográficamente se delimitó la localización de los rodales de la especie bajo estudio, que se efectuó a través de caminamientos, así como por cartografía y fotointerpretación.

F. Proceso de cubicación

Previo a apear los especímenes se les midió su DAP y grosor de corteza a esta misma altura, registrándose estos datos en el formulario respectivo. Apeado el árbol, se procedió a medir la longitud total, largo del fuste hasta el diámetro superior y largo de la copa. Anotados estos datos se procedió a seccionar el árbol en secciones de 2 m a partir del DAP para medir el diámetro correspondiente y el grosor de corteza de cada una de las secciones (Figura 2).

Cuando la medición correspondió a las secciones con ramas se procedió a tomar diámetros de cada una de éstas, excluyendo aquellas ramas con diámetros menores a los dos (2) centímetros (Figura 3).

La longitud o altura total, largo del fuste aprovechable, altura del tocón y las secciones fueron medidas con cinta métrica en la que se aproximó hasta el dato inmediato superior. Los diámetros a 1.30 m y en las diferentes secciones se midieron con forcípula. La corteza se determinó con un calibrador especial para corteza graduado en milímetros.

De acuerdo con las normas dendrométricas se tomaron todos los datos de las variables necesarias para obtener los volúmenes madereros y de corteza.

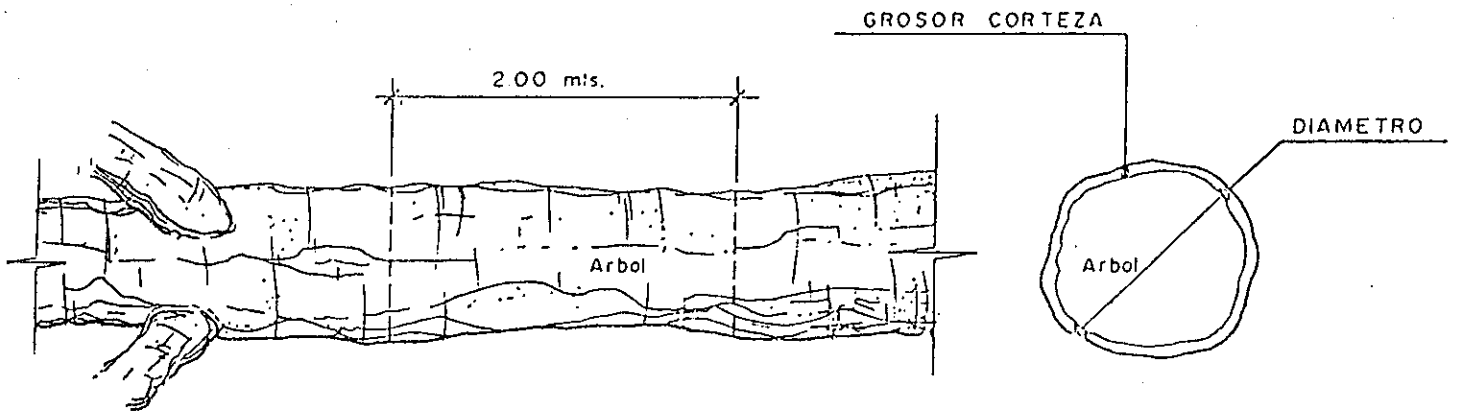


Figura 2: El fuste del árbol se dividió en secciones de 2 mts a las cuales se les midió el diámetro y grosor de corteza.

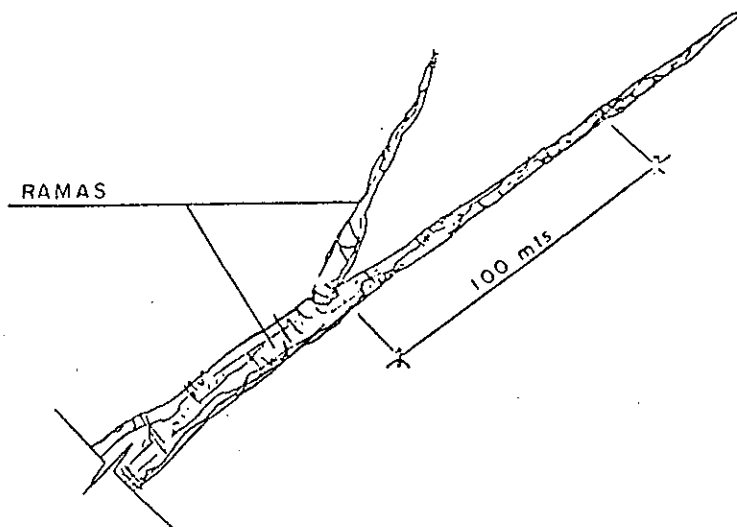


Figura 3: Cuando la medición correspondió a las ramas se dividieron en secciones de 1 m y así se obtuvo el diámetro.

