

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EVALUACION DE CUATRO FORMAS, DOS TAMAÑOS FIJOS Y SIETE
TAMAÑOS VARIABLES DE PARCELAS DE MUESTREO PARA INVENTA-
RIOS FORESTALES EN UN BOSQUE DE Pinus occarpa Schrede."

EN SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ"



En el acto de investidura como
INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, octubre de 1986

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(885)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
VOCAL I:	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez Gómez
VOCAL II:	Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL III:	Ing. Agr. Mario Melgar Morales
VOCAL IV:	Br. Luis Molina Monterroso
VOCAL V:	P.A. Axel Gómez Chavarri
SECRETARIO:	Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda A.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

Guatemala 7 de octubre de 1986

Ing. Agr. César A. Castañeda S.
Decano de la Facultad
de Agronomía

Señor Decano:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para hacer de su conocimiento que, atendiendo a la designación que me hiciera ese Decanato, he procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis del estudiante Héctor de Jesús Sandoval Sandoval, titulado: "EVALUACION DE CUATRO FORMAS, DOS TAMAÑOS FIJOS Y SIETE TAMAÑOS VARIABLES DE PARCELAS DE MUESTREO PARA INVENTARIOS FORESTALES EN UN BOSQUE DE Pinus occarpa schiede, EN SAN JERONIMO, - BAJA VERAPAZ".

Considero que el presente trabajo reúne todos los requisitos exigidos por esta Facultad, siendo un valioso aporte para la planificación de los inventarios forestales, por lo que me permito recomendarlo para su aprobación y efectos consiguientes.

Atentamente,


Ing. Agr. Luis A. Castañeda A.
A S E S O R



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....
Asunto.....
.....

7 de Octubre de 1986.

Ing. Agr.
César A. Castañeda S.
Decano de la Facultad
de Agronomía.
Ciudad Universitaria.

Señor Decano:

En atención a la designación que esa Decanatura hiciera a mi persona, me permito informarle que he asesorado al estudiante Héctor de Jesús Sandoval Sandoval, en la ejecución de su trabajo de tesis titulado "EVALUACION DE CUATRO FORMAS, DOS TAMAÑOS FIJOS Y SIETE TAMAÑOS VARIABLES DE PARCELAS DE MUESTREO PARA INVENTARIOS FORESTALES EN UN BOSQUE DE Pinus oocarpa schiede, EN SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ".

En opinión del suscrito, el trabajo en cuestión es muy importante para el manejo de los bosques en el país, ya que sus resultados coadyuvarían a la toma de certeras decisiones en la planificación de los inventarios forestales. Por lo anterior, y habiéndose ajustado a las normas establecidas por la Facultad de Agronomía para este tipo de trabajo, me permito recomendarlo para su aprobación e impresión.

Atentamente,


Ing. Ptal. José María Saravia
A S E S O R

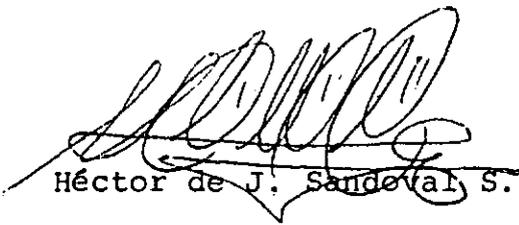
Guatemala,
9 de octubre de 1986

Honorables Miembros
Junta Directiva
Facultad de Agronomía

De conformidad a lo que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado: "Evaluación de cuatro formas, dos tamaños fijos y siete tamaños variables de parcelas de muestreo para inventarios forestales en un bosque de Pinus oocarpa Schiede., en San Jerónimo, Baja Verapaz".

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Héctor de J. Sandoval S.

R
01
T(885)
C.2

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS fuente inagotable de sabiduría y esperanza
- A mis Padres, Carlos Alberto Sandoval Rossil
Telva Sandoval de Sandoval
- A mi Hermano Marco Tulio Sandoval (Q.E.P.D.)
- A mis Hermanos, Miguel Angel, Ramiro Antonio,
Rigoberto, Carlos Alberto,
Benedicto, Dora de Jesús
- A mis Cuñadas: Berta, Esmeralda, Felix,
Rosita, Sonia
- A mis Amigos

TESIS QUE DEDICO

- A mi Patria GUATEMALA
- Al municipio de San Luis Jilotepeque
- A la Universidad de San Carlos de Guatemala
- A la Facultad de Agronomía
- Al Sector Forestal de Guatemala

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS, por permitirme alcanzar los frutos anhelados en el desarrollo de mi carrera estudiantil.

Agradezco a mis compañeros universitarios, en especial a los que conforman la Sub-área de Matemática y Física de la Facultad de Agronomía, por toda la ayuda y comprensión brindada en la búsqueda de mejores horizontes.

A mis Asesores por su desinteresada ayuda en la tarea de estructuración y revisión de la presente tesis.

A la Familia Schwendener Hengstenberg, por su valiosa colaboración en la realización del presente trabajo.

A todos aquellos que directa o indirectamente colaboraron en la realización del presente trabajo.

INDICE GENERAL

<u>TITULO</u>	<u>Pag. No.</u>
Resumen	x
Summary	xi
Indice de cuadros	xii
Indice de figuras	xiii
Listado de abreviaturas	xiv
 <u>CUERPO DEL TRABAJO</u>	
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
3. HIPOTESIS	3
4. REVISION DE LITERATURA	4
4.1 Inventario forestal. Definiciones	4
4.2 Tipos de Muestreo	4
4.3 Tamaño y forma de las unidades de muestreo	5
4.3.1 Parcela de dimensión fija	5
4.3.2 Parcela de dimensiones variables	5
4.3.2.1 Base científica del método	6
4.3.2.2 Descripción y uso del relas- copio de Bitterlich	11
4.4 Intensidad de muestreo	21
4.4.1 Parcelas de dimensión fija	21
4.4.2 Parcelas de dimensión variable	21
4.5 Precisión y exactitud	23
4.5.1 Medidas de precisión	23
4.5.2 Medidas de exactitud	24
4.6 Investigaciones sobre forma y tamaños de parcela	24
5. METODOLOGIA	30
5.1 Ubicación del sitio donde se efectuó la in- vestigación	30
5.2 Accesibilidad	30

.../...

<u>TITULO</u>	<u>Pag. No.</u>
5.3 Selección del lugar	30
5.4 Características generales del área	30
5.4.1 Relieve e Hidrología	30
5.4.2 Clima y suelos	33
5.5 Estratificación de la vegetación arbórea	33
5.6 Delimitación de estratos	34
5.7 Censo de cada estrato	34
5.7.1 Parámetros. Area basal y volumen	34
5.7.2 Costo del censo	38
5.8 Muestreo de Estratos	39
5.8.1 Intensidad del muestreo	39
5.8.1.1 Parcela dimensión fija	39
5.8.1.2 Parcela dimensión variable	39
5.8.2 Método de muestreo	40
5.8.2.1 Distribución de los puntos de muestreo	40
5.8.2.2 Localización de los puntos de muestreo en el campo	42
5.8.2.3 Trazado de las diferentes formas de parcela	42
5.8.3 Variables medidas en el muestreo	44
5.8.4 Obtención de área basal y volumen/tratamiento	45
5.8.4.1 Parcelas de dimensión fija	45
5.8.4.2 Parcelas de dimensión variable	47
5.9 Costo de cada tratamiento	50
5.10 Exactitud de cada tratamiento	51
5.11 Precisión de cada tratamiento	52
5.12 Eficiencia de cada tratamiento	53
5.13 Modelo estadístico utilizado	55
6. RESULTADOS Y DISCUSION	56
6.1 Costos	56
6.2 Exactitud	59
6.3 Precisión	60
6.4 Eficiencia	63
6.5 Discusión general	65
7. CONCLUSIONES	69
8. RECOMENDACIONES	70
9. BIBLIOGRAFIA	71
10. ANEXOS	74

RESUMEN

El presente estudio se realizó en un bosque natural de Pinus oocarpa Schiede, en la finca "Rincón del Sinaque", con coordenadas 15°, latitud norte y 90° 10 minutos longitud oeste y localizado en el municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz, Guatemala. Se compararon formas y tamaños de parcelas de muestreo para inventarios forestales, a fin de determinar cual era más eficiente. Las formas de parcela evaluadas fueron: circular, cuadrada, rectangular y de dimensiones variables; las tres primeras con dos tamaños (500 m² y 1000 m²) y la última con 7 tamaños diferentes (dados por 7 FAB_s); por lo que se evaluaron en total, 13 tratamientos.

La evaluación se realizó en 20 ha. estratificadas con base en densidad, grado de madurez y altura en 4 estratos de 5 ha. cada uno. En cada uno de los estratos se realizó un censo, a fin de determinar los parámetros de área basal y volumen. Se efectuó un muestreo al azar en cada estrato para todos los tratamientos. Se registraron los dap. para las parcelas de dimensión fija y número de árboles contados por giro de 360 grados, para las dimensiones variables, así como el tiempo gastado en cada actividad. Se calculó el área basal por estrato para cada tratamiento, siendo ésta la variable respuesta en que se basó la evaluación de los tratamientos. Se determinó la exactitud y precisión de cada tratamiento por estrato comparando los estimadores proporcionados por éstos con el parámetro de cada estrato; se calculó el costo del tiempo empleado en cada tratamiento; luego basados en la exactitud y el costo, se determinó la eficiencia como una relación entre ambas variables. Finalmente se obtuvo costo, exactitud, precisión y eficiencia de cada tratamiento por estrato. Para cada una de estas variables respuesta se realizó un ANDEVA y luego una prueba de Tukey, para determinar las diferencias entre tratamientos.

El tratamiento más caro fue el que utilizó parcela rectangular de 500 m^2 , con un costo medio de Q.19.65/muestreo y el tratamiento más barato el que utilizó parcelas de dimensiones variables, con FAB de regla constante, con Q.8.25/muestreo.

En cuanto a exactitud, no existió diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, aunque el más exacto fue el tratamiento que utilizó la parcela circular de 1000 m^2 , con 92.80%, y el menos exacto, el que utilizó la parcela de dimensiones variables con FAB 1.0 y 81.8% de exactitud.

La precisión mas alta se obtuvo con la parcela circular de 1000 m^2 con el 82.15% y la menor con el tratamiento que utilizó la parcela rectangular de 500 m^2 , con un 62.34% de precisión.

En cuanto a eficiencia no existió diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos. Aún así se destaca que la parcela circular de 1000 m^2 fue la que promedió la mas alta eficiencia (84.3%) en contraste con el tratamiento que utilizó parcela cuadrada de 500 m^2 , que registró el mas bajo índice de eficiencia (71.1%).

SUMMARY

The present work was done in a Pinus oocarpa Schiede natural forest, located in "Rincon del Sinaque" farm, with coordinates 15° north latitude and 90° 10 minutes west longitude; included in San Joronimo, departament of Baja Verapaz. There were compared shapes and sizes of sampling plots for forestry inventories in order to know which one is the most efficient. The plot shapes evaluated were circular, square, rectangular and the one with variable dimensions; the first three with two sizes (500 m² and 1000 m²) and the last with 7 different sizes (given by 7 FAB_s), therefore 13 treatments were evaluated totally.

The evaluation was performed in 20 ha. stratified based on density, maturity degree and height, resulting in 4 strata of 5 ha. each one. In each stratum a census was done in order to determine the basal area and volume parameters, and also a random sampling for each treatment. Breast high diameters were registered for the dimension fixed plots and number of trees counted for a 360° lap for dimension variable plots, as well as time elapsed in each activity. It was calculated the basal area by stratum for each treatment, being this the answer variable upon which the treatment evaluation was based.

The exactitude and precision of each treatment by stratum was also determined, comparing the estimates given by these with the parameter in each stratum; the cost of time employed in each treatment also was calculated; then based on exactitude and cost it was determined the efficiency as a relation between the two variables.

Finally, it was gotten cost, exactitude, precision and efficiency of each treatment by stratum.

For each one of these answer variables an ANOVA was done and

then a Tuckey test, in order to determine the differences among treatments. The most expensive treatment that was performed was the one using rectangular plots of 500 m^2 , with an average cost of Q. 14.65/sampling, and the cheapest treatment was one used with variables dimensions for each plot following the BAF constant rule with Q. 8.25/ sampling.

With regard to accuracy, there was no significant statistical difference among treatments, although the most accurate was the treatment that used a circular plot of 1000 m^2 , with 92.8% accuracy and the least accurate was the one using variable dimension per plot with BAF 1.0 and 81.8% accuracy.

The highest precision was obtained with the circular plot with 1000 m^2 with 82.15% and the least one with the treatment that used a rectangular plot of 500 m^2 , with 62.34% precision.

With regard to efficiency there was no significant statistical difference among treatments. It is an outstanding fact that the circular plot of 1000 m^2 was the one that averaged the highest efficiency (84.3%) in contrast with the treatment that used the square plot of 500 m^2 that registered the lowest efficiency value (71.1%).

INDICE DE CUADROS

No. de Cuadro:

Pag. No.

1.	Relación entre las bandas del relascopio y sus respectivos factores de numeración	18
2.	Conteos/ha. recomendados por Bitterlich, para parcelas de dimensiones variables	22
3.	Tiempo y costo/tratamiento/ estrato	57
4.	Prueba de Tuckey de medias de costos	58
5.	Exactitud de área basal en por- centaje/tratamiento/estrato	59
6.	Exactitud promedio de área basal/ tratamiento	60
7.	Precisión en porcentaje de área basal/tratamiento/estrato	61
8.	Prueba de Tuckey de medias de precisión	62
9.	Eficiencia total por tratamien- to/estrato	63
10.	Eficiencia total media de área basal/tratamiento	64

A N E X O S

No.

1. Tiempo y costos utilizados en la delimitación de cada estrato.
2. Boleta para el registro de dap y altura del censo de cada estrato.
3. Modelos de regresión dap-altura y coeficientes de forma y densidad de cada estrato.
4. Boleta para registros de tiempo de ubicación, medición, trazado, cómputo de cada forma de parcela de cada tratamiento.
5. Boleta de registro de diámetros en el muestreo con las parcelas de dimensión fija
6. Boleta de registro de conteo de árboles y diámetros de los 5 árboles más próximos con las parcelas de dimensiones variables.
7. Boleta para el registro de área basal y volumen por tratamiento.
8. Exactitud de volumen en porcentaje/tratamiento/estrato
8. Exactitud media de volumen/tratamiento
9. Precisión de volumen/tratamiento/estrato
9. Precisión media de volumen/tratamiento

No.

10. Eficiencia total de volumen/tratamiento/estrato
10. Eficiencia total media de volumen/tratamiento
11. Coeficiente de variación de área basal/tratamiento/
estrato
11. Coeficiente de variación media/tratamiento

INDICE DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Pag. No.</u>
1	Visualización de un árbol por el procedimiento de parcelas de dimensión variable	6
2	Reloscopio simple	7
3	Cuña de vidrio o prisma	7
4	Reloscopio de Bitterlich	12
5	Bandas del reloscopio de Bitterlich	14
6	Campo óptico del reloscopio de Bitterlich	15
7	Visualización en un punto de muestreo por el método de parcelas de dimensiones variables	17
8	Ubicación del departamento de Baja Verapaz	31
9	Ubicación de la finca y vías de acceso dentro de departamento de Baja Verapaz	32
10	Mapa de estratificación de la cubierta vegetal	35
11	Vías de acceso, colindancias y ubicación de los estratos dentro de la finca	36

.../...

Figura No.

Pag. No.

12	Matris de distribución de puntos de muestreo por estrato	41
13	Trazado de parcela circular	43
14	Trazado de parcela rectangular	43
15	Trazado de parcela cuadrada	44
16	Representación de costo, exactitud, precisión y eficiencia de los tratamientos	66

LISTADO DE ABREVIATURAS

<u>Abreviatura</u>	<u>Significado</u>
- C	Costo en Quetzales
- E	Exactitud en porcentaje
- EF	Eficiencia
- EFC	Eficiencia de costo
- EFE	Eficiencia de exactitud
- EFT	Eficiencia total
- Ent.	Entero
- dap	Diámetro a la altura del pecho
- FAB	Factor de área basal
- FAB 1.0	Factor de área basal dado por la banda de los $l = 1$
- FAB 1.1	Factor de área basal dado por la banda de los $l + 1$ banda estrecha = $1 + 9/16$
- FAB 1.2	Factor de área basal dado por la banda de los $l + 2$ bandas estrechas = $2 + 1/4$
- FAB 1.3	Factor de área basal dado por la banda de los $l + 3$ bandas estrechas = $3 + 1/16$
- FAB 2.0	Factor de área basal dado por la banda de los $2 = 2$
- FAB 1.4	Factor de área basal dado por la banda de los $l + 4$ bandas estrechas = 4
- g	Area basal por árbol
- G	Area basal por unidad de superficie
- \bar{G}	Area basal media por unidad de superficie
- G/ha	Area basal por hectárea

AbreviaturasSignificado

- H	Altura
- \bar{H}	Altura media
- ha	Hectárea (s).
- m	Metros
- msnm	Metros sobre el nivel del mar
- T	Tiempo en horas, minutos y segundos
- Tg	Tangente
- Tot.	Total
- v	Volumen por árbol
- V	Volumen por unidad de superficie
- \bar{V}	Volumen medio por unidad de superficie

1. INTRODUCCION

Para llevar a cabo un manejo racional del bosque, es necesario conocer características cualitativas y cuantitativas del mismo. El conocimiento de muchas variables que caracterizan un bosque se logra a través de la realización de inventarios forestales. Esta actividad requiere de significativa inversión de recursos y de su exactitud para describir cuantitativamente las variables del bosque; depende el éxito del manejo de éste.