G. Análisis estadístico

Por medio de un análisis de Regresión Múltiple se llevó a cabo el procesamiento de la información de los volúmenes. Mediante este método se puede predecir cuál es el volumen de un árbol basándose en los datos de altura y DAP. Esta predicción del volumen se basa en la relación que existe entre las variables anteriormente mencionadas mediante una ecuación o modelo matemático que exprese cómo cambia una variable en función del cambio de la (o las) otras variables.

Para este proceso se utilizó el método de los mínimos cuadrados y algunos análisis de calidad de ajuste de los datos a partir de las fuentes de variación en la regresión múltiple. El proceso mecánico de cálculo de las variables de las ecuaciones propuestas, se realizó a través del programa computarizado S.A.S. del cual se obtuvieron los coeficientes estadísticos ya mencionados que definieron la ecuación o modelo matemático que mejor se ajustó al comportamiento de las variables bajo estudio y que determinaron en forma más exacta el volumen de los árboles.

H. Definición del modelo estadístico a usar

Teniendo los datos de altura, DAP y volumen se llevó a cabo el proceso de Regresión Múltiple, y a través de S.A.S se hizo el cálculo de las ecuaciones en base al modelo que mas se ajustó. Se ingresaron 5 modelos estadísticos citados en el documento de Jimenez, P. 1988.

De acuerdo a los coeficientes de correlación, calidad de

ajuste y análisis de varianza, así como las pruebas de validación, se definió un modelo adecuado que representó en mejor forma el comportamiento de las variables en el cálculo del volumen de los árboles.

Se elaboraron las tablas de volumen a partir de el modelo auxiliandose de hojas electrónicas como EXCEL en las cuales se procesaron los datos de altura, DAP y volumen con el modelo de regresión seleccionado para la especie en estudio.

I. Validación de la tabla de volúmen

Se realizó a través de los análisis estadísticos "Prueba de sesgo" y "prueba de "Chi cuadrado" los cuales se consideran los más adecuados para validar la tabla de volumen.

VI. Presentación de la información

Se presenta la ecuación o modelo que más se ajusta de acuerdo a los indicadores estadísticos pertinentes y que mejor explique el volumen. Se hicieron las gráficas correspondientes y las tablas definitivas.

VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Las actividades que se llevaron a cabo para la elaboración del presente trabajo fueron las siguientes:

-La etapa de gabinete que se realizó durante los meses de febrero a marzo.

-La identificación de las áreas de aprovechamiento se llevó a cabo en el mes de abril.

-El trabajo de campo se realizó durante los meses de mayo y junio.

-La etapa de sistematización de la información se realizó durante el mes de julio.

-Finalmente la presentación de la información se llevó a cabo durante el mes de agosto.

Todas las actividades descritas anteriormente se llevaron a cabo en el transcurso del año de 1998.

VIII. RESULTADOS

Con base en el desarrollo metodológico presentado, se generó una tabla de volumen para la especie Quercus brachystachys Benth. para la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical en el departamento de Chimaltenango, municipio de San Martín Jilotepeque.

En la elaboración de la tabla se utilizaron 80 árboles de muestra (Tabla 1), siendo este tamaño escogido con base en los criterios establecidos por la FAO (sección 4.1.8). Los árboles que fueron seleccionados como muestra se encontraban distribuidos dentro de la superficie de la finca utilizada para la recolección de datos.

TABLA 1: DATOS DE LOS ARBOLES SELECCIONADOS PARA LA ELABORACION DE LA TABLA DE VOLUMEN

No. DE ARBOL	DAP (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m ³)
1	0.1	7	0.025055
2	0.131	12.5	0.150771
3	0.135	9.7	0.097062
4	0.123	7.6	0.063895
5	0.125	11.8	0.135432
6	0.132	7.2	0.059853
7	0.114	5	0.034625
8	0.145	7.8	0.081842
9	0.182	8	0.129286
10	0.184	15.4	0.22916
11	0.152	9.4	0.12514
12	0.19	10.8	0.132051
13	0.158	9	0.101372
14	0.167	9.6	0.114156
15	0.152	9	0.051639
16	0.153	7	0.048882
17	0.171	6.1	0.132865
18	0.165	9.8	0.156719
19	0.156	7	0.098114
20	0.173	12.1	0.225799
21	0.195	8.6	0.22849
22	0.175	12.1	0.116787
23	0.194	10.4	0.196386
24	0.185	12.3	0.218023
25	0.16	7.6	0.142331
26	0.157	9.6	0.104544
27	0.186	8.1	0.131
28	0.196	8.3	0.165957
29	0.195	12.3	0.225107
30	0.172	6.8	0.10928
31	0.182	14.6	0.362874
32	0.183	12.6	0.155799
33	0.181	11.4	0.234265
34	0.182	13.6	0.159072
35	0.163	13	0.147024
36	0.151	13	0.107396
37	0.192	10.5	0.251846
38	0.173	8.3	0.124864
39	0.156	11.5	0.140674
40	0.18	14	0.228004

No. DE ARBOL	DAP (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m ³)
41	0.231	8	0.156481
42	0.214	13.5	0.122409
43	0.217	15.2	0.265194
44	0.247	11.1	0.355972
45	0.22	12.4	0.407116
46	0.215	9.5	0.151499
47	0.202	8	0.149416
48	0.225	12.6	0.300373
49	0.221	12.6	0.279682
50	0.234	8	0.252954
51	0.235	12.4	0.342675
52	0.209	11.3	0.253626
53	0.222	11	0.213728
54	0.221	12	0.227229
55	0.243	16.5	0.48974
56	0.21	11.9	0.263788
57	0.291	10.4	0.467105
58	0.287	14.5	0.316021
59	0.264	14.6	0.616907
60	0.271	15	0.552996
61	0.275	12.8	0.486569
62	0.25	11.3	0.354999
63	0.288	11.6	0.483629
64	0.251	12.8	0.405347
65	0.276	16	0.612643
66	0.314	23.6	0.935968
67	0.308	17.3	0.8249305
68	0.324	13.7	0.722903
69	0.34	13.8	0.801875
70	0.32	13.6	0.700017
71	0.358	14.6	0.940564
72	0.378	18.6	1.335876
73	0.389	18.3	1.391938
74	0.364	13.6	0.905756
75	0.434	17	1.609526
76	0.412	14.8	1.262775
77	0.463	16.2	1.745608
78	0.463	16.8	1.81026
79	0.455	16	1.664993
80	0.451	15.5	1.584727

Basados en la tabla 1, se presentan a continuación las gráficas de dispersión de datos, relacionando las variables de diámetro-altura (Figura 4) y diámetro-volumen (Figura 5)

FIGURA 4. DISPERSION DE LA RELACION DIAMETRO-ALTURA CON LOS DATOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACION DE LA TABLA DE VOLUMEN