En un inventario forestal dentro de ciertos límites, existen dos variables mutuamente dependientes: la exactitud y el costo; por lo que la eficiencia de un inventario se determina en base a éstas. Además del método de muestreo utilizado, influye en la relación exactitud-costo, la forma y el tamaño de la parcela que se use; es en la evaluación de esta segunda afección donde el presente trabajo pretende dar su contribución. El trabajo se hizo con la finalidad de encontrar qué formas y tamaños de parcela utilizadas en un inventario forestal, satisfacen a bajo costo la mínima exactitud aceptable. Se compararon las formas de parcela circular, rectangular, cuadrada y de dimensiones variables (las tres primeras con dos tamaños distintos, 500 m^2 y 1000 m^2 y la última con 7 factores diferentes de área basal), teniendo en total 13 tratamientos de muestreo. El método de muestreo que se utilizó fue el simple al azar y la variable respuesta analizada para cada uno de los tratamientos fue el área basal en m^2 . De cada tratamiento se evaluó el costo, la exactitud, la precisión y la eficiencia; esta última dada por la relación entre las dos primeras.

La investigación se realizó en la finca "Rincón del Sinaque" del municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz; en un bosque de Pinus oocarpa Schiede en un área total de 20 ha. El trabajo de campo se realizó de noviembre de 1985 a abril de 1986.

2. OBJETIVOS

General:

- Establecer la eficiencia que presentan las formas de parcelas circular, rectangular, cuadrada y de dimensiones variables, mediante la relación exactitud-costo, en el desarrollo de un inventario en un bosque natural de pino.

Específicos:

1. Determinar cuál de las formas y tamaños de parcelas evaluadas resulta más económica en el desarrollo de un inventario en un bosque natural de pino.
2. Determinar qué forma y tamaño de parcela de muestreo estudiada, ofrece la mayor exactitud en un inventario en un bosque natural de pino.
3. Determinar qué forma y tamaño de parcela de muestreo presenta la mayor precisión en un inventario en un bosque natural de pino.
4. Determinar qué forma y tamaño de parcela de las estudiadas, presenta la mayor eficiencia en el desarrollo de un inventario en un bosque natural de pino.

3. HIPOTESIS

1. Por lo menos uno de los tratamientos evaluados es significativamente diferente, en cuanto a costo, a los demás.
2. Por lo menos uno de los tratamientos evaluados es significativamente diferente, en cuanto a exactitud, a los demás.
3. Por lo menos uno de los tratamientos evaluados es significativamente diferente, en cuanto a precisión, a los demás.
4. Por lo menos uno de los tratamientos evaluados es significativamente diferente, en cuanto a eficiencia, a los demás.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Inventario Forestal. Definiciones:

Un inventario forestal, es una prueba que describe la cantidad y calidad de los árboles forestales y muchas de las características del área sobre la cual los árboles están produciendo (14).

Desde un punto de vista muy general, se puede decir que el objetivo de un inventario forestal, es "proporcionar información para la planeación y control de la producción forestal". Tomando otro ángulo se puede decir que el objetivo es "proporcionar información necesaria para tomar decisiones con respecto a políticas y programas futuros". (25).

4.2 Tipos de Muestreo:

Básicamente se pueden considerar los tipos de inventarios más usados en las siguientes categorías:

A. Muestreo con Probabilidad:

1. Muestreo al azar, simple.
2. Muestreo estratificado al azar.
3. Muestreo multiprogresivo.
4. * Muestreo multifase.
5. Muestreo con probabilidades variables.
6. Muestreo por conglomerados.

B. Muestreo no al Azar:

1. Muestreo selectivo
2. Muestreo sistemático

(13)

Ultimamente se ha estado utilizando el muestreo bietápico y también el muestreo por conglomerados; este último para inventarios nacionales o regionales.

El muestreo aleatorio basado en eventos estrictamente al azar, se ha empezado a usar ampliamente, desde hace algunos años, debido a la necesidad que existe de conocer la precisión de los muestreos, a través de la determinación del error de muestreo (25).

4.3 Tamaño y Forma de las Unidades de Muestreo:

Al efectuar un inventario forestal de muestreo, además del tipo de muestreo que se va a utilizar, es de suma importancia considerar la forma y el tamaño que tendrán las parcelas que servirán como unidades muestrales. En cuanto a esto, existen dos tipos generales de parcela.

4.3.1 Parcela de Dimensión Fija:

Son aquellas que tienen una medida singular y se trazan con cinta. La forma de las mismas puede ser cuadrada o rectangular, siendo los tamaños más utilizados los de 500 m^2 y 1000 m^2 ; en México han tenido una notable preferencia a las parcelas circulares, sobre todo las de 1000 m^2 (23).

4.3.2 Parcela de Dimensiones Variables:

En esta clase de muestreo no se usan parcelas de tamaño fijo, sino que se usa un procedimiento donde el número de árboles que entran en el muestreo, depende del diámetro de los árboles y de la distancia a la que se encuentren del punto de observación, de manera que a este método se llama proporcional al tamaño (22).

Este procedimiento permite determinar el área basal de una superficie forestal y, adaptando un procedimiento para determinación de alturas, se puede estimar también el volumen.

El procedimiento se basa en la teoría descubierta por Bitterlich en 1947, que permite estimar, entre otras cosas, áreas basimétricas de superficies forestales. El procedimiento es llamado método de numeración angular o también método de parcelas de dimensiones variables. Se basa en el postulado de Bitterlich, el cual puede enunciarse así: "el número de árboles N de un poblado, cuyo dap a partir de un punto fijo aparece superior a un valor dado (α) constante, es proporcional a su área basal por ha". (22).

Ese valor α es el ángulo de visada que puede ser generado con un relascope sencillo, con un prisma o con un relascope complejo, como el relascope de Bitterlich (ver figuras 2, 3 y 4), mediante la relación de un ancho de mira (l) y una longitud de la barra (L).

4.3.2.1 Base Científica del Método:

La base matemática del método, se presenta a continuación:

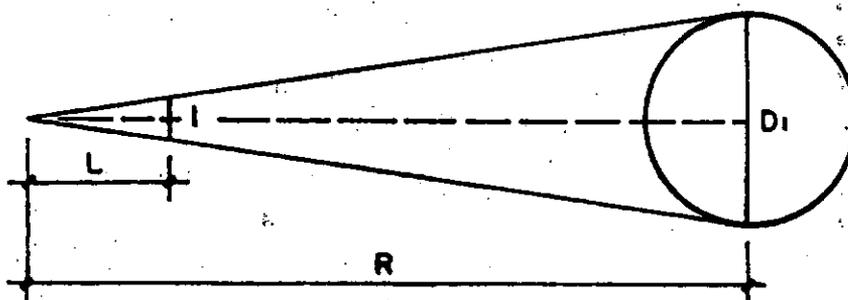


Figura 1. Visualización de un árbol por el procedimiento de parcelas de dimensiones variables.

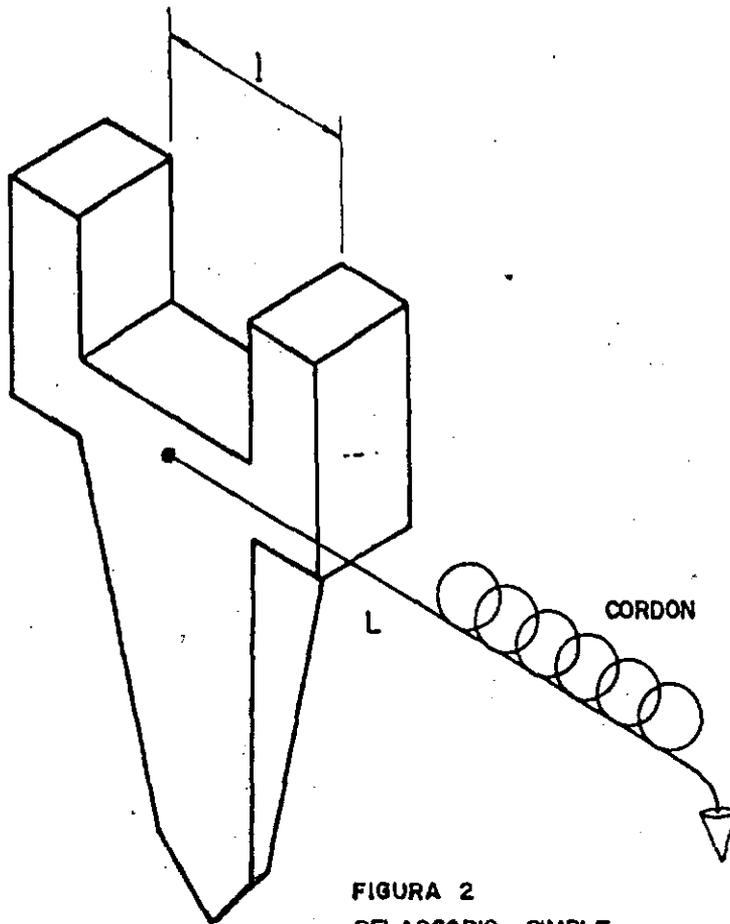


FIGURA 2
RELASCOPIO SIMPLE
Escala Natural

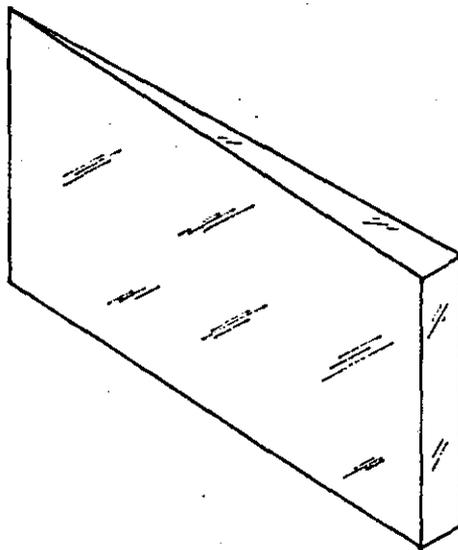


FIGURA 3
CUÑA DE VIDRIO
Escala Natural

De la figura 1, tenemos:

D_1 = dap del árbol

R = Distancia del observador al árbol

l = Ancho de mira

L = Distancia del ojo a la mira o longitud de la barra.

Por semejanza de triángulos $D_1/R = l/L$, entonces $R = LD_1/l$; luego se tiene que:

- La superficie de la parcela que genera R (valor de distancia del observador al árbol para el cual la semejanza de triángulos se cumple) es:

$$S_1 = \pi R^2 = \pi \left(\frac{D_1 L}{l} \right)^2$$

- La superficie del árbol con D_1 es $g = \frac{\pi D_1^2}{4}$

- La superficie de los n_1 árboles con D_1 dentro de S_1 , será:

$$n_1 \frac{\pi D_1^2}{4}$$

Pero esta superficie de los n_1 árboles, se encuentra dentro de la superficie que genera el radio R o sea S_1 ; por lo que para ha. o sea 1000 m^2 , se tendrá un área basal G_1 dada por la siguiente relación:

$$n_1 \frac{\pi D_1^2}{4} \dots\dots\dots S_1$$

$$G_1 \dots\dots\dots 10000 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$G_1 = \frac{10000 \text{ m}^2 \times n_1 \frac{\pi D_1^2}{4}}{S_1}$$

Sustituyendo S_1 , tenemos:

$$G_1 = \frac{10000 \text{ m}^2 \times n_1 \frac{\pi D_1^2}{4}}{\pi \left(\frac{L}{l} \right)^2}$$

Luego $G_1 = 25000 \frac{l^2}{L^2} n_1$

Donde n_1 es el número de árboles contados de D_1 . Esto quiere decir que el área basal por ha. de los árboles de D_1 es igual al número de árboles contados por un factor llamado FAB que viene dado por la relación siguiente:

$$FAB = 2500 \frac{l^2}{L^2}$$

De donde el FAB depende de la relación entre l (ancho de mira) y L (distancia del ojo a la mira o longitud de la barra); de aquí que ajustando diferentes relaciones entre l y L , se puede obtener diferentes FABs. Por ejemplo,

para un FAB 1, entonces $1 = 2500 \frac{l^2}{L^2}$

De donde $\frac{1}{2500} = \frac{l^2}{L^2} = \frac{l^2}{50^2}$

Por lo que l debe tener un ancho de l y L un largo de 50.

Para un FAB 2 debemos tener una relación $\frac{1}{35.35}$

y de la misma manera para diferentes FAB_s que se quieran.

Retomando nuevamente G_1 vemos que este valor significa el área basal por ha. para los árboles de D_1 , si se quiere el área basal por ha. para los demás diámetros que existen en el rodal, se establece la misma relación:

$$G_2 = 2500 \frac{1^2}{L^2} \times n_2$$

.

.

.

$$G_n = 2500 \frac{1^2}{L^2} \times n_n$$

y luego el área basal total por ha. vendrá dada por :

$$G/ha. = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

$$G/ha. = 2500 \frac{1^2}{L^2} \times n_1 + 2500 \frac{1^2}{L^2} \times n_2 + \dots + 2500 \frac{1^2}{L^2} n_n$$

$$G/ha. = 2500 \frac{1^2}{L^2} (n_1 + n_2 + \dots + n_n)$$

$$G/ha. = 2500 \frac{1^2}{L^2} \times N$$

De donde tenemos que $G/ha. = FAB \times N.$

Resulta fácil darse cuenta que para estimar $G/ha.$ únicamente se selecciona un FAB y se multiplica

el número de árboles visados por este factor. Este factor FAB puede obtenerse con un relascopio sencillo hecho a mano (figura 2), con una cuña de vidrio o prisma (figura 3) o en mejor forma, con un relascopio de Bitterlich (figura 4).

4.3.2.2 Descripción y uso del Relascopio de Bitterlich:

El relascopio de espejos de Bitterlich es un aparato pequeño de fácil transporte y manejo, permite hacer innumerables determinaciones, siendo la más importante la determinación de área basal por hectárea (G/ha). (22)..

Según Bitterlich, citado por Alves (22), está constituido por una caja metálica de dimensiones: 13 cms. de largo; 6.5 cms. de ancho; y 3.5 cms. de grosor; con un peso aproximado de 400 gramos, es de sostén unimano llevando en la base un orificio para adaptarle un trípode, en el caso de mediciones más precisas.

Básicamente está constituido por las siguientes partes (figura 4):

- a. Placa metálica para el asombramiento, es mobible y se emplea en los contrasoles.
- b. Objetivo orificio de puntería, dá el campo de observación.
- c. Ventanas de iluminación, son esmeriladas circulares, iluminan el interior.

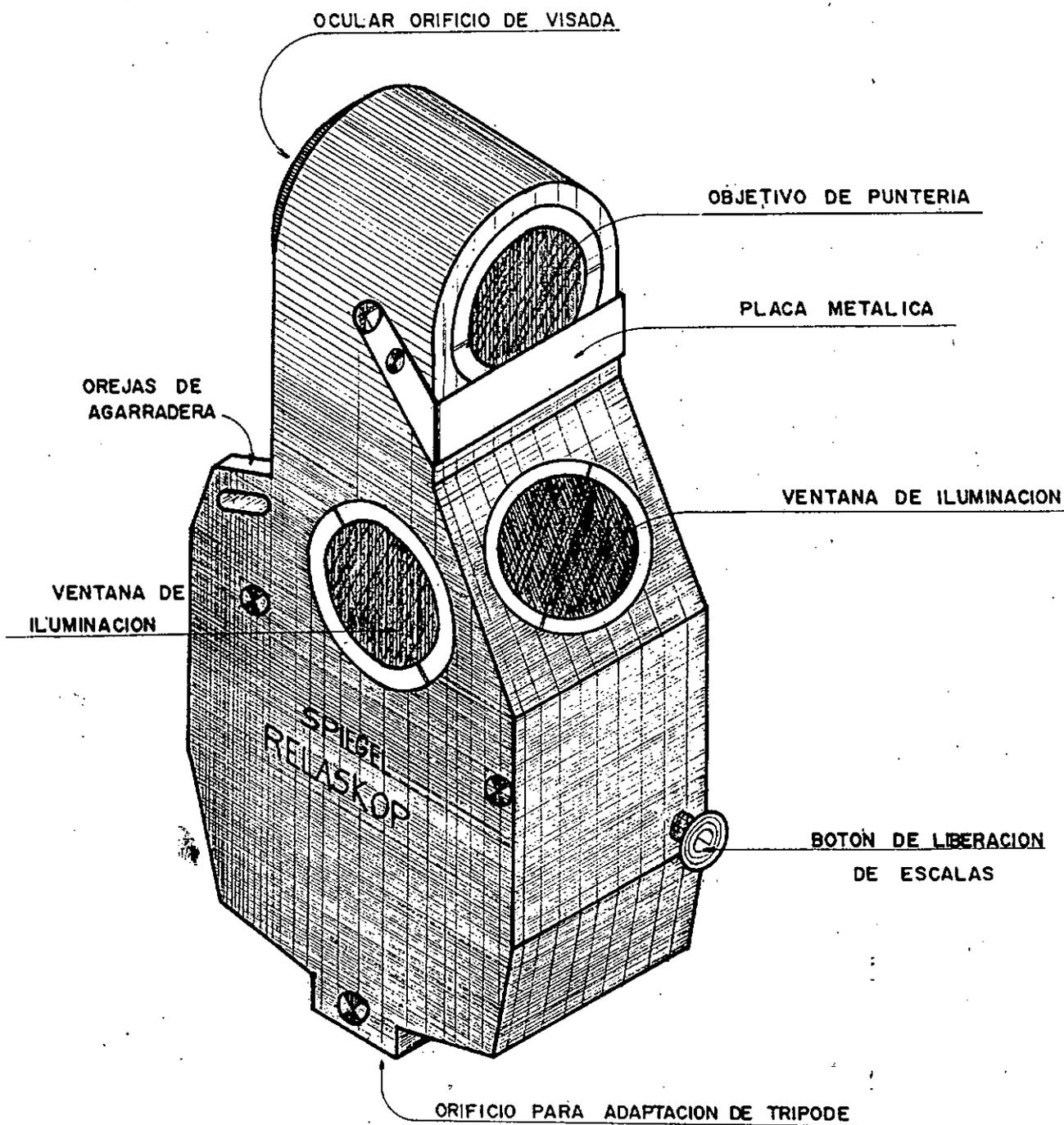


FIGURA 4
Relascopio de Bitterlich
Escala Natural.