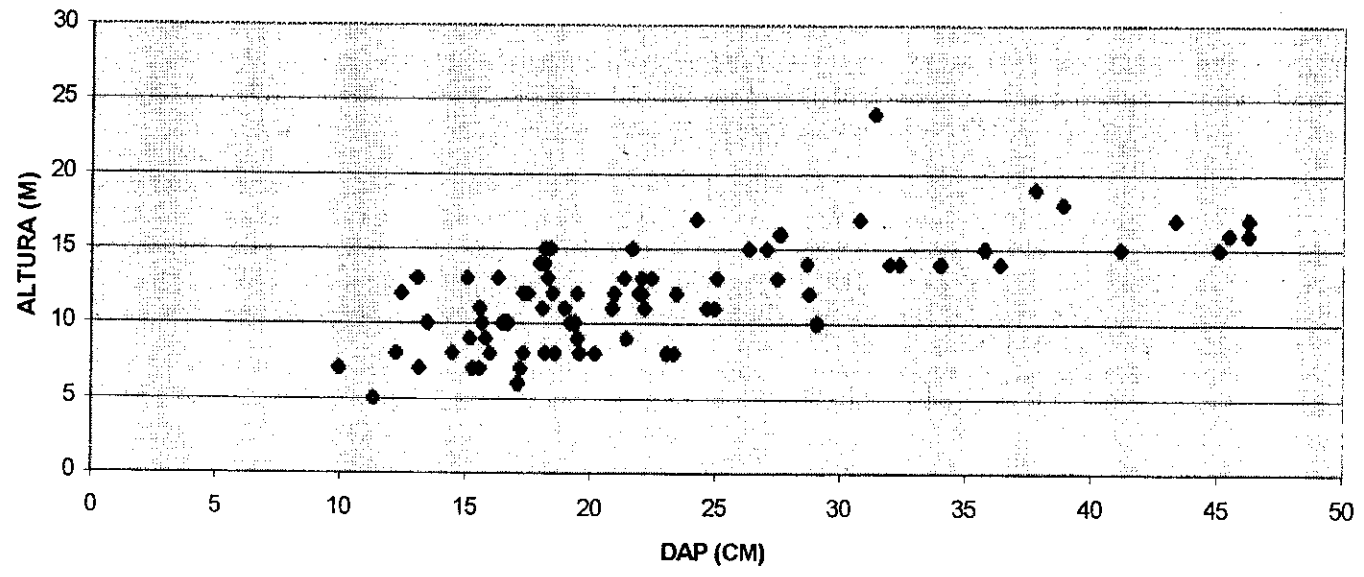
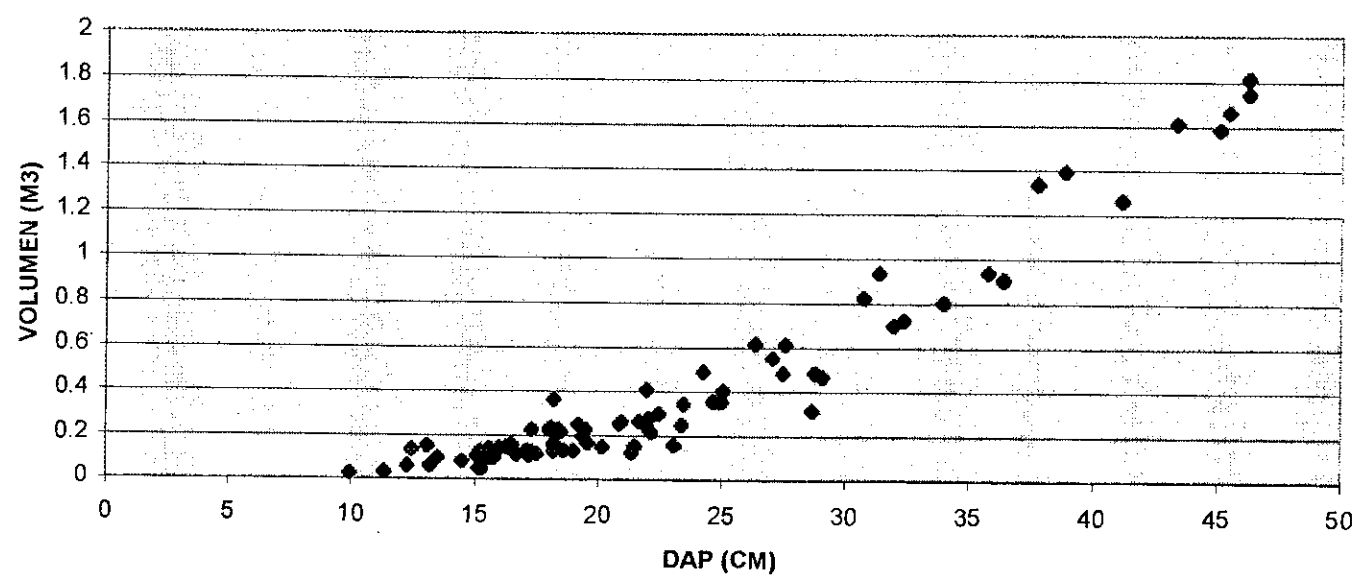
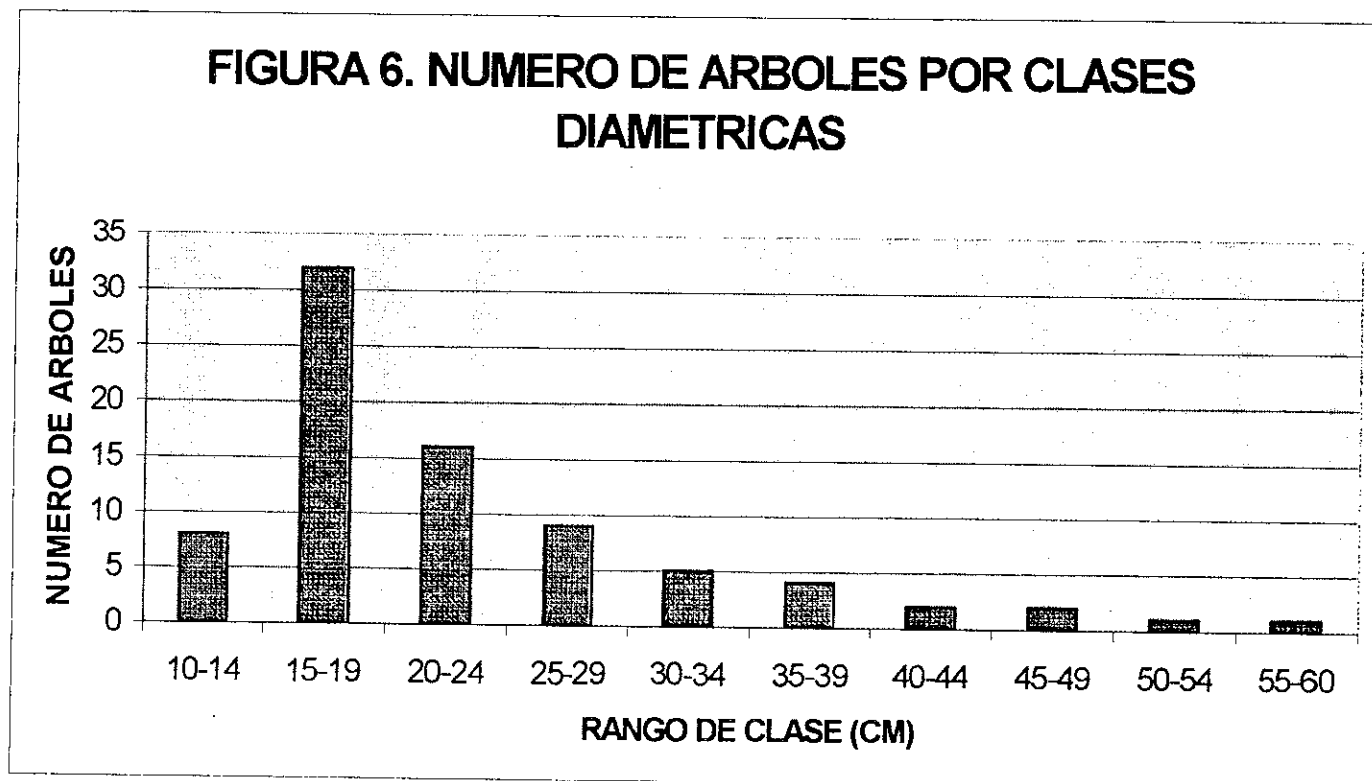