- d. Ocular orificio de visada
- e. Botón de liberación de escalas.
- f. Orificio para adaptación de trípode.
- g. Orejas de agarradera.

Internamente el aparato posee un tambor metálico, donde están insertas las escalas dispuestas en pequeñas franjas blancas verticales, sobre un fondo negro debidamente graduadas. Pueden ser divididas en tres grupos principales (figura 5).

- a. Escalas hipsométricas: son usadas para determinar alturas a distancias de 15, 20, 25 y 30 m. de distancia del observador.
- b. Escalas de distancias: para determinación indirecta de distancias horizontales fijas de 15, 20, 25 y 30 m.
- c. Escalas de numeración: son las llamadas bandas de numeración responsables de la evaluación del área basal.

Todas estas escalillas aparecen al ojo del observador en el campo visual del aparato, que se presenta como un círculo dividido por un diámetro horizontal; teniendo en la parte superior el campo seleccionado por el objetivo y en el inferior las escalillas (figura 6).

4.3.2.2.1 Medición de Areas Basimétricas:

Para esto se utilizan las bandas uno y dos y las

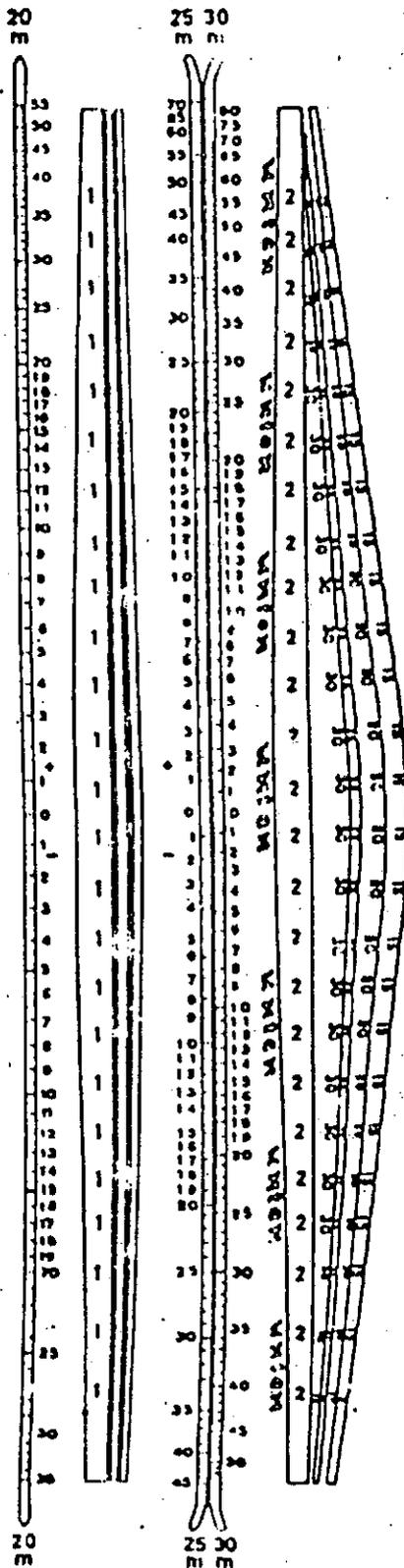


Figura 5.
Bandas del Relascope de Bitterlich

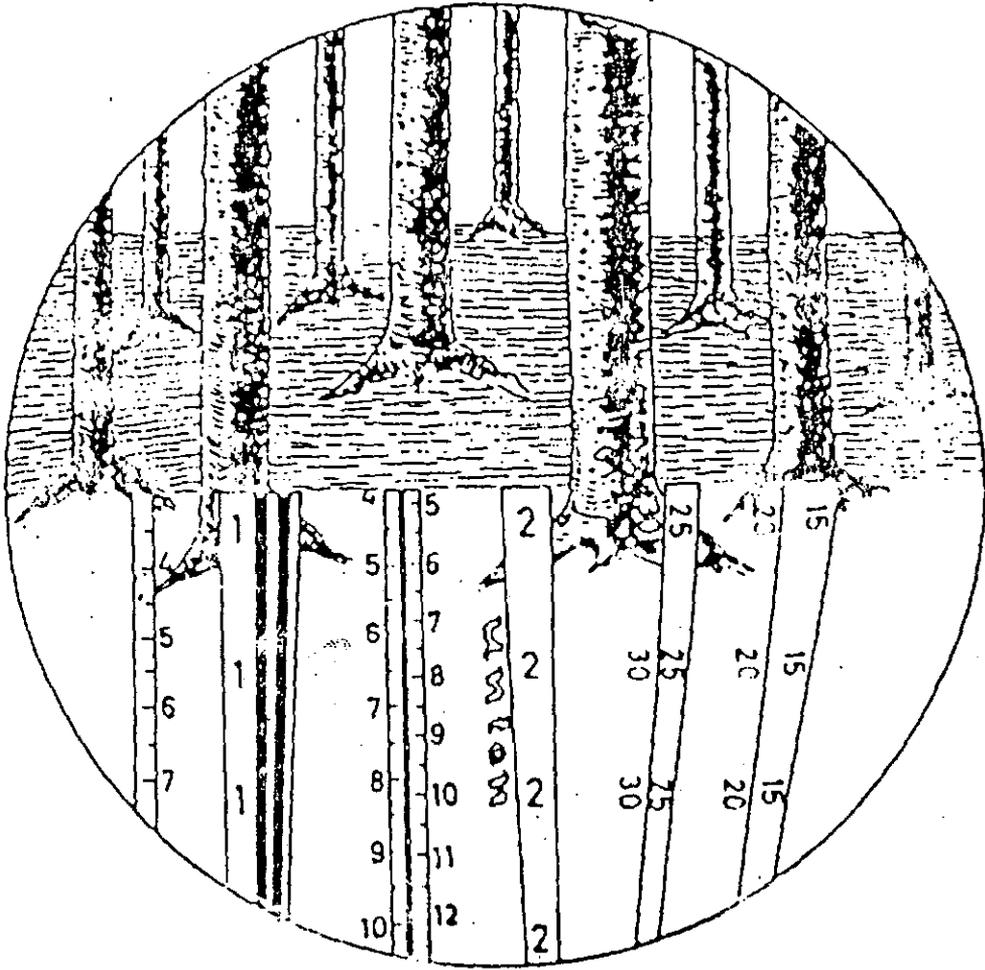


Figura 6

Campo Optico del Relascope de Bitterlich

cuatro bandas estrechas a la derecha de la banda uno (ver figura 5). Cada una de estas bandas, se utiliza por separado o combinadas entre ellas para obtener diferentes constantes instrumentales (FAB_s). Para operar el operador, se coloca en un punto seleccionado con anterioridad y con el FAB seleccionado (dado por la banda o bandas a usar) dirige la visual a la altura del dap; el ancho de la banda o bandas, se toma sobre el diámetro horizontal que divide el campo visual, se presiona el botón para dejar libres las escalillas y corregir al mismo tiempo la pendiente. Se efectúa un giro de 360 grados y se cuentan los árboles con dap superior al ángulo generado por el FAB escogido, los que quedan tangentes se toman como medios árboles en el conteo (ver figura 7).

Por ejemplo en el conteo de la figura 7, se tienen dos árboles cuyos daps sobrepasan el ángulo de visada (identificados con 1); un árbol tangente (identificado con 1/2) y dos árboles cuyos daps son menores que el ángulo de visada (identificados con x), por lo que el conteo es 2.5 árboles; de donde el área basal por hectárea (G/ha) vendrá dada por $2.5 \times FAB$ usado; ejemplo: si se usó un FAB 1 se tiene que $G/ha = 2.5 \times 1$

$$G/ha = 2.5 \text{ m}^2.$$

Si se utiliza la banda uno, mas una banda estrecha, se tiene un $FAB = 1.5625$, donde $G/ha = 2.5 \times 1.5625$; entonces, $G/ha = 4,6875 \text{ m}^2$.

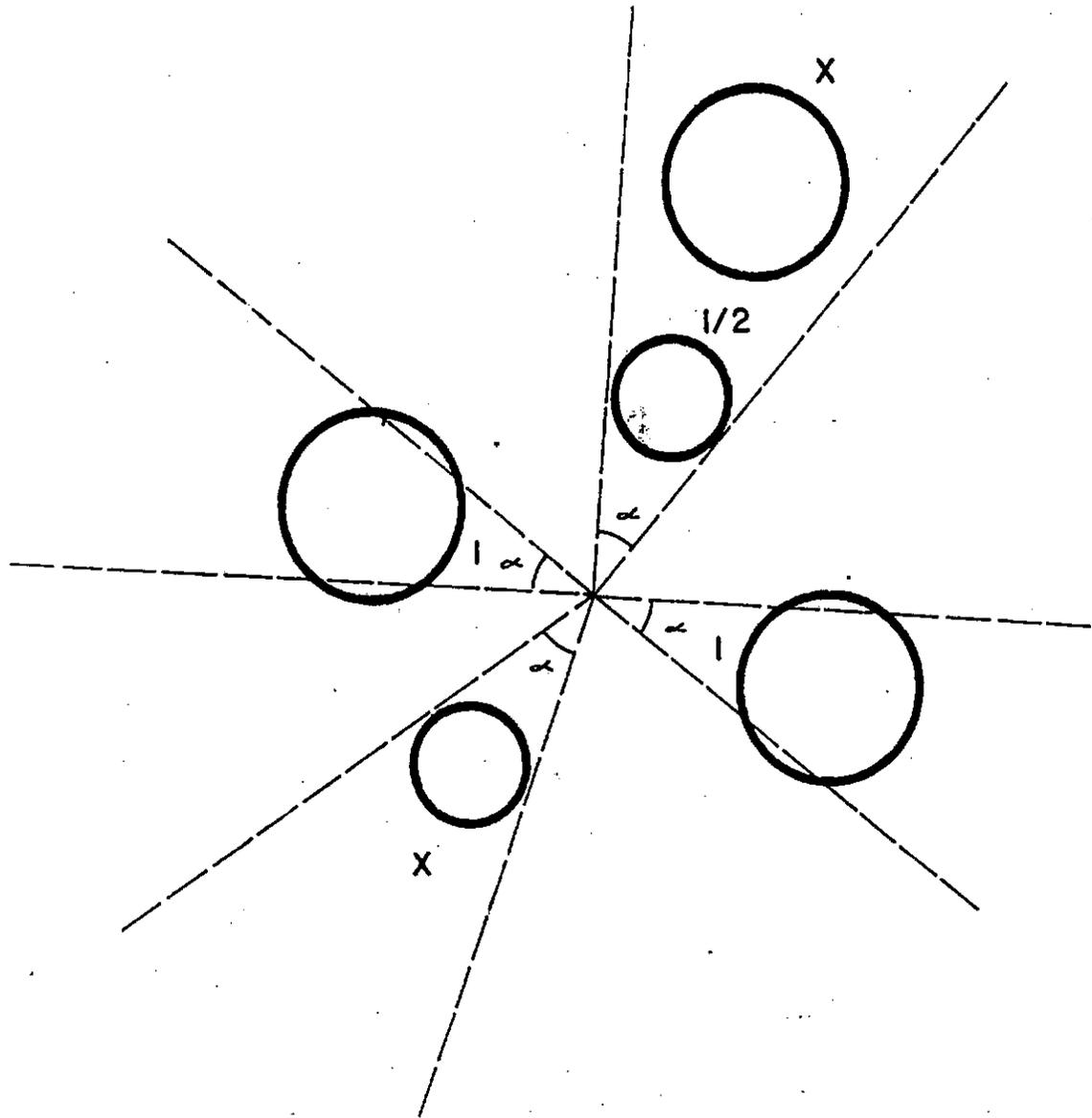


FIGURA 7
Visualización en un Punto de Muestreo

En el siguiente cuadro aparecen la relación entre bandas y sus respectivos FAB_s .

Cuadro 1. Relación entre las bandas del relascopio y sus respectivos FAB_s de acuerdo con Eliseu, Pinto, Toulson y Filayson, citados por Alves (22).

B A N D A S	FAB
1 Banda estrecha	1/16
2 Bandas estrechas	1/4
3 Bandas estrechas	9/16
Banda de los uno = 4 bandas estrechas	1
Banda de los 1 + 1 banda estrecha	1+9/16
Banda de los dos	2
Banda de los 1 + 2 bandas estrechas	2+1/4
Banda de los 1 + 3 bandas estrechas	3+1/16
Banda de los 1 + 4 bandas estrechas	4

Teóricamente se sabe que el uso de estas bandas o factores de numeración (FAB_s), no puede ocurrir de modo indiscriminado; el uso de una u otra banda, va a depender principalmente de las siguientes características:

- a. Homogeneidad del rodal
- b. Densidad del rodal
- c. Variación de diámetros
- d. Agudeza visual del operador
- e. Firmeza y práctica del operador

Si un operador trabaja en un rodal denso con una banda estrecha, tiene los siguientes inconvenientes: el número de árboles contados es demasiado elevado, pudiéndose inclusive causar error en el conteo; aumenta la probabilidad de no contar árboles poco visibles. Por otro lado, si un operador utiliza una banda muy ancha (FAB muy grande) correrá el riesgo de contar solo uno o dos árboles en cada giro de 360 grados.

Algunos autores recomiendan como regla general para elegir el FAB adecuado, basarse en el área basal del rodal; estableciendo los siguientes límites:

G/ha mayor que 40 m^2 FAB 4
G/ha entre $20-40 \text{ m}^2$ FAB 2
G/ha menor que 20 m^2 FAB 1

Husch, citado por Alves (22), basándose en el postulado de Bitterlich, sugiere que el número (N) de árboles a contar sea igual a 10 y consecuentemente el factor a utilizar vendrá dado por $\text{FAB} = \frac{G}{\text{ha}}$.

10

Algunos otros autores con Dilworth y Bell, citados por Wensel (26) proponen un FAB que resulta de contar 4-8 árboles por punto de observación en cuyo caso el FAB es variable, ya que es elegido en cada punto de observación a manera que dé el conteo de árboles deseado (4-8 que se considera lo adecuado que se debe contar en un gi-

ro de 360 grados), a este procedimiento se le llama regla de conteo constante.

4.3.2.2.2 Medición de Alturas:

El principio básico como en el Blume-Leiss, se basa en la resolución de triángulos rectángulos en función de la distancia que separa al observador del árbol. Después de situados a la distancia conveniente, se visa por la escalilla correspondiente a esta distancia la copa y la base del árbol; se suman o se restan estas lecturas, según que sus números visados estén en el sitio opuesto o en el mismo sentido, de esta manera se obtiene de forma rápida la altura (21).

4.3.2.2.3 Medición de Distancias Horizontales:

Se utilizan las escalas situadas a la derecha de la palabra UNTEN, se visa con la escalilla una mira previamente dispuesta de 2 metros de altura en cuya mitad debe llevar una clara señal que se hace coincidir con el diámetro horizontal que divide en dos el campo visual del aparato, con esto se corrige la pendiente que puede existir para leer automáticamente la distancia.

Las distancias que se pueden medir son: 15, 20, 25 y 30 m. y serán aquellas que separen al observador de la mira de 2 m., cuando esta mira coincida: la base de ella, siempre con la línea que aparece en el aparato por encima de la palabra UNTEN en una posición donde la palabra se lea correctamente y coincidiendo el extremo superior de la mira con las distintas líneas que aparecen

por encima de los números 15, 20, 25 y 30, que se deberán leer correctamente (21).