FIGURA 5. DISPERSION DE LA RELACION DIAMETRO-VOLUMEN CON LOS DATOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACION DE LA TABLA DE VOLUMEN



A continuación se muestra la figura 6, que presenta la frecuencia de los individuos utilizados para la elaboración de la tabla agrupados en clases diamétricas con intervalos de 5cm.



Para el procesamiento de los datos, se utilizó el programa computarizado Statistical Analysis System (SAS), se eligieron 5 diferentes modelos de análisis de las variables dependientes e independientes, seleccionados de modelos utilizados en la generación de tablas de volumen en estudios similares (Jiménez, 1988). En la tabla 2 aparecen los modelos seleccionados.

TABLA 2: MODELOS ESTADÍSTICOS INGRESADOS A SAS

NUMERO	MODELO	TIPO
1	$V = a + bD + cH$	Lineal
2	$V = a + b (D^2 * H)$	Cuadrático
3	$V = a + b (D^2 * H^2)$	Cuadrático
4	$V = a + b (D * H)$	Cuadrático
5	$V = a + b (D * H^2)$	Cuadrático

(Jiménez, 1988)

Luego del corrimiento de SAS, los resultados obtenidos para cada modelo fueron sometidos a un análisis estadístico para determinar cuál de éstos era el que más se ajustaba a las condiciones de la investigación. A continuación, en la Tabla 3 se puede ver el resultado del análisis de los modelos que se llevó a cabo con el programa SAS.

Tabla 3: Resultados del análisis realizado por el programa computarizado SAS.

NUMERO	MODELO	C.V.	C.M.E.	R ²	F
1	$V = a + bD + cH$	31.99989	0.01691	0.9168	424
2	$V = a + b (D^2 * H)$	14.52718	0.00348	0.9826	4410.332
3	$V = a + b (D^2 * H^2)$	26.18095	0.01132	0.9436	1303.901
4	$V = a + b (D * H)$	31.78139	0.01668	0.9168	859.782
5	$V = a + b (D * H^2)$	44.20030	0.03226	0.8391	406.839

Para la selección del modelo a utilizar se analizaron los resultados del análisis estadístico siendo escogido el modelo que presentara un menor cuadrado medio del error, un R^2 mas cercano a la unidad y coeficiente de varianza menor siendo 0.00348, 0.9826 y 14.52718 respectivamente. El modelo escogido fue el número 2, siendo $V = -0.004699 + 0.000049672 * D^2 * H$.

El modelo seleccionado fue ingresado a una hoja electrónica para la generación de la tabla de volumen de dos entradas que se presenta a continuación en la tabla 4.

El volumen que se presenta en la tabla 4 está expresado en metros cúbicos (m^3), el diámetro a la altura del pecho (DAP) en centímetros y la altura en metros, y describe la volumetría para árboles individuales.

Se descartaron los extremos en la tabla ya que debido a la relación existente entre la altura y el diámetro, es muy difícil encontrar los casos extremos, pero si en dado caso existieran, sólo se sustituyen sus valores dasométricos en la fórmula que se describe en la esquina inferior izquierda de la tabla.

Para el correcto uso de la fórmula, el diámetro se debe ingresar en centímetros y la altura en metros, ya que la ecuación está diseñada para trabajar con estas dimensionales.

Para la validación de la tabla de volumen se midieron 10 árboles dentro de la misma región y se compararon los datos de volúmenes medidos y estimados. La comparación de estos datos se llevó a cabo por medio de las pruebas de sesgo y de chi-cuadrado siendo los valores de éstas 3.22 y 9.04 respectivamente, los cuales fueron comparados con otros valores obtenidos de estas mismas pruebas para otras tablas de volumen. A continuación, en la Tabla 5, se presentan los datos que se utilizaron para la validación.