4.4 Intensidad de Muestreo:

4.4.1 Parcelas de Dimensiones Fijas:

La densidad de muestreo, se define como el número de parcelas que es necesario muestrear para obtener un valor representativo de la población. Para calcular el número de muestras, se usa la fórmula:

$$n = \frac{N \cdot T^2 \cdot C^2}{Na^2 + T^2 C^2} \quad \text{Cuando } N \text{ es mayor o igual a } 30$$

$$\text{Entonces: } \frac{T^2 C^2}{N} \text{ se desprecia y queda } n = \frac{T^2 C^2}{a^2}$$

Donde:

n = Número de parcelas a muestrear

N = Tamaño del rodal expresado en número de parcelas

T = Coeficiente de seguridad según t de Student

C = Coeficiente de variación en lugar de varianza

a = Porcentaje de error en el inventario, se expresa en decimales.

El coeficiente de variación C puede estimarse mediante un pequeño premuestreo previo (11).

4.4.2 Parcelas de Dimensiones Variables:

Los factores que afectan la intensidad de muestreo pa

4.5 Precisión y Exactitud:

Los términos "Precisión" y "Exactitud" son a menudo usados indistintamente, incluso como sinónimos, cuando en realidad no lo son. En medición forestal, la precisión significa el grado de concordancia entre una serie de medidas obtenidas en condiciones iguales, mientras que en un muestreo la exactitud se refiere a la medida de la desviación entre el estimador de muestreo y el valor real de la población. Así se tiene que un estimador puede ser muy preciso y tener un grado muy bajo de exactitud, debido a que uno o más errores de terminados no se han tenido en cuenta (13).

4.5.1 Medidas de Precisión:

La desviación media de un estimador es la media de las desviaciones de las medidas que permiten determinarlo.

$$d = \frac{\sum X_i}{n}$$

Donde:

X_i = Diferencia del valor i con respecto a la media
o sea $X_i = x_i - \bar{X}$

n = Número de datos

Sin embargo, frecuentemente es más importante conocer la precisión o grado de confianza, de la media que las medidas aisladas. Puede demostrarse que la desviación media del valor medio D es numéricamente igual a la desviación media de una medida aislada por la raíz cuadrada del número de medidas efectuadas:

$$D = \frac{d}{\sqrt{n}}$$

A veces se emplea la desviación standar como una medida de la precisión y se considera que es más confiable. La desviación standar (s) de una medida aislada se obtiene extrayendo la raíz cuadrada de las desviaciones individuales por el número de determinaciones menos una:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i)^2}{n-1}}$$

4.5.2 Medidas de Exactitud:

La exactitud de un valor individual, puede obtenerse como la desviación de ese valor, respecto del valor verdadero o parámetro considerado como tal (ya que el valor verdadero no es medible).

$$EX_i = X_i - \bar{X}$$

Donde:

X_i = Valor individual o estimador

\bar{X} = Parámetro o la media

4.6 Investigaciones sobre Forma y Tamaños de Parcelas:

Escarpita (9), analizó la eficiencia de los sitios de dimensiones fijas y de dimensiones variables y no encontró diferencia en los resultados de ambas variables.

FOUNTAIN (10) comparó 5 factores métricos de área basal (1, 2, 2.5, 3 y 4 metros²/árbol contado) con 3 intensidades de muestreo (10, 20 y 40 puntos) para 16.14 ha. de pino en un rodal de Arkansas. Solo 5 de las 15 combinaciones posibles de factores de área basal e intensidades de muestreo mostraron estimadores razonables de la verdadera distribución del área ba-

sal. Estos factores fueron 1, 2, 2.5 y 3 a 40 puntos cada uno y el factor 1 para 20 puntos.

Estas combinaciones mostraron un error de estimación respecto al parámetro menor del 10%, siendo menores las estimaciones para el FAB 1, tanto de 20 como de 40 puntos.

JUAREZ (14), reportó que el sitio de muestreo de forma circular y de 500 metros presenta mayor eficiencia; basó su evaluación en las variables: volumen por hectárea y tiempo de muestreo.

KULOW (15) en tres bosques distintos aplicó tres alternativas de muestreo: simple al azar, sistemático y sistemático con principio aleatorio; comparó 6 formas de sitios de muestreo y 6 tamaños de sitio. La exactitud se probó por la diferencia entre la media obtenida por muestreo y la media verdadera de la población, al final se inclinó por el método de muestreo al azar.

ODERWALD (17), manifiesta que el muestreo puntual y por parcelas son equivalentes. Los dos métodos son implementados por el mismo procedimiento de muestreo. Tomándoseles como un método singular, puede promoverse el entendimiento de ambos y ayudar a asegurar que cada cual sea usado con la mejor ventaja. Las diferencias entre ambos parecen muy claras: parcelas de muestreo tienen una medida singular, muestreo puntual tiene varias parcelas de medida; las parcelas son medidas con cinta, los puntos usualmente con un prisma; tablas de volumen standar son usadas para parcelas, tasas de volumen-área basal son usadas con los puntos.

El procedimiento general llamado "características de muestreo" está basado en los resultados presentados por Beer and Miller (1964, 1965, 1976) quienes trabajaron con muestreo puntual y parcelas, sus resultados fueron:

- Muestreo puntual se realizó con un FAB 10 (número por el que hay que multiplicar el número de árboles contados para obtener área basal en pies²/acre) la fórmula que da el área basal/acre es:

$$X = \frac{FAB}{t} \sum_{j=1} n_j$$

Donde:

t = número de puntos

n = factor de área basal.

- El muestreo por parcela se hizo para árboles mayores de 4.5 pulgadas de diámetro, la parcela fué de un décimo de acre, por lo que cada árbol medido determinó una parcela de 1/10 de acre y la expansión del factor será 10 árboles/acre por cada árbol muestreado; por lo tanto el número de árboles/acre, viene dado por:

$$N = \frac{EF}{t} \sum_{j=1} n_j$$

Donde:

t = número de parcelas

n_j = número de árboles por parcela

EF = expansión del factor de área para expresarlos en acres.

La comparación muestra que puntos y parcelas de muestreo son básicamente el mismo procedimiento. La distinción entre ellos no es punto o parcela, sino mas bien la selección de área basal o la presencia de árboles, así como las características de muestreo.

RUIZ (21), encontró que la calidad de los datos que se obtienen usando el relascopio de Bitterlich, es la misma que la lograda al usar parcelas de dimensión fija; para lo anterior realizó un estudio en un bosque de coníferas del estado de Durango, sobre un área de 820 hectáreas, con árboles de dap entre 10 y 90 cms. con una distribución irregular. Primeramente se realizó un muestreo para determinar qué banda era la más adecuada, haciendo uso de las 9 combinaciones posibles que presenta el relascopio, resultando ser la banda de los 1 la que ofreció la mayor probabilidad de obtener el menor porcentaje de error. Se realizó el muestreo con la banda de los 1 en un total de 96 puntos, dando un error de 2.81%. Cada estación absorbió un tiempo de 8 minutos a consecuencia de lo cual los costos se ven reducidos en un 35% (incluyendo costos del aparato) en relación a las metodologías tradicionales.

SOSA (23), cita que el tamaño óptimo de parcelas en estudios Finlandeses, sobre bosques de coníferas, varía de 400 m² a 700 m² midiéndose los árboles menores de 20 cms. de dap en un área de 100 m². Los círculos grandes de más de 1/10 de ha. no son prácticos.

Cita también que en México la utilización de sitios rectangulares de dimensiones fijas con un área de 1000 m² colocados en fajas de 20 m. de ancho (el de la faja) y 50 metros de largo es muy frecuente. Paralelamente a esto, buscando una mejor dispersión de la muestra dentro del bosque, se ha empezado a usar sitios aislados de diferente forma, tales como rectangulares, cuadrados y circulares, siendo estos últimos los que se han utilizado con una notable preferencia, sobre todo con una superficie de 1000 m².

VILLAREAL Y CABALLEROS (24), realizaron un estudio en un bosque de coníferas en el estado de Durango, con clima templado y frío en una extensión de 100 ha. Se compararon 15 métodos:

de muestreo. La distribución se hizo al azar y de manera sistemática; las intensidades de muestreo fueron 2%, 4% y 6%. La eficiencia de los métodos de muestreo se evaluó comparando su precisión, exactitud y costo. La precisión y exactitud se probaron confrontando el volumen medio por ha. y su estimador de precisión obtenido por los métodos de muestreo (varianza, desviación standar, error standar, coeficiente de variación y límites de confianza) con el volumen medio por ha.

El método más preciso fué el de distribución de muestreo estratificado bietápico al azar, con intensidad de muestreo al 2%; el más exacto fué el método de distribución estratificado aleatorio con intensidades del 2%. El sistemático con intensidades del 2% y 4% y el aleatorio simple con intensidad del 2% fueron los métodos de más bajo costo.

WENSEL et al (26), estudiaron el uso del FAB constante y del FAB variable, encontrando que el factor de área basal debe ser escogido preferiblemente mediante la división del área basal en pie estimada entre el promedio de árboles que se desea sean contados en un punto muestral.

$$\text{FAB adecuado} = \frac{\text{Promedio de área basal estimada/acre}}{\text{Promedio de árboles deseados por punto}}$$

Dilworth and Bell, citados por Wensel (1977) proponen un FAB que resulte de contar 4-8 árboles por punto.

Wensel y sus colaboradores estudiaron la estimación de área basal haciendo uso de un FAB constante y de un FAB variable que buscaba contar el número de árboles deseados en cada punto. Desarrollos teóricos de los autores y otros, han confirmado el error de uso del segundo método llamado "Regla Constante de Medición". Encontraron que el FAB seleccionado en cada punto bajo la regla, dió estimaciones que fueron más des

medidas o iguales a aquellas estimadas por el previo FAB seleccionado. Los estimadores solo fueron iguales en 2 de los 20 puntos. Los dos métodos mostraron una diferencia significativa al 95% de confianza, produciendo la regla de conteo constante un 22.5% de sobreestimación sobre el método de FAB constante seleccionado.

5. METODOLOGIA

5.1 Ubicación del Sitio donde se efectuó la Investigación:

La investigación se realizó en la finca "Rincón del Sinaque" aldea "El Jícaro", municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz. La finca se encuentra entre los 14 grados 59 minutos y los 15 grados 01 minutos de latitud norte y entre los 90 grados 09 minutos y los 90 grados 12 minutos de longitud oeste (figura 8).

5.2 Accesibilidad:

El casco de la finca se encuentra a 2 Km. de la ruta 18 (antigua carretera a Cobán), y sobre ésta, pendiente arriba, a 8 Km. de la carretera asfaltada hasta el punto denominado La Cumbre de Santa Elena. La cumbre dista 132 Km. de la ciudad Capital, 11 de San Jerónimo y 17 Km. de Salamá (figura 9).

5.3 Selección del Lugar:

Se trabajó en un bosque natural de Pinus oocarpa Schiede, el cual ha sido selectivamente explotado desde 1947, en este bosque se han extraído hasta la fecha los árboles con mejores características. La especie dominante es el pino; además de esta especie se presentan escasos ejemplares de Quercus sp. A excepción de pequeñas áreas en el bosque no hay sotobosque bien desarrollado. El bosque presenta una alta densidad, siendo ésta de 430 a 510 árboles /ha. para los individuos con dap superior a 10 cms.; se observa gran predominancia de individuos jóvenes de poca altura y diámetro normal, principalmente en el estrato joven (figura 10).

5.4 Características Generales del Area:

5.4.1 Relieve e Hidrología:

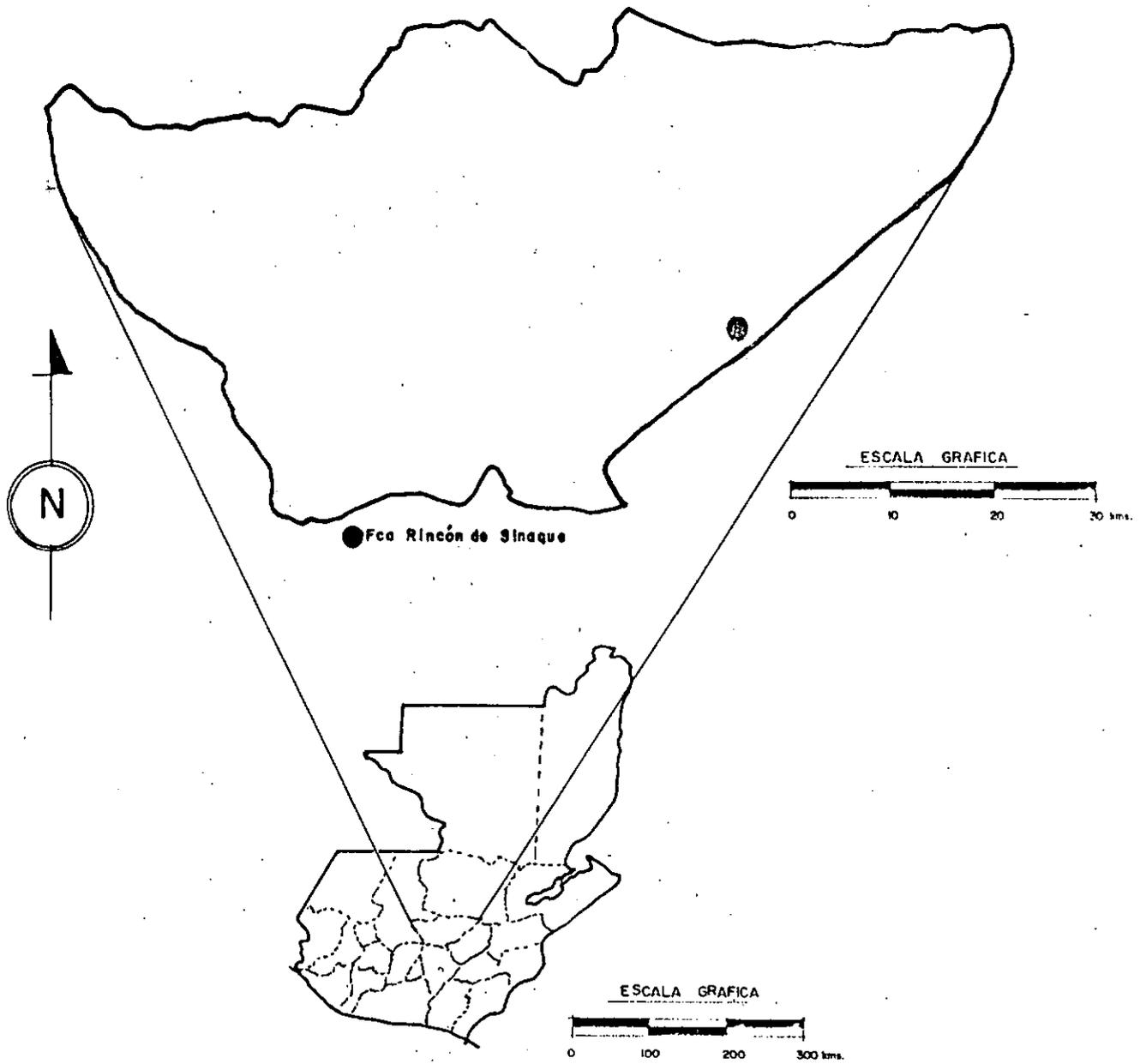


FIG. No 8
UBICACION DEL DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ
FUENTE LUIS ORTIZ 1985 (18)

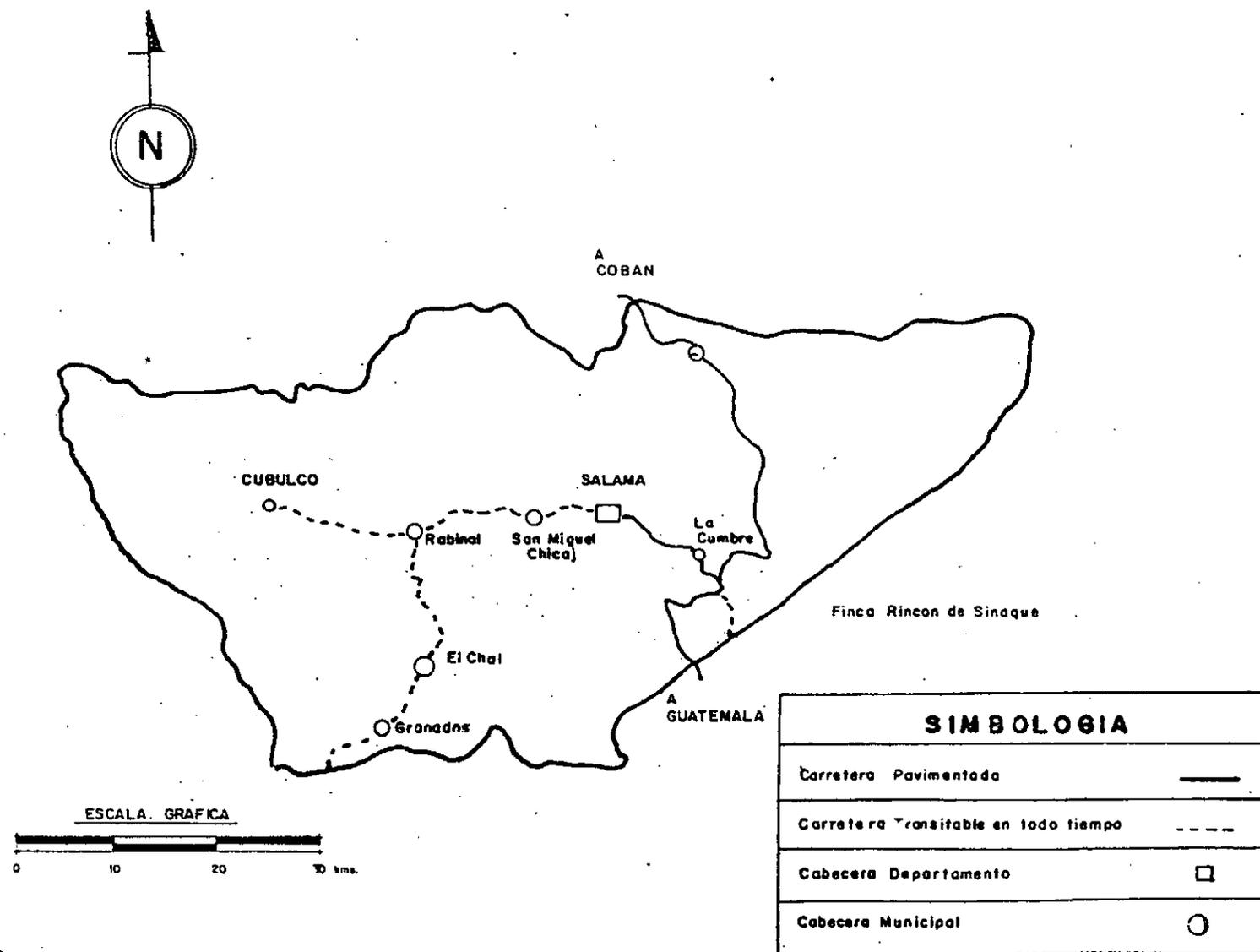


FIG. No. 9
 UBICACION DE LA FINCA Y VIAS DE ACCESO DENTRO DEL DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ
 PUENTE LUIS ORTIZ 1985 (18)

La finca tiene un total de 210 ha., de las cuales 202 están cubiertas de bosque, en términos generales presenta pendientes que oscilan entre el 35 y 70%. Las diferencias de altura van de 860 a 1300 msnm. La finca está surcada por varias quebradas que son afluentes del río "El Jícaro", el cual desemboca en el río "Morazón" y éste posteriormente en el río "Motagua".

5.4.2 Clima y Suelos:

De acuerdo con el sistema de Thornthwaite B'b'BR, se trata de un clima semicálido (18.7 - 23.9 grados centígrados), con invierno benigno húmedo, bosque con vegetación natural y sin estación seca bien definida.

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, la finca se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Sub-tropical templado, con un período lluvioso entre los meses de mayo a noviembre; una precipitación promedio anual de 1000 - 1349 mm; y una biotemperatura entre 20 y 26 grados centígrados.

Los suelos son pobres, tienen poca profundidad, frecuentemente se observan afloramientos de rocas. El material maduro es arcilloso, grueso, rojizo con PH: 4.5 a 5; su fertilidad natural es baja. De acuerdo con su aptitud, pertenecen a la clase agrológica VI y VII, lo cual indica que son suelos con vocación forestal.

5.5 Estratificación de la Vegetación Arbórea:

Se tomó como base la estratificación realizada por Ortiz (18) (figura 10), corroborándose la misma, mediante una inspección de campo. Tomando como base esta estratificación, se localizaron 4 estratos diferentes, de acuerdo con su den-

sidad, grado de madurez y altura (figura 11).

5.6 Delimitación y Características de los Estratos:

Se procedió a delimitar 4 áreas de estudio que constituyeron repeticiones del experimento. Para efectos de identificación a cada una de estas áreas de estudio se les llamó estratos y se diferenciaron nombrándolos de acuerdo a la densidad, grado de madurez y área basal, que presentaron. Su nombre y ubicación dentro de la finca aparecen en la figura 11. El área de cada estrato, fué de 5 ha., con forma rectangular de 250 m. de largo (dirección de la pendiente más fuerte) y 200 m. de ancho.

Los 4 estratos sobre los que se efectuó la investigación, presentaron alta densidad (ver anexo 3), con predominancia de individuos entre 10 y 30 cm. de dap. Pocos individuos sobrepasan los 50 cm. de dap. De los 4 estratos delimitados, solo el estrato maduro presentó abundante sotobosque de 1 a 2 m. de altura, los otros 3 presentaron escaso o nulo sotobosque.

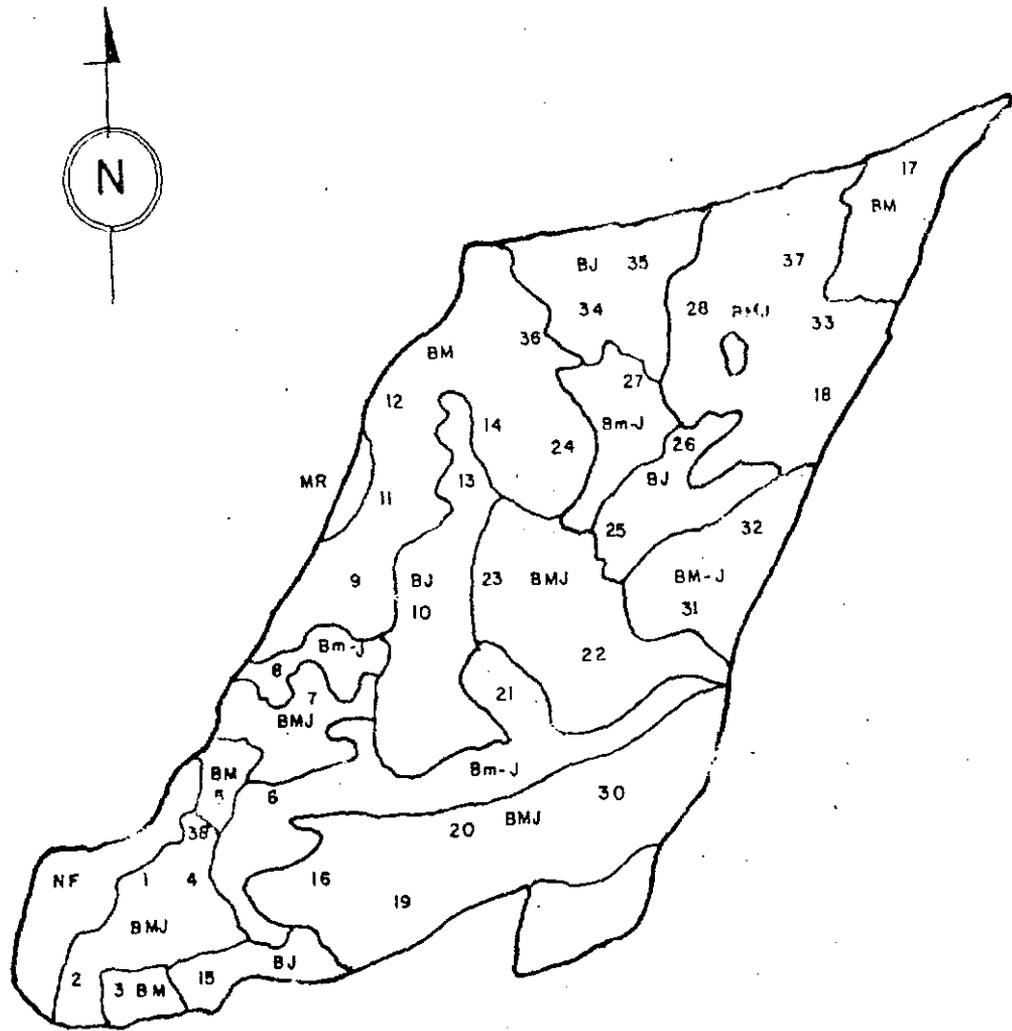
El tiempo y costo utilizado en la delimitación de cada estrato se presenta en el anexo 1.

5.7 Censo de cada Estrato:

5.7.1 Parámetros, Area Basal y Volumen:

Cada estrato de 5 ha. fué censado a fin de establecer los parámetros de área basal y volumen. Los datos tomados en el campo fueron dap y altura. El dap se determinó con cinta diamétrica; cada 40 árboles se tomó una altura utilizando una pistola de Haga; los datos se registraron en una boleta especial (ver anexo 2)

El censo se efectuó por franjas; cada árbol medido se pintaba a fin de evitar su remediación. El trabajo se



LEYENDA	
BM	BOSQUE MADURO
BMJ	BOSQUE MADURO JOVEN
BmJ	BOSQUE MEDIO JOVEN
BJ	BOSQUE JOVEN
MR	MANZANA ROSA
NF	NO FORESTAL

FIG.No. 10
MAPA DE LA ESTRATIFICACION DE LA CUBIERTA VEGETAL
FUENTE. LUIS ORTIZ 1985 (18)

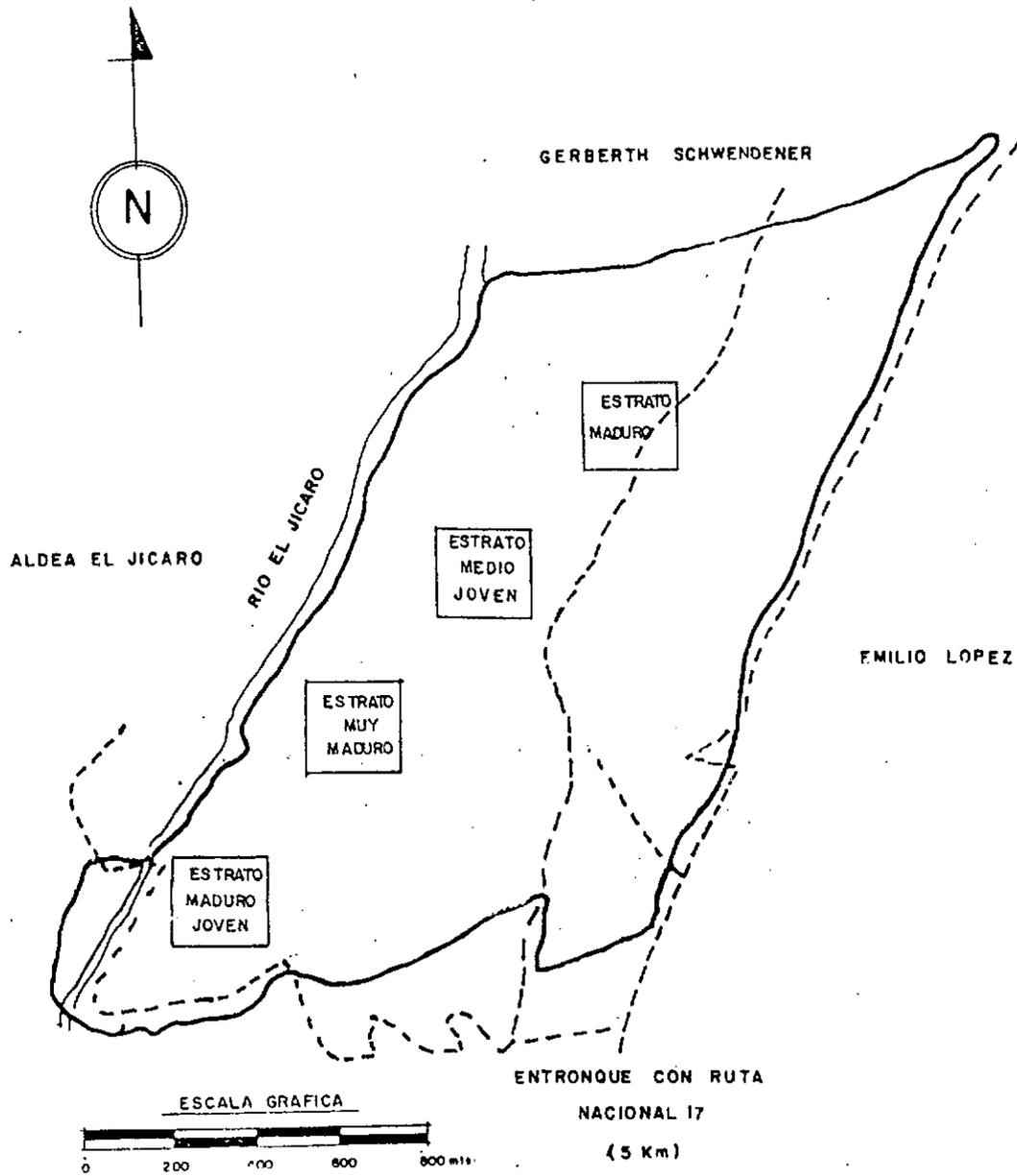


FIG. No. 11
VIAS DE ACCESO COLINDANCIAS Y UBICACION DE ESTRATOS DENTRO DE LA FINCA

hizo con 3 personas (un técnico, un apuntador y un pintor). Con los datos de altura y sus correspondientes diámetros, se determinó un modelo de regresión dap-al-
tura, para cada estrato (ver anexo 3).

El área basal total se determinó así: primeramente se determinaba el área de cada árbol, luego el área basal total del estrato fué dada por la sumatoria de las áreas de los árboles encontrados.

$$g_i = \frac{\pi \cdot (D_i)^2}{4}$$

g_i = área basal del árbol i

D_i = dap del árbol i

$$G/\text{Estrato} = G/5 \text{ ha.} = \sum_{i=1}^n g_i$$

El volumen para cada árbol se encontró utilizando la ecuación de volumen total para Pinus oocarpa, según INAFOR (19), $v = 0.0268287659 + 0.0000287215 D^2H$

Donde:

D = dap en centímetros

H = altura total en metros

v = volumen total en m^3

El volumen total de las 5 ha. se determinó sumando los volúmenes de todos los árboles encontrados mayores de 10 cm. de dap, volumen por

$$V/\text{Estrato} = V/5 \text{ ha.} = \sum_{i=1}^n v_i$$

5.7.2 Costo del Censo:

Durante la realización del censo, se cronometraron tiempos efectivos trabajados por la cuadrilla en cada área de estudio. Se excluyeron los tiempos de desplazamiento del casco de la finca al bosque y tiempo de almuerzo. Al final, se obtuvo el tiempo total efectivo trabajado en horas, se extrajo el costo/hora efectivo para la cuadrilla y posteriormente el costo del censo. Se excluyó de este costo la delimitación del área de estudio (ver anexo 1).

5.8 Muestreo de los Estratos:

El muestreo se realizó con cada uno de los 13 tratamientos a comparar. Estos tratamientos fueron los siguientes:

Parcelas de Dimensión Fija:

500 m²

1. circular 12.61 m. de radio
2. rectangular 35.35 m. x 14.14 m.
3. cuadrada 22.36 m. x 22.36

1000 m²

4. circular 17.84 m. de radio
5. rectangular 50 m. x 20 m.
6. cuadrada 31.62 m. x 31.62 m.

Parcelas de Dimensiones Variables:

7. FAE 1
8. FAB 1 + 1 banda estrecha
9. FAB 1 + 2 bandas estrechas
10. FAB 1 + 3 bandas estrechas

11. FAB 2
12. FAB 4
13. FAB regla constante de conteo

Se tomó como tratamiento FAE de regla constante de conteo a-
quel que permitió que en cada punto de observación se conta-
ra entre 5 a 7 árboles, no importando que para lograr esto se
tuviera que cambiar el FAB de punto a punto (número de árbo-
les contados que se mantiene constante pero el FAB puede cam-
biar de punto a punto para lograrlo).

5.8.1 Intensidad de Muestreo:

5.8.1.1 Parcela de Dimensión Fija:

Comprendió las formas circular, cuadrada y
rectangular, con sus tamaños de 500 m² y
1000 m². Se eligió una intensidad de mues-
treo del 8%, realizando para el efecto 8
parcelas de 500 m² y de 4 de 1000 m², en ca-
da estrato por cada tratamiento. Se eligió
el 8% de intensidad (aunque es alto para e-
fectos de muestreo) para no tener menos de
cuatro valores por tratamiento y así tener
suficientes grados de libertad para evitar
que la variabilidad y la imprecisión subie-
sen.

5.8.1.2 Parcelas de Dimensiones Variables:

Para cada FAB a evaluado, se hicieron 12
conteos, dentro de cada estrato de 5 ha.,
esta intensidad se determinó por medio de la
tabla presentada por Bitterlich (ver cuadro
2) como se usarían todos los FAB_s mayores o
iguales que 1 del relascopeo; se tomó un FAB
promedio de 2 para determinar la intensidad,

por lo que se rebajó el valor presentado en la tabla para 5 ha. en un 40%. Esto representa 12 puntos de conteo para las 5 ha. Este número de puntos de conteo coincidió también con la fórmula empírica planteada por Prodan, citado por Alves (22).

$$n = 2 \times S + 2$$

Donde:

n = número de puntos de observación

S = superficie en ha.

Para el caso de 5 ha., el número de puntos viene dado por:

$$n = 2 \times 5 = 12 \text{ puntos.}$$

5.8.2 Método de Muestreo:

El método de muestreo utilizado dentro de cada estrato fué el simple aleatorio.