TABLA 5: DATOS Y CALCULOS DE VALIDACION DE LA TABLA DE VOLUMEN

#	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen medido	Volumen estimado	$(Ve/Vm-1)^2$
1	21.7	15.5	0.35977	0.35083	0.0006174
2	19.2	10.5	0.1945636	0.18757	0.0012920
3	11.6	14	0.091354	0.08887	0.0007393
4	26.4	14.6	0.5114	0.50001	0.0004960
5	15.7	9.6	0.11894	0.11266	0.0027878
6	25.1	18	0.499557	0.55859	0.0139643
7	22.5	14	0.343408	0.34735	0.0001317
8	10.2	9	0.050006	0.04181	0.0268633
9	18.6	12.2	0.21216	0.20465	0.0012530
10	19.2	13.6	0.17321	0.24433	0.1685922
TOTAL			2.5543686	2.63667	0.2167373

Cálculo de la Prueba de Sesgo:

$$S\% = [(\sum Ve - \sum Vm) / \sum Vm] * 100$$

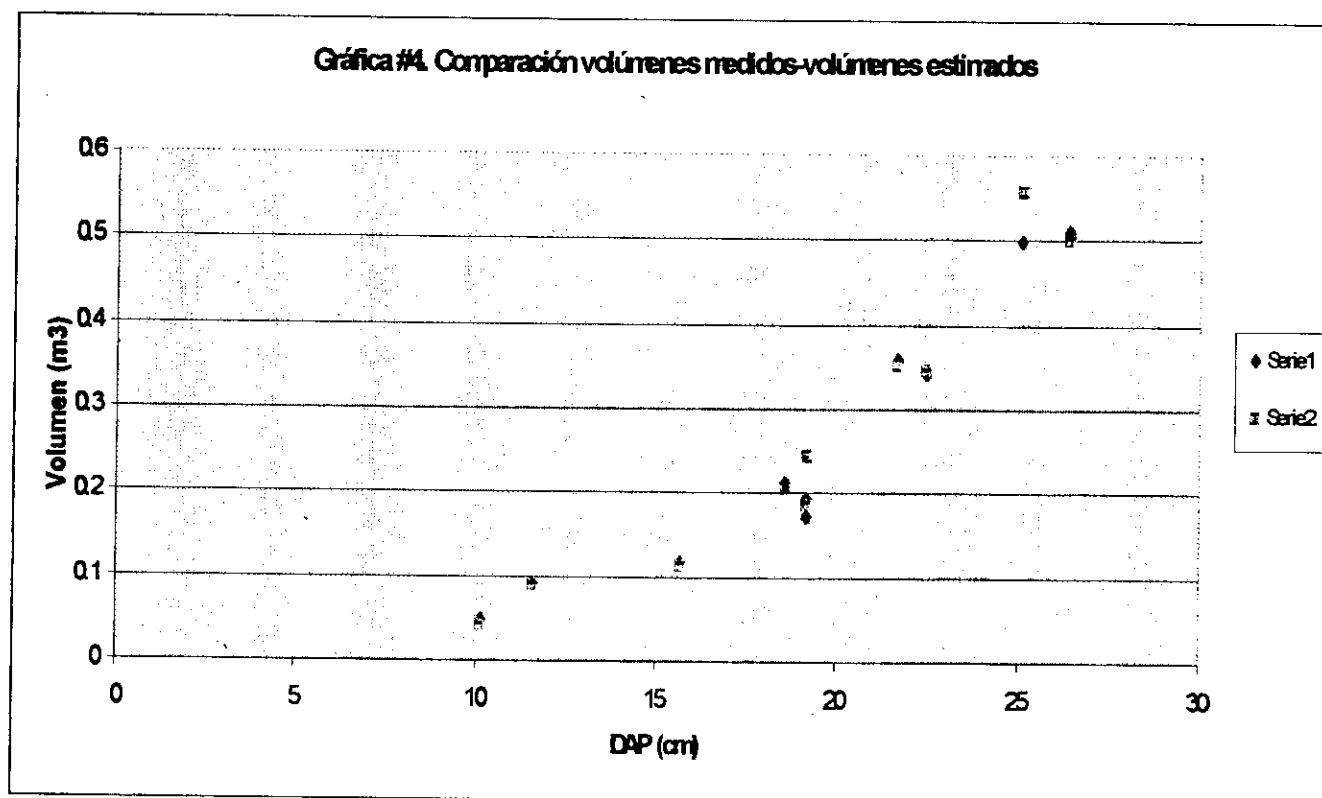
$$S\% = 3.22$$

Cálculo de Chi-cuadrado:

$$E\% = \{[Z^2 * \sum (Ve/Vm-1)^2] / chi\} * 100$$

$$E\% = 9.04$$

De la tabla anterior se deriva la siguiente figura comparativa:



La serie 1 corresponde al volumen medido y la serie 2 al volumen estimado.

IX. DISCUSION

Para la generación de la tabla de volumen se utilizaron 80 árboles, descritos en la tabla 1 en donde se muestran los datos brutos de volúmenes individuales por árbol de la especie en estudio. Se puede observar de los datos anteriormente mencionados que aunque el diámetro de los árboles aumente, la altura llega a un punto en el que se estabiliza o que logra su máximo desarrollo en altura (figura 4), mientras que el volumen sí aumenta al aumentar el diámetro del árbol, es decir, esta relación es directamente proporcional (figura 5). Se determinó que las frecuencias de árboles en las clases diamétricas menores a 50 cm son más abundantes que las mayores a esta medida (figura 6). Esto indica que la tabla es más exacta para la estimación de los volúmenes menores a los 50 cm. La razón de la variabilidad de las frecuencias en las clases diamétricas se debe a la corta selectiva que se ha dado en Guatemala, en donde se han extraído los árboles de mayor diámetro dejando sólo individuos de diámetros pequeños, evidenciándose la ausencia de manejo en el país.