5.8.2.1 Distribución de los puntos de Muestreo:

Para cada estrato de 5 ha. se trazó en gabinete una matriz de puntos con sus correspondientes coordenadas, separados 25 metros, en el eje y se representó al largo del estrato en dirección de la pendiente y en el eje x el ancho. Cada punto fué identificado mediante un par ordenado (figura 12). Luego se realizó un sorteo, mediante papelitos que contenían las coordenadas de cada uno de los puntos de la matriz, extrayendo tantos papelitos como números de parcela o puntos de observación exigían los tratamientos a evaluar.

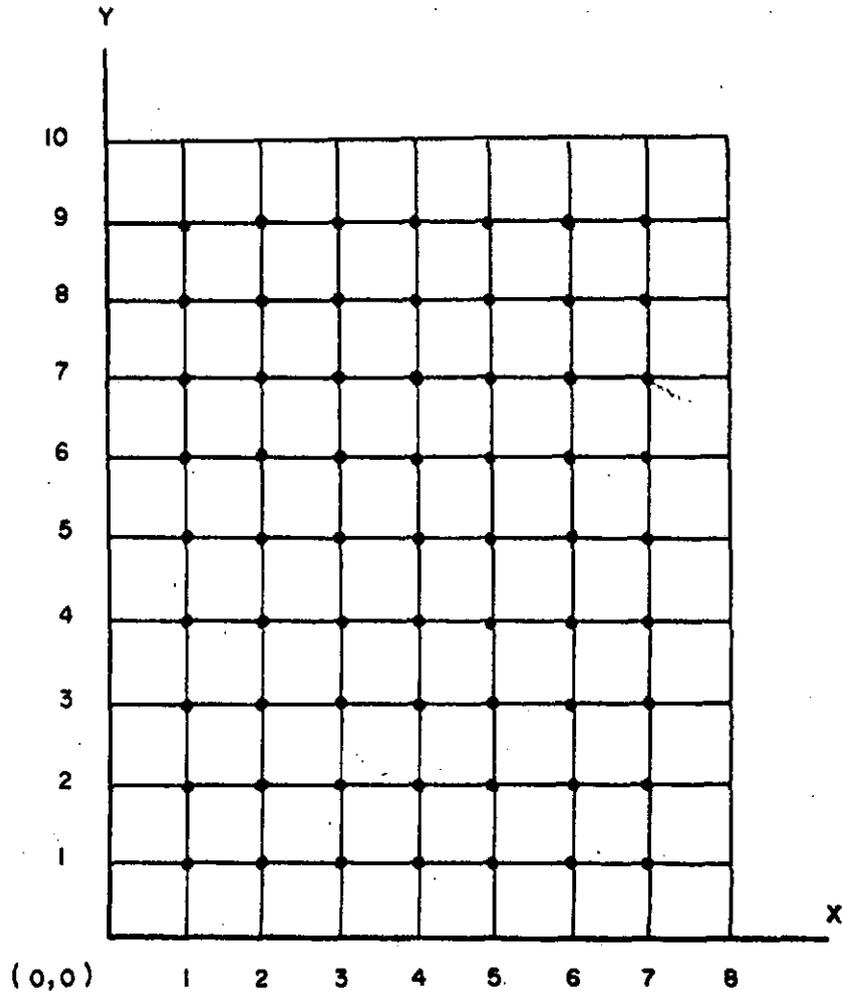


FIGURA 12

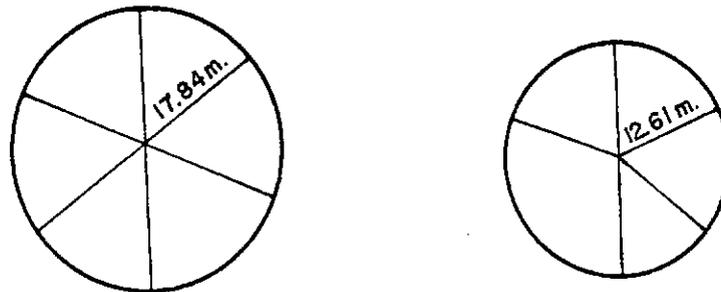
Matriz de Distribución de Puntos de Muestreo
por Estrato.

5.8.2.2 Localización de los Puntos en el Campo:
Sorteando los puntos se tenían con ellos las coordenadas de los mismos. Con estas coordenadas se procedió a localizarlos en el campo mediante el uso de una cuerda de 25 m. y una brújula para orientaciones a 90 grados. Para cada punto localizado se registraba el tiempo empleado en una boleta especial (ver anexo 4).

5.8.2.3 Trazado de las diferentes Formas de Parcela:
Luego de localizados los puntos en el campo, se procedió a tomarlos como centro para el trazo de las diferentes formas de parcela, con el objeto de eliminar riesgos al registrar los tiempos, se sorteó en cada punto el orden en que debían trazarse y medirse las diferentes formas de parcela; luego se procedió así:

- Parcelas de Dimensión Fija:

Parcela circular: tomando como centro del punto se lanzaban radios de 17.84 m. si la parcela era de 1000 m², y 12.61 si era de 500 m²; el número de radios dependía de la densidad del bosque y de la incertidumbre de inclusión de un árbol dentro de la parcela. Generalmente se hacían de 4-8 radios, los radios en favor de pendientes eran corregidos mediante una tabla de pendientes ya elaborada.

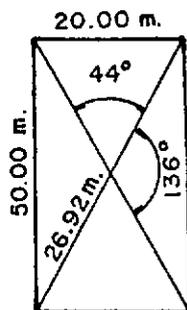


13.a 1000 m²

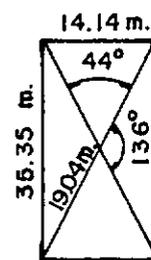
13.b 500 m²

Figura 13. Trazado de Parcela Circular.

Parcela Rectangular: para la de 1000 m² las dimensiones fueron de 50 m x 20 m con el largo en dirección de la pendiente. Para esto el operador se colocó en el centro y con ayuda de una brújula lanzaba cuatro radiaciones de 26.92 m. con los ángulos que indica la figura 14; para el caso de la parcela de 500 m² para mantener la misma proporción rectangular que la de 1000 m², se lanzaron radiaciones de 19.04 m. con los ángulos que aparecen en la figura 14.b



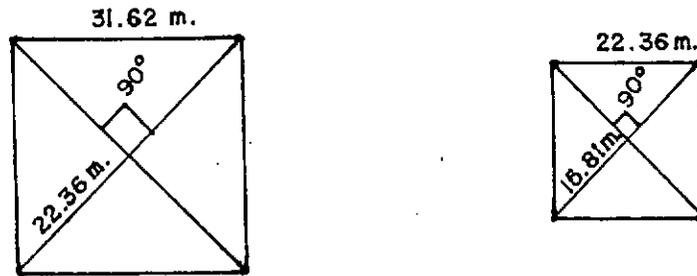
14.a 1000 m²



14.b 500 m²

Figura 14. Trazado de Parcela Rectangular.

Parcela Cuadrada: para el caso de la de 1000 m² se lanzaron 4 radiaciones a 90 grados de 22.36 m. (corrigiendo éstas cuando la pendiente lo ameritaba). Para las de 500 m² se hizo de igual forma con radiaciones de 15.81 m.



15.a 1000 m²

15.b 500 m²

Figura 15. Trazado de Parcela Cuadrada.

- Parcelas de Dimensión Variable:

Estas no necesitan trazo, siendo ésta su principal ventaja.

5.8.3 Variables Medidas en el Muestreo:

Para el caso de las diferentes parcelas de dimensión fija se registró mediante una cinta diamétrica el diámetro de cada árbol incluido, anotándolo en la boleta diseñada para registro de diámetros con parcelas de dimensión fija (anexo 5), el tiempo de medición se registra en una boleta diseñada para registros de tiempo (anexo 4).

Para el caso de las parcelas de dimensiones variables, para cada FAB se contaba el número de árboles que sobrepasaban su ángulo de visada en un giro de 360 grados y los tangentes eran tomados como 1/2 árboles. Para el

caso de la regla de conteo constante para cada punto se tomaba el FAB que permitiera un coteo entre 5-7 árboles. Para cada FAB usado (que consistía en un tratamiento) se registraba el tiempo de visada en una boleta para registros de tiempo (anexo 4).

También se registraba para el caso de dimensiones variables el diámetro de los 5 árboles más próximos al punto de conteo, siendo esto común para todos los FAB_s. Estos diámetros eran registrados en una boleta diseñada para parcelas de dimensiones variables (anexo 7). El tiempo de medición de los 5 diámetros se registraba también en la boleta para tiempos (anexo 4).

5.8.4 Obtención de Area Basal y Volumen por Tratamiento:

5.8.4.1 Parcelas de Dimensión Fija:

Para obtener el área basal por estrato (G/estrato), se obtuvo primero el área basal de cada árbol. Luego se obtuvo el área basal por parcela sumando las áreas de los árboles que comprendían la parcela.

$$G/\text{parcela} = \sum_{i=1}^n g_i$$

Donde:

n = número de árboles dentro de la parcela

g_i = área basal del árbol i

Luego se obtuvo \bar{G} /parcela, sumando las áreas basales dadas para cada una de las parcelas y dividiendo dentro del número de parcelas que comprendían el tratamiento.

$$\bar{G}_{jk}/\text{parcela} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{ijk}}{n}$$

Donde:

$\bar{G}_{jk}/\text{parcela}$ = área basal media por parcela del tratamiento j en el estrato k.

G_{ijk} = área basal de la parcela i del tratamiento j en el estrato k.

n = número de parcelas del tratamiento j.

Luego $\bar{G}_{jk}/\text{parcela}$ se infirió al área del estrato (multiplicando por 50 o por 100 según fueran tratamientos de 1000 m² o 500 m²) y se obtuvo el estimador de área basal por tratamiento para cada estrato.

Para el caso de volumen, teniendo registrados los diámetros de los árboles para cada parcela de cada tratamiento, se procedió a determinar su correspondiente altura, haciendo uso del modelo de regresión dap-altura, previamente elaborado para cada estrato. Luego para cada árbol se procedió a determinar el volumen total con la ecuación de volumen total para Pinus occarpa Schiede. establecida por INAFOR (18). El volumen de cada parcela se obtuvo por la suma de los volúmenes individuales de los árboles incluidos dentro de la misma $V/\text{parcela} =$

$$V/\text{parcela} = \sum_{i=1}^n v_i$$

.../...

El volumen medio por parcela de cada tratamiento dentro de cada estrato se determinó sumando los volúmenes dados por cada una de sus parcelas individuales y luego dividiendo dentro del número de parcelas.

$$\bar{V}_{jk/\text{parcela}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{ijk}}{n}$$

Donde:

V_{ijk} = Volumen de la parcela i , del tratamiento j dentro del área de estudio k .

$\bar{V}_{jk/\text{parcela}}$ = Volumen medio del tratamiento j del área de estudio k .

Este $\bar{V}_{jk/\text{parcela}}$ se refiere al área del estrato y se obtiene el estimador de volumen por tratamiento para cada estrato.

5.8.4.2 Parcelas de Dimensiones Variables:

Para obtener el área basal por hectárea por punto por FAB (G/ha./punto/FAB), el número de árboles contados en un giro de 360 grados, se multiplicó por el FAB correspondiente, luego se extrajo una $\bar{G}/ha.$ sumando las $G/ha.$ obtenidas en cada punto y dividiéndolas entre el número de puntos.

$$\bar{G}/ha_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n G/ha_{ijk}}{n}$$

.../...

Donde:

G/ha_{ijk} = área basal/ha. en el punto i del
tratamiento j en el área k .

\bar{G}/ha_{jk} = área basal media/ha. del FAB j en
el área k .

Para obtener $V/ha./punto/FAB$ se determinó una
altura media por punto de observación, así co
mo un coeficiente de forma del estrato.

Para obtener la altura media por punto, se mi
dieron los diámetros de los 5 árboles más pró
ximos a cada punto de observación, luego se
infieren a la ecuación de regresión del estra
to para obtener sus 5 alturas correspondien
tes, de las cuales se determinó el promedio.

El coeficiente de forma del estrato, se obtuvo
mediante el promedio de los coeficientes de
forma de los 5 árboles más próximos a cada uno
de los 12 puntos de observación que se ubica
ron dentro del estrato. O sea que el coefi
ciente de forma del estrato se obtuvo mediante
un promedio de los coeficientes de 60 árboles.

El coeficiente de forma de cada árbol se obtu
vo dividiendo el volumen real del árbol entre
el volumen de un cilindro que tuvo como base
el dap del árbol; el volumen real del árbol se
obtuvo a partir de su dap y su altura referi
dos al modelo de volumen total para Pinus oo
carpa Schiede.

$$C.F. \text{ árbol}_i = \frac{v. \text{ real}}{v \text{ cilindro}}$$

Luego el coeficiente de forma para el estrato k vendrá dado por el promedio de los 60 coeficientes:

$$\text{C.F. estrato } k = \frac{\sum_{i=1}^n \text{CF}_i}{n}$$

Donde:

$$n = 60$$

Teniendo el coeficiente de forma del estrato y la altura media por punto de observación, entonces el volumen/ha por punto de observación por FAB, empleado, fué dado por:

$$V/ha_{ijk} = G/ha_{ijk} \times \bar{H}_{ik} \times C.F._k$$

O sea multiplicando el área basal dada por cada FAB en cada punto, por la altura media para ese punto por el coeficiente de forma del estrato.

El volumen medio por FAB o tratamiento por ha. viene dado por el promedio de los volúmenes por ha. obtenidos en cada punto de observación dentro del estrato.

$$\bar{V}/ha_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n V/ha_{ijk}}{i=1}$$

Donde:

G/ha_{ijk} = área basal/ha. en el punto i del tratamiento j en el estrato k.

\bar{H}_{ik} = altura media en el punto i del estrato k

$C.F_k$ = coeficiente de forma del estrato k

V/ha_{ijk} = volumen/ha. en el punto i del tratamiento j del estrato k.

\bar{V}/ha_{jk} = volumen medio/ha. del tratamiento j en el estrato k.

Posteriormente el $\bar{G}/ha.$ y el $\bar{V}/ha.$ se infirieron a la 5 ha. que tiene cada estrato y se obtuvo un estimador de área basal y de volumen por cada FAB empleado (tratamiento) para cada uno de los 4 estratos.

5.9 Costo de cada Tratamiento:

Este costo se determinó en base al tiempo empleado en la localización, trazo, medición y cómputo de cada unidad de muestreo, así:

$$T_{ijk} = t_{\text{trazo}} + t_{\text{localización}} + t_{\text{medición}} + t_{\text{cómputo}}$$

El tiempo para cada tratamiento se determinó por la suma de los tiempos empleados para cada punto o parcela, así:

$$T_{jk} = \sum_{i=1}^n T_{ijk}$$

Donde:

T_{ijk} = Tiempo empleado en la parcela o punto i del tratamiento j del estrato k

T_{jk} = Tiempo del tratamiento j en el estrato k.

El costo por tratamiento se determinó en base al costo/hora/cuadrilla, considerando los siguientes costos:

1 técnico Q. 30.00/día*
 1 peón Q. 5.00/día

Considerando además, un tiempo efectivo de 6 horas/día.

Las parcelas de dimensión fija necesitan 1 técnico y 2 peones por lo tanto su costo/hora/cuadrilla es Q.40.00/6 horas = Q.6.66/hora. Las parcelas de dimensiones variables, necesitan 1 peón por lo que su costo/hora/cuadrilla, es Q.35.00/6 horas = Q. 5.83/hora.

Luego conociendo el tiempo empleado en cada tratamiento y sabiendo el costo/hora efectiva trabajada, se dedujo el costo por tratamiento así:

$$C_{jk} = T_{jk} \times \text{costo/hora/cuadrilla}$$

$$C_{jk} = \text{costo del tratamiento } j \text{ en el estrato } k$$

Con estos datos se realizó un ANDEVA de costos (ver cuadro 3).

5.10 Exactitud de cada Tratamiento:

Teniendo el estimador de área basal y de volumen para cada estrato por tratamiento, se procedió a determinar la exactitud de cada tratamiento (ya que se contó con los parámetros obtenidos del censo) en porcentaje, de la siguiente manera:

$$E_{jk} = 100 - \frac{|\text{Parámetro } k - \text{Estimador }_{jk}|}{\text{Parámetro}} \cdot 100$$

E_{jk} = Exactitud (de área basal o volumen) del tratamiento j en el estrato k.

Parámetro_k = Parámetro del estrato k obtenido del censo, tanto para área basal, como para volumen.

* Un Dolar = Q.2.80 en la fecha que se realizó la investigación.

Estimador $_{jk}$ = Valor de área basal y volumen estimado por el tratamiento j en el estrato k.

Con estos datos se procedió a realizar un ANDEVA para la exactitud, del área basal y del volumen; tomando como repetición los 4 estratos definidos: bosque medio joven, bosque maduro joven, bosque maduro y bosque muy maduro y como tratamientos, los 13 tratamientos evaluados. Los datos de exactitud de área basal aparecen en el cuadro 5; los de volumen aparecen en el anexo 8.