Para la elección del modelo se ingresaron 5 modelos estadísticos al programa computarizado S.A.S. (tabla 2), los cuales fueron escogidos debido a que han sido utilizados en trabajos similares dentro del campo forestal.

El modelo que se seleccionó es uno de tipo cuadrático, siendo $V = a + b (D^2H)$ ya que fue el modelo que presentó un menor cuadrado medio del error, un R^2 mas cercano a la unidad y coeficiente de varianza menor (tabla 3). Los anteriores

parámetros fueron los que determinaron qué modelo se ajustaría más. El cuadrado medio del error indicará que tan bien el modelo describirá al fenómeno. Debe ser el menor ya que entre menor sea éste menor será la distancia entre la línea que describe al modelo y la nube de puntos, por lo que sería el modelo que mejor describiría a los datos obtenidos, para este estudio el cuadrado medio del error fue de 0.00348. Por otra parte, el R^2 nos indicará el grado de relación que tendrá la variable dependiente (volumen) con las variables independientes (DAP y altura), es decir, indicará qué tan influenciada se ve la variable dependiente por las variables independientes. Para este caso, el R^2 fué de 0.9826, lo cual indica que la variable dependiente se ve influenciada en un 98.26% por las variables independientes.

La validación de la tabla utilizó 10 individuos para comparar los volúmenes medidos y estimados. En la figura 7 se puede ver de una manera gráfica la comparación de volúmenes para la validación. Se puede apreciar la poca diferencia que existe entre los datos colectados en el campo y los estimados por la tabla. Para llevar a cabo esta validación se utilizó la Prueba de Sesgo y Chi-cuadrado. La prueba de Sesgo se utilizó para poder determinar la concordancia que existe entre los valores que se midieron en el campo y los estimados por la tabla. La prueba también indica en porcentaje cuanto la tabla subestima o sobrestima el volumen. La tabla de volumen presentada en este trabajo tuvo un sesgo de 3.22% que al compararla con otras tablas de volumen realizadas que se mencionan en el documento de Oscar Ferreira (1995) como la del proyecto INFONAC (-0.14%), Zona

Central (2.6%), FAO (-7.7%) y Reid & Collins (-9.1) se puede ver que es aceptable.

Se utilizó también la prueba de Chi-cuadrado para medir la calidad de la tabla de acuerdo al grado de correspondencia entre los volúmenes estimados y los medidos. La tabla elaborada para este trabajo tiene una exactitud de 9.04% que al compararla con las tablas de INFONAC (10.9%), Zona Central (8.8%), FAO (14.4%) y Reid & Collins (15.3%) es aceptable.

Aunque las dos pruebas mencionadas anteriormente van a dar el mismo tipo de información, es necesario llevar a cabo el cálculo de ambas. La necesidad de realizar las dos pruebas es como para tener una confirmación de los datos que se están evaluando, es como tener dos opiniones distintas acerca del mismo fenómeno. Se escogió llevar a cabo la prueba de Chi-cuadrado ya que ésta incluye más elementos que la prueba de sesgo, por lo que cumple con el objetivo de confirmar la certeza de los datos.

La tabla de volumen es una herramienta que simplifica la cuantificación de las masas boscosas, pero es necesario que se cuente con una cantidad de tablas que abarquen todas las especies existentes en Guatemala y todas las zonas de vida con las que se cuenta en el país para poder tener una cuantificación más precisa de los bosques.

Es necesario que los bosques de Guatemala sean cuantificados mediante el uso de herramientas que fueron elaboradas con información obtenida dentro del país para poder tener una mayor precisión en los datos que se obtengan en el campo.

Mediante el uso de estas tablas los profesionales del área

podrán llevar a cabo la cuantificación de la volumetría de un bosque determinado con una mayor facilidad fomentándose de esta forma la elaboración de planes de manejo, beneficiándose así el sector.

En cuanto a la zona de aplicación de la presente tabla de volumen, se debe tener en cuenta el área que abarca la zona de vida de Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical y no los límites políticos del departamento ya que la zona de vida abarca más que estos límites.

Es importante que cualquier tipo de información referente al sector forestal de Guatemala se encuentre al alcance de todos los que necesiten hacer uso de ésta y que no se les niegue el acceso a esta información.

X. CONCLUSIONES

- Se seleccionó el modelo que mas se ajustó de acuerdo a los parámetros estadísticos de coeficiente de varianza, cuadrado medio del error, r^2 y F siendo éste $V = -0.004699 + 0.000049672 * D^2 * H$.
- Se validó el modelo mediante las Pruebas de Sesgo y Chi-cuadrado para determinar el ajuste del modelo a la realidad.
- Se generó una base de datos de la relación diámetro-altura a partir de la cual se puede obtener el volumen individual para árboles de la especie Quercus brachystachis Benth.

XI. RECOMENDACIONES

- Fomentar este tipo de trabajos en otros sitios y otras especies para que en el futuro se integre la información y se genere una base de datos a nivel nacional.
- Buscar sitios donde existan árboles de diámetros mayores y así lograr una tabla con mayor representatividad.
- Fomentar la elaboración de tablas de volumen para otros sitios y especies.
- Difundir esta tabla de volumen a nivel de la región para la cual se elaboró.

XII. BIBLIOGRAFIA

- Angel, Oscar R. 1981. Datos para la elaboración de tablas de volúmen. INAFOR. Unidad de evaluación y promoción. Departamento de Inventarios Forestales. Guatemala. 27 pp.

- de la Cruz, S. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. MAGA/INAFOR. Unidad de evaluación promoción. Dirección general de servicios agrícolas. Guatemala. 42 pp.

- FAO. 1974. Manual de Inventario Forestal con especial referencia a los bosques tropicales. FAO. Roma. 111 pp.

- FAO. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento; Estimación del volumen. FAO. Roma. vol. 1 y 2. 92 pp.

- Ferreira, O. 1995. Validación de Tablas de Volumen.

- Fresse, F. 1967. Métodos estadísticos elementales para técnicas forestales. Manual de agricultura 317. Publicidad litográfica. México. 104pp.

- Haller, Loetsch, Zohrer. 1973. Forest Inventory. Vol. II. Editorial BLV.Munchen, Alemania. 469 pp.

- I.G.M. 1980. Diccionario Geográfico de Guatemala. Guatemala. Tomo 1. pp 275-290.

- Jiménez, P. 1988. Aplicación de un modelo matemático para elaborar tablas y tarifas de volumen. Reporte Científico Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 43 pp.

- Levin, R. 1988. Estadística para Administradores. Prentice-Hall Hispanoamérica. Traducido de la 4a. ed. en inglés de Statistics for Management. México. 940 pp.

- PAFG. 1996. Distribución departamental de las tierras con vocación forestal en Guatemala. Boletín informativo No. 3 Septiembre/Diciembre.

- PAFG. 1997. Biodiversidad en Guatemala, revisión sintética. Boletín Informativo No. 4 Enero-Abril.

- Ramírez Anleu, C. E. 1996. Elaboración de tablas de volumen local para tres especies forestales latifoliadas con alto valor comercial. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 90 pp.

- Standley, P; Steyermark, J. 1952. Flora of Guatemala. Volume #24, Part III. Chicago Natural History Museum. U.S.A. 432 pp.

ANEXOS

SAS

Model: MODEL1
Dependent Variable: VCC

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	2	14.33941	7.16971	424.010	0.0001
Error	77	1.30202	0.01691		
C Total	79	15.64143			

Root MSE	0.13004	R-square	0.9168
Dep Mean	0.40636	Adj R-sq	0.9146
C.V.	31.99989		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-0.762800	0.05318269	-14.343	0.0001
D	1	0.044547	0.00227173	19.609	0.0001
H	1	0.012388	0.00593799	2.086	0.0403

SAS

Model: MODEL1
Dependent Variable: VCC

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	15.36961	15.36961	4410.332	0.0001
Error	78	0.27182	0.00348		
C Total	79	15.64143			

Root MSE	0.05903	R-square	0.9826
Dep Mean	0.40636	Adj R-sq	0.9824
C.V.	14.52718		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-0.004699	0.00904844	-0.519	0.6050
D2H	1	0.000049672	0.00000075	66.410	0.0001

SAS

Model: MODEL1
Dependent Variable: VCC

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	14.75857	14.75857	1303.901	0.0001
Error	78	0.88286	0.01132		
C Total	79	15.64143			

Root MSE	0.10639	R-square	0.9436
Dep Mean	0.40636	Adj R-sq	0.9428
C.V.	26.18095		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	0.075053	0.01502224	4.996	0.0001
D2H2	1	0.000002757	0.00000008	36.110	0.0001

SAS

Model: MODEL1
Dependent Variable: VCC

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	14.34045	14.34045	859.782	0.0001
Error	78	1.30098	0.01668		
C Total	79	15.64143			

Root MSE	0.12915	R-square	0.9168
Dep Mean	0.40636	Adj R-sq	0.9158
C.V.	31.78139		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-0.261137	0.02695754	-9.687	0.0001
DH	1	0.002280	0.00007777	29.322	0.0001

SAS

Model: MODEL1
 Dependent Variable: VCC

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	13.12506	13.12506	406.839	0.0001
Error	78	2.51637	0.03226		
C Total	79	15.64143			

Root MSE	0.17961	R-square	0.8391
Dep Mean	0.40636	Adj R-sq	0.8371
C.V.	44.20030		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-0.040979	0.02991891	-1.370	0.1747
DH2	1	0.000112	0.00000553	20.170	0.0001