5.11 Precisión de cada Tratamiento:

Se obtuvo la precisión del estimador dado por cada tratamiento en cada estrato para el área basal y para el volumen. La precisión se determinó mediante la media de las exactitudes de las parcelas o puntos de muestreo (según el caso de parcela de dimensión fija o variable) de cada tratamiento, dentro de cada estrato.

El estimador para cada parcela individual o punto de muestreo se obtuvo infiriendo su valor de área basal y volumen al área total de 5 ha. (multiplicando por 100, por 50 o por 5, según fuera el caso de parcela de 500 m², de 1000 m² o de dimensiones variables, respectivamente). Luego se obtuvo la exactitud así:

$$E_{ijk} = 100 - \frac{\left| \text{Parámetro } k - \text{Estimador }_{ijk} \right|}{\text{Estimador }_k} 100$$

E_{ijk} = Exactitud de la parcela o punto i del tratamiento j en el estrato k

Estimador $_{ijk}$ = Estimador obtenido solo de la parcela o punto i del tratamiento j en el estrato k.

Donde:

$i = 1 \dots 4$ si es parcela fija de 1000 m^2
 $1 \dots 8$ si es parcela fija de 500 m^2
 $1 \dots 12$ si es parcela de dimensiones variables
 $j = 1 \dots 13$ tratamientos analizados
 $k = 1 \dots 4$ estrato

Luego calculando un promedio de las exactitudes de cada parcela o punto de cada tratamiento, se obtuvo la precisión por tratamiento

$$P_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{ijk}}{n}$$

Donde:

P_{jk} = Precisión del tratamiento j dentro del estrato k

$n = 4, 8$ o 12 , según el caso.

O sea que la precisión se obtuvo como la media de las desviaciones de exactitud de todas las parcelas o puntos individuales para cada tratamiento (ver cuadro 7 y anexo 9). Al final se realizó un ANDEVA para las precisiones, tanto de área basal, como de volumen.

5.12 Eficiencia de cada Tratamiento:

La eficiencia de cada tratamiento, se extrajo con base en la exactitud y el costo de cada uno. Para esto se extrajo una eficiencia de exactitud y una eficiencia de costo.

La eficiencia de exactitud se extrajo partiendo la exactitud que estaba en porcentaje, dentro de 100, así:

$$EFE_{jk} = \frac{E_{jk}}{100}$$

Donde:

EFE_{jk} = eficiencia de exactitud del tratamiento j en el estrato k

E_{jk} = exactitud del tratamiento j en el estrato k.

La eficiencia de costo se determinó haciendo uso del costo del parámetro (censo) en cada estrato (ver anexo 1), así:

$$EFC_{jk} = \frac{CP_k - C_{jk}}{CP_k}$$

Donde:

CP_k = costo del parámetro del estrato k en Q.

C_{jk} = costo del tratamiento j en el estrato k

EFC_{jk} = eficiencia de costo del tratamiento j en el estrato k.

Luego la eficiencia total EFT, viene dada por:

$$EFT_{jk} = EFE_{jk} \times EFC_{jk}$$

Donde:

EFT_{jk} = eficiencia total del tratamiento j en el estrato k.

La reducción de la exactitud y el costo a eficiencia de exactitud y costo respectivamente, se hizo para obtener valores de eficiencia total que oscilan entre 0 y 1.

Por último se realizó un ANDEVA para las eficiencias totales de los tratamientos (ver cuadro 9 y anexo 10).

5.13 Modelo Estadístico Utilizado:

Las variables respuesta costo, exactitud, precisión y eficiencia, tanto de área basal, como de volumen, fueron analizadas mediante el diseño de bloques al azar, cuyo modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$X_{jk} = U + \alpha_j + B_k + E_{jk}$$

Siendo los bloques cada uno de los 4 estratos y los tratamientos cada una de las formas de parcela analizadas (6 de dimensión fija y 7 de dimensiones variables) 13 en total.

Después de realizado el ANDEVA sí existía diferencia significativa entre los tratamientos, se procedió a realizar una prueba de Tuckey de medias de tratamientos, para establecer entre que tratamientos se establecían las diferencias.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados y su discusión se basan en la variable respuesta área basal, por considerarla más consistente ya que se calcula de medidas efectuadas directamente y no está sujeta a mediciones indirectas ni a aplicaciones de modelos de regresión como en el caso del volumen.

Se presenta a continuación, los resultados y discusión de costo, exactitud, precisión y eficiencia de área basal. Los resultados de estas variables para volumen, se presentan en los anexos del 8 al 14.

6.1 El tiempo y costo para cada tratamiento en cada estrato, se presenta en el cuadro 3. Los costos medios por tratamiento, en orden descendente se presentan en el cuadro 4. Los costos varían entre Q.8.25 correspondiente al método de FAB de regla constante y Q. 19.65 correspondiente a la parcela rectangular de 500 m^2 ; estos dos tratamientos representan al más barato y más caro respectivamente, de los 13 evaluados. Todos los tratamientos que utilizaron parcelas de dimensión fija resultaron ser más caros que los de dimensiones variables; sin embargo, dentro de los tratamientos de dimensiones fijas, la parcela circular de 1000 m^2 resultó ser la más económica. De las parcelas de dimensión fija de 500 m^2 , la circular es la más económica. De los tratamientos de dimensiones variables el FAB 1 es el más caro disminuyendo el costo conforme se usa un FAB más grande. Después de realizado el ANDEVA para la variable respuesta costo, se determinó que existían diferencias altamente significativas (al.1 y .05 por ciento de significancia) entre los tratamientos. Luego se procedió a realizar una prueba de Tuckey de medias, cuyos resultados se presentan en el cuadro 4. Los tratamientos que utilizaron parcelas de 500 m^2 , la cuadrada de 1000 m^2 y la rectangular

de 1000 m², igualmente caros estadísticamente. Por otro lado el tratamiento circular de 1000 m² fué tan barato como los tratamientos de parcelas de dimensiones variables.

Cuadro 3, Tiempo y Costo por Tratamiento/Estrato.

Estrato Trata- miento	Medio * Tiempo	Jóven ** Costo	Maduro Tiempo	Jóven Costo	Maduro Tiempo	Costo	Muy Tiempo	Maduro Costo
Circ.500	2.2348	15.99	2.1920	15.49	2.1959	15.56	2.2803	16.46
Cir.1000	1.5118	12.37	2.0135	13.52	1.3951	11.10	1.5528	12.84
Rec. 500	3.1054	21.22	2.3023	16.72	3.1231	21.40	2.5303	19.24
Rec.1000	2.1849	15.43	2.1436	14.96	2.2419	16.04	2.1914	15.48
Cua. 500	3.0243	20.31	2.2109	15.69	2.5620	19.60	2.4829	18.75
Cua.1000	2.1341	14.86	2.0549	13.99	1.5501	12.79	2.1420	14.93
FAB 1.0	1.5437	11.14	2.5733	17.25	1.3246	9.01	1.3759	9.52
FAB 1.1	1.5054	10.78	2.5019	16.55	1.2805	8.56	1.3424	9.16
FAB 1.2	1.4616	10.33	2.4550	16.11	1.2401	8.16	1.2753	8.54
FAB 1.3	1.4327	10.05	2.4239	15.80	1.2128	7.92	1.2631	8.41
FAB 1.4	1.4128	9.86	2.3749	15.33	1.1948	7.75	1.2311	8.09
FAB 2.0	2.4620	10.33	2.4638	16.19	1.2729	8.50	1.3257	9.03
FAB reg. ct.	0.5934	5.79	2.2802	14.38	0.5954	5.82	1.1218	7.03

* = Primera cifra antes del punto horas; dos dígitos después del punto minutos y últimos dos dígitos segundos.

** = Costo en Quetzales.

Cuadro 4. Prueba de Tuckey de Medias de Costo.

T R A T A M I E N T O		Costo medio en Q/tratamiento
Rectangular	500 m ²	19.65
Cuadrada	500 m ²	18.58
Circular	500 m ²	15.87
Rectangular	1000 m ²	15.48
Cuadrada	1000 m ²	14.14
Circular	1000 m ²	12.46
FAB	1.0	11.73
FAB	1.1	11.26
FAB	2.0	11.01
FAB	1.2	10.79
FAB	1.3	10.55
FAB	1.4	10.26
FAB	Regla constante	8.25

Comparador = Q. 6.02086*

Los tratamientos que utilizaron parcelas de dimensiones variables se presentaron más baratos. Como factores que favorecen este bajo costo, tenemos que: a. no necesitan trazo; b. no necesitan medición directa de diámetro. El costo disminuye conforme se usa un FAB mas grande, debido a que con un FAB mas grande entran menos árboles, por lo que el tiempo de conteo es menor. En cuanto a los tratamientos de parcelas de dimensión fija, las formas circulares fueron las más baratas, debido a lo rápido de los trazos, ya que no se miden ángulos, sino que solo radios.

Los tratamientos que utilizaron parcelas de dimensión fija de

* comparador para la prueba de Tuckey

1000 m² fueron más baratos que los de 500 m², esto debido a que el número de muestras (para cubrir la misma intensidad de muestreo) fue menor por lo que se ahorra tiempo en trazado y desplazamiento,

6.2 Exactitud:

Los resultados de exactitud por tratamiento por estrato se presentan en el cuadro número 5; con estos datos se efectuó un ANDEVA y se encontró que las diferencias entre los tratamientos no fueron estadísticamente significativas al .1 y .05% de significancia.

Cuadro 5. Exactitud de Area Basal en Porcentaje/Tratamiento/Estrato.

Tratamiento	Estrato			
	Medio Joven	Maduro Joven	Maduro	Muy Maduro
Circular 500 m ²	73.39	92.46	94.66	97.71
Circular 1000 m ²	94.94	97.43	92.66	85.94
Rectang. 500 m ²	81.88	98.16	97.14	94.20
Rectang. 1000 m ²	89.14	95.53	91.35	91.32
Cuadrada 500 m ²	69.45	94.07	79.21	85.21
Cuadrada 1000 m ²	78.77	94.22	86.04	95.40
FAB 1.0	89.83	93.15	65.49	78.82
FAB 1.1	79.65	95.64	70.73	88.79
FAB 1.2	88.08	98.22	71.88	88.47
FAB 1.3	82.60	97.69	75.31	92.40
FAB 1.4	78.43	89.78	79.05	98.02
FAB 2.0	77.05	98.56	74.92	93.03
FAB regla constante	74.05	92.84	94.26	73.32

Cuadro 6. Exactitud Promedio de Area Basal/Tratamiento.

TRATAMIENTO		EXACTITUD EN %
Circular	500 m ²	89.50
Circular	1000 m ²	92.80
Rectangular	500 m ²	92.80
Rectangular	1000 m ²	91.80
Cuadrada	500 m ²	81.80
Cuadrada	1000 m ²	88.50
FAB	1.0	81.8
FAB	1.1	84.00
FAB	1.2	86.50
FAB	1.3	87.00
FAB	1.4	86.30
FAB	2.0	86.0
FAB reg.		
Const.		83.50

Los resultados promedios de exactitud se muestran en el cuadro número 6. Todos los tratamientos presentaron un grado aceptable de exactitud, los que oscilaron entre 81.8% para el tratamiento con FAB 1 y 92.8% para los tratamientos con parcela circular de 1000 m² y rectangular de 500 m². Los FAB_s 1.2 (1 + 2 bandas estrechas) y 1.3 (1 + 3 bandas estrechas), fueron los más exactos de los métodos de dimensiones variables con 86.5 y 87% de exactitud respectivamente; presentando ambos mayor exactitud que la parcela cuadrada de 500 m².

6.3 Precisión:

Los resultados de precisión por tratamiento por estrato, se

presentan en el cuadro número 7.

Cuadro 7. Precisión en Procentaje de Area Basal/Tratamiento/
Estrato,

TRATAMIENTO	MEDIO JOVEN	MADURO JOVEN	MADURO	MUY MADURO
Circular 500	70.735	73.30	60.48	65.43
Circular 1000	82.77	87.1	73.76	84.97
Rectangular 500	67.62	80.08	53.02	48.63
Rectangular 1000	83.39	86.79	53.26	78.00
Cuadrada 500	66.90	79.50	38.22	66.70
Cuadrada 1000	77.88	88.14	63.35	87.46
FAB 1.0	73.59	78.77	60.80	71.31
FAB 1.1	65.88	72.28	58.40	68.74
FAB 1.2	74.70	61.73	63.00	66.66
FAB 1.3	68.81	62.70	58.70	62.47
FAB 1.4	77.90	71.96	57.59	53.31
FAB 2.0	68.22	68.62	57.93	77.05
FAB regla				
Const.	68.80	75.13	67.64	78.54

La precisión media por tratamiento se presenta en el cuadro número 8. En cuanto a precisión las diferencias existentes son altamente significativas entre los tratamientos. Del cuadro 8 se observa que la precisión fluctúa de 62.34% para la parcela rectangular de 500 m² a 82.15% para el tratamiento que usó la forma de parcela circular de 1000 m². Los métodos que usaron parcelas de dimensión fija de 1000 m² se presentan como los más precisos y dentro de ello el método que usó parcela circu

lar de 1000 m² (82.15% de precisión) siguiéndoles el método con FAB 1 y el método de regla constante de conteo con 71.37% y 70.03 de precisión respectivamente. El método menos preciso fué el que utilizó parcela rectangular de 500 m² (62.34% de precisión) siguiéndole en imprecisión la cuadrada de 500 m² y los FAB_s 1.3 y 1.4

Cuadro 8. Prueba de Tuckey de Medias de Precisión.

TRATAMIENTO		PRECISION MEDIA %
Circular	1000 m ²	82.15
Cuadrada	1000 m ²	79.11
Rectangular	1000 m ²	75.34
FAB	1.0	71.37
FAB regla Cons.		70.03
Circular	500 m ²	67.49
FAB	1.2	66.54
FAB	1.1	66.33
FAB	2.0	65.46
FAB	1.4	63.19
FAB	1.3	63.17
Cuadrada	500 m ²	62.83
Rectangular	500 m ²	62.34

En las parcelas de dimensión fija, tanto de 500 m², como de 1000 m², los resultados de precisión mostraron una tendencia inversamente proporcional a la longitud del perímetro. El FAB 1 ocupó el cuarto lugar en cuanto a precisión, superando inclusive a los tratamientos que utilizaron parcelas de 500 m²

Los tratamientos con FAB 1,4 y 1,3 y los tratamientos con parcelas cuadradas y rectangulares de 500 m², fueron los menos precisos, La parcela con mayor precisión media fue la circular de 1000 m², aunque solo fue estadísticamente diferente únicamente con los cuatro métodos de menor precisión media.

6.4 Eficiencia:

La eficiencia total EFT por tratamiento por estrato de área basal se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Eficiencia Total por Tratamiento/Estrato.

TRATAMIENTO		MEDIO JOVEN	MADURO JOVEN	MADURO	MUY MADURO
Circular	500 m ²	.634	.80	.863	.88
Circular	1000 m ²	.85	.86	.868	.793
Rectangular	500 m ²	.671	.839	.854	.832
Rectangular	1000 m ²	.774	.831	.83	.828
Cuadrada	500 m ²	.574	.812	.704	.755
Cuadrada	1000 m ²	.688	.827	.798	.868
FAB	1.0	.813	.792	.622	.743
FAB	1.1	.723	.81	.673	.839
FAB	1.2	.803	.845	.686	.839
FAB	1.3	.755	.842	.719	.877
FAB	1.4	.719	.778	.756	.932
FAB	2.0	.703	.847	.713	.879
FAB regla					
Const.		.676	.812	.912	.702

Se obtuvo que en cuanto a eficiencia las diferencias no son estadísticamente significativas entre los tratamientos. La eficiencia media de cada tratamiento se presenta en el cuadro número 10; según se puede observar en dicho cuadro, la más eficiente fue la parcela circular de 1000 m² con .843 de eficiencia, siguiéndole la rectangular de 1000 m² con .816, luego la rectangular de 500 m² y los FAB_s 1.3 y 1.4. Se puede observar que la eficiencia de la rectangular de 500 m² baja (aún cuando se presentó bastante exacta) debido a que se manifiesta como la más costosa. Por el contrario, algunos métodos de FAB_s suben su eficiencia debido a que se presentan bastante baratos y con una exactitud aceptable.

Cuadro 10. Eficiencia total Media de Area Basal/Tratamiento

TRATAMIENTO		EFICIENCIA DE 0 a 1
Circular	500 m ²	.794
Circular	1000 m ²	.843
Rectangular	500 m ²	.799
Rectangular	1000 m ²	.816
Cuadrada	500 m ²	.711
Cuadrada	1000 m ²	.795
FAB	1.0	.743
FAB	1.1	.764
FAB	1.2	.793
FAB	1.3	.798
FAB	1.4	.796
FAB	2.0	.786
FAB regla		
Constante		.776

6.5 Discusión General:

Con base a los datos presentados en la figura 16, se observa que la parcela rectangular de 500 m^2 presentó bastante exactitud (92.8%), su precisión fué la más baja establecida (62.34%) y presentó el costo mas alto, (Q. 19,65). La baja precisión encontrada en el tratamiento que usó esta forma de parcela, estuvo determinada por una alta desviación de los valores alrededor de la media (C.V. 51,86%). A pesar de la alta exactitud encontrada, esta parcela se presenta muy inconveniente por su alto costo, lo que merma su eficiencia (.799) a la vez su baja precisión encontrada, indica mayor incertidumbre en los resultados obtenidos.

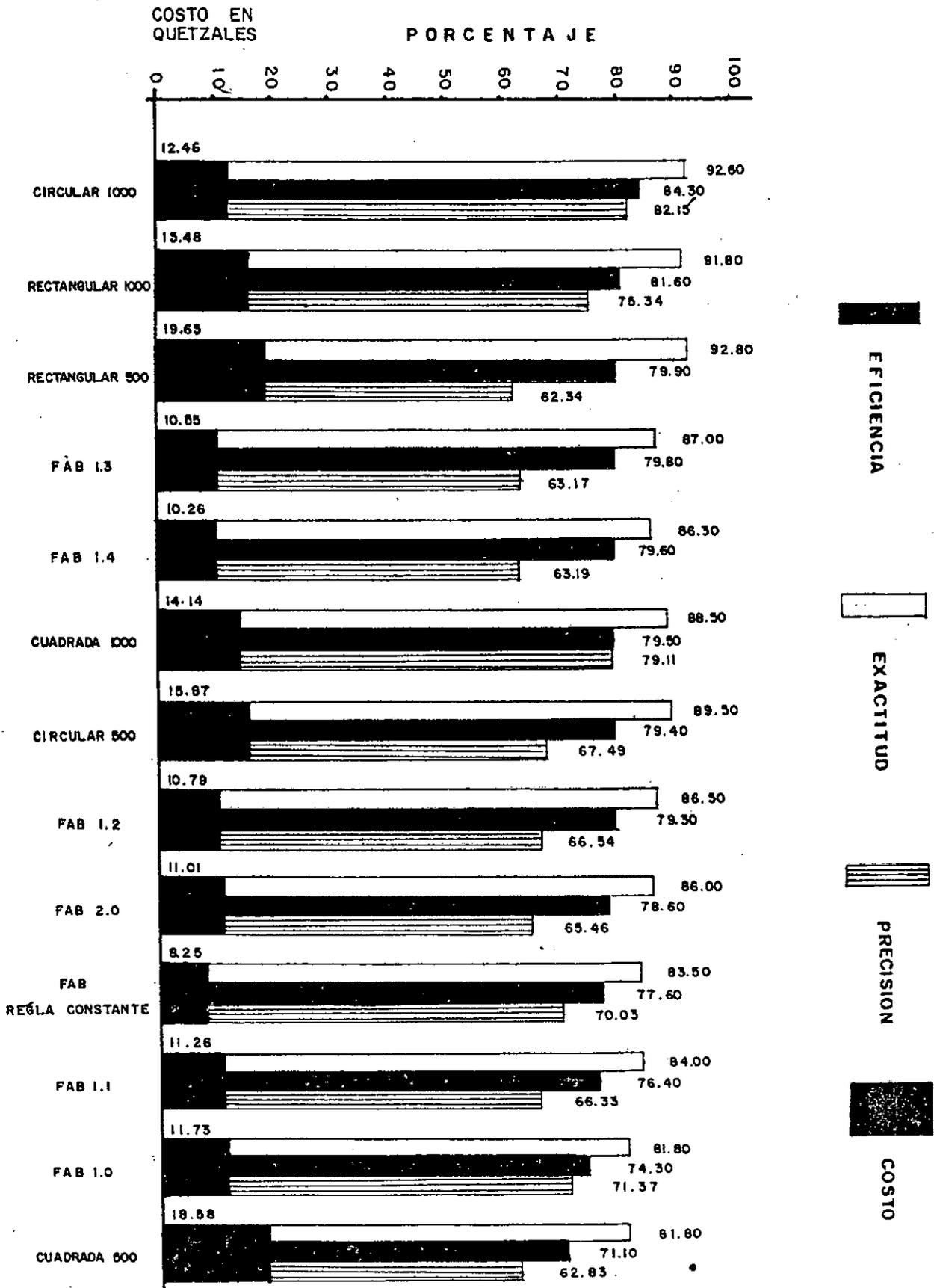
El tratamiento que utilizó la parcela circular de 1000 m^2 , presentó la mayor exactitud (92.80%) presentando además la mayor precisión (82.15%) y el coeficiente de variación más bajo (23.32%). Este fué también el tratamiento mas barato de los de parcela de dimensión fija (Q. 12,46); siendo inclusive estadísticamente tan barata como los tratamientos de dimensiones variables. Por todo lo anterior, la parcela circular de 1000 m^2 , se presenta como la más eficiente (.843 de eficiencia total).

Por su parte la parcela circular de 500 m^2 presenta la cuarta mejor exactitud (89.5%), siendo la más precisa de las parcelas de 500 m^2 y la sexta en general (67.49%). Esta es la más barata de las parcelas de 500 m^2 ; su eficiencia total fué aceptable (.794) (ver cuadro número 10).

Los tratamientos más baratos fueron los que utilizaron parcelas de dimensiones variables, aún cuando para estos tratamientos se hicieron más parcelas por estrato, 12 en total, (4 más que los tratamientos de 500 m^2 y 8 más que los tratamientos de parcelas de 1000 m^2) y esto incrementó sus costos.

Figura 16

Representación de Costo, Exactitud, Precisión y Eficiencia de los Tratamientos



Todos los tratamientos de dimensiones variables se presentan con una exactitud aceptable, siendo el que usó FAB 1.2 el más exacto (86.50%) siguiéndole el FAB 1.4 (86% de exactitud) pero este último presentó una precisión muy baja y el coeficiente de variación más alto de todos los tratamientos analizados (63.19% y 51.86%, respectivamente). El FAB de regla constante tiene una exactitud aceptable (83.3%) es el segundo más preciso de los FAB_s (70.03%) y con un coeficiente de variación de los más bajos (38.60%) (ver anexo 12); presenta además el costo más bajo de todos los tratamientos (Q.8.25/muestreo).

El FAB 1.0 se presenta como el FAB más preciso (71.37% superado únicamente por los tratamientos que usaron parcelas de 1000 m², además tiene el coeficiente de variación más bajo de todos los FAB_s (34.80%) pero presenta la exactitud más baja (81.8%) y el costo más alto de los tratamientos de dimensiones variables (Q.11.73), aunque estadísticamente tan barato como el más barato, la elevación de su costo con respecto a los otros FAB_s se debió a que con este FAB se cuenta más árboles en cada conteo y esto aumenta el tiempo de toma de datos.

En los tratamientos que utilizaron parcelas de dimensión fija, se observó que a mayor longitud de perímetro de la parcela, la precisión disminuyó, de esta cuenta se tuvo que la parcela circular de 1000 m² fue más precisa que la cuadrada de 1000 m² y ésta a su vez más precisa que la rectangular de 1000 m². La misma tendencia anterior se manifestó en los resultados de precisión obtenidos para los tratamientos que usaron parcela de 500 m².

En cuanto a los tratamientos que usaron parcelas de dimensiones variables, se observó que a mayor FAB, se obtuvo menor precisión.

El alto costo de las parcelas rectangular y cuadrada, puede ser debido a su forma de trazo, ya que necesita medir ángulos; mientras que el bajo costo de las parcelas de dimensiones variables, puede estar dado porque no necesitan trazo ni medición directa de diámetros de árboles.

7. CONCLUSIONES

1. En cuanto a costo y precisión los resultados muestran que existen diferencias altamente significativas, al 90 y 95% de confianza, entre los tratamientos evaluados, en área basal, en la estimación de la variable respuesta.
2. No existen diferencias estadísticamente significativas entre los 13 tratamientos analizados en cuanto a exactitud y eficiencia.
3. El tratamiento que utiliza la forma de parcela circular de 1000 m^2 es el más eficiente y preciso, ya que presenta la mayor exactitud, el mas bajo costo y el menor coeficiente de variación.
4. Los tratamientos de parcelas de dimensiones variables son significativamente más baratos que los tratamientos que usan parcela de dimensión fija.
5. El tratamiento que utilizó la parcela rectangular de 500 m^2 , presenta junto con el de la circular de 1000 m^2 , la mayor exactitud, pero resulta ser el más costoso y el menor preciso de todos los tratamientos evaluados.
6. Las parcelas de dimensión fija de 1000 m^2 son significativamente más precisas y más baratas que las de 500 m^2 .
7. No existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a eficiencia entre las parcelas de dimensión fija y las parcelas de dimensión variable.

8. RECOMENDACIONES

1. Cuando se requiera alta precisión y exactitud, del estimador, se recomienda la parcela circular de 1000 m^2 , como forma y tamaño de parcela de muestreo.
2. Se debe procurar evitar el uso de parcelas rectangulares y cuadradas, por lo laborioso de su trazado, lo cual incrementa sus costos; la forma circular presenta la mejor opción de las formas de parcela de dimensión fija evaluadas.
3. Los muestreos que utilizan parcelas de dimensiones variables, se presentan como una buena alternativa para inventarios forestales, ya que se caracterizan principalmente por su bajo costo, presentando además exactitud y precisión similares a los tratamientos convencionales. Por todo lo anterior se le debe dar una mayor divulgación a este procedimiento de muestreo.
4. Para bosques con condiciones similares al estudiado, los FAB_s más adecuados son el FAB 1, el FAB 1.1 (banda 1 + 1 banda estrecha) y el FAB 1.2 (banda 1 + 2 bandas estrechas), por los resultados de exactitud, costo y precisión obtenidos.

9. BIBLIOGRAFIA

1. ALDER, D. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento; predicción del rendimiento. FAO. Estudio FAO:Montes 22/2. 1980. v. 2, 118 p.
2. BEERS, T. W. y MILLER, C. I. Point sampling research results; theory and applications. United States, Purdue Univ. Agric. Exp. Stn. Bull 786. 1964. 56 p.
3. _____. Polyareal plot sampling terminology; symbolism and formulism. United States, Purdue Univ. Agric. Exp. Stn. Bull 838. 1965. 5 p.
4. _____. Line sampling for forest inventory. United States, Purdue Univ. Agric. Exp. Stn. Res. Bull 934. 1976. 34 p.
5. CABALLERO DELOYA, M. Métodos en la investigación forestal. 2 ed. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Universidad Autónoma de Chapingo. Publicación especial no. 10. 1980. 105 p.
6. CABRERA, J. M. Discusión sobre el método de parcelas de dimensiones variables. Guatemala, Instituto Nacional Forestal, 1981. 32 p.
7. CAILLIES, F. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento; estimación del volumen. FAO. Estudio FAO: Montes 22/1. 1980. v. 1, 92 p.
8. CRUZ R., DE LA. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal, 1982. 26 p.
9. ESCARPITA, H. A. Métodos de muestreo con sitios de dimensiones variables. México y sus Bosques 2(1): 25-26. 1962.
10. FOUNTAIN, M. S., HUNT, E. V. y HASSLER, C. C. Comparison of five metric basal area factors. Journal of forestry (United States) 1985:16-27. January 1985.
11. GILCHRIST I., J. y GILCHRIST M., J. Inventarios forestales. Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 1964. Parte I, pp. 12-15.
12. HENNING, N. Medición I. Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales Honduras, 1973. 113 p.

13. HUSCH, P., MILLER, C. y BEERS, T. Forest mensurations. 2 ed. United States, Wiley, 1971. 410 p.
14. JUAREZ, C. S. Ensayo para determinar la eficiencia comparativa de sitios de muestreo en bosque de clima frío templado. Tesis Ing. Agr. México, Escuela Nacional de Agricultura Chapingo, 1965. s. p.
15. KULOW, D. E. Comparison of forest sampling design. Journal of forestry (United States) 1981: 469-474. October 1981.
16. MALDONADO, R. F. Comparación de algunos métodos de muestreo forestal. Tesis Ing. Agr. México, Universidad Autónoma de Chapingo, 1972. s. p.
17. ODERWALD, R. G. Point and plot sampling; the relationship. Journal of forestry (United States) 1981: 377-378. January 1981.
18. ORTIZ, L. Plan de manejo forestal de la finca Rincón del Sinaque, aldea El Jícaro, San Jerónimo, Baja Verapaz, Guatemala. Guatemala, s. e., 1985. 53 p.
19. PETERS, R. Tablas de volumen para las especies coníferas de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. Doc. de Trabajo no. 17. 1977. 162 p.
20. REYES C., P. Diseños de experimentos aplicados. 2 ed. México, 1980. pp. 51-53.
21. RUIZ M., F. El empleo del relascopio de Bitterlich en los inventarios forestales. Revista Chapingo (México) 3(9-10): 83. 1963.
22. SILVA ALVES, J. DA. Biometria e estatística forestal. Brazil Universidad Federal de Santa María, Centro de Ciencias Rurais, 1975. 234 p.
23. SOSA CEDILLO, V. E. Inventarios forestales. Ciencia Forestal (México) 6(31): 37-38. 1981.
24. VILLAREAL ARROLLO, M. y CABALLERO DELOYA, M. Evaluación comparativa de diferentes métodos de muestreo en bosque de coníferas de clima templado del estado de Durango. Chapingo, Nueva Epoca (México) no. 15: 3-12. 1979.
25. VILLA SALAS, A. B. y CABALLERO DELOYA, M. Técnicas de muestreo usadas en México en inventarios forestales; desarrollo histórico. Ciencia Forestal (México) 2(10): 3-18. 1977.

26. WENSEL L., C., LEVITAN, J. y BARBER, K, Selection of area basal factor in point sampling. Journal of forestry (United States) 1980: 83-84, February 1980.

10.60.

Patualle



A N E X O S

A N E X O 1

Costos de Trazado de Estratos y Obtención de Parámetros de Area Basal

Estrato	Tiempo diario efectivo (Hrs.)	Tiempo trazado (Hrs.)	Tiempo Censo (Hrs.)	Costo Trazado (Q)	Costo Censo (Q)	Costo Total (Q)	Area Basal (m ²)	Volumen (m ³)
Medio Joven	8	12	23.5	52.5	117.50	170.00	60.32	498.88
Maduro Joven	7.5	14	21.55	67.12	114.84	181.96	85.43	677.71
Maduro	7.25	11	32.00	53.74	176.55	230.39	90.65	793.18
Muy Maduro	7.25	10	29.91	48.95	165.06	214.01	107.04	960.17

En el trazado se utilizaron cadrillas de 1 técnico y 1 peón.

En el Censado se utilizaron cuadrillas de 1 técnico y 2 peones.

A N E X O 3

ESTRATOS	MODELO DE REGRESION	FACTOR MORFICO	DENSIDAD (arb/ha)
Bosque Medio J6ven	$H = -13.47633 + 9.9959 \times \text{Ln } D$.4551	430
Bosque Maduro J6ven	$H = -9.8131 + 9.02586 \times \text{Ln } D$.4057	460
Bosque Maduro	$H = -14.069725 + 10.6989 \times \text{Ln } D$.4589	470
Bosque Muy Maduro	$H = 8.30126 + 0.41488 \times D$.446	509

A N E X O 8

Cuadro 11. Exactitud de Volumen/Tratamiento/Estrato.

TRATAMIENTO	ESTRATO	MEDIO JOVEN	MADURO JOVEN	MADURO	MUY MADURO
Circular	500 m ²	79.782	93.005	94.602	94.644
Circular	1000 m ²	97.476	98.593	93.484	77.746
Rectangular	500 m ²	91.783	96.952	96.951	99.559
Rectangular	1000 m ²	95.417	94.351	92.837	80.975
Cuadrada	500 m ²	76.499	94.499	79.647	91.582
Cuadrada	1000 m ²	88.451	96.62	86.691	88.955
FAB	1.0	97.22	91.714	63.072	70.011
FAB	1.1	92.624	94.849	67.568	79.457
FAB	1.2	99.723	98.558	68.768	78.911
FAB	1.3	94.406	96.469	72.017	81.597
FAB	1.4	90.861	88.844	76.157	89.488
FAB	2.0	90.99	99.367	71.511	83.782
FAB Regla Constante		88.084	90.4	91.227	71.415

Cuadro 12. Exactitud Media/Tratamiento.

TRATAMIENTO	EXACTITUD %
Circular 500 m ²	90.8
Circular 1000 m ²	91.8
Rectangular 500 m ²	96.5
Rectangular 1000 m ²	90.8
Cuadrada 500 m ²	85.5
Cuadrada 1000 m ²	90.6
FAB 1.0	80.5
FAB 1.1	83.8
FAB 1.2	86.8
FAB 1.3	86.0
FAB 1.4	86.3
FAB 2.0	86.5
FAB Regla Constante	85.0

A N E X O 9

Cuadro 13. Precisión de Volumen/Tratamiento/Estrato.

TRATAMIENTO	ESTRATO	MEDIO JOVEN	MADURO JOVEN	MADURO	MUY MADURO
Circular	500 m ²	69	70	60	65
Circular	1000 m ²	80	84	73	78
Rectangular	500 m ²	68	77	48	47
Rectangular	1000 m ²	83	85	53	81
Cuadrada	500 m ²	67	78	36	66
Cuadrada	1000 m ²	82	89	63	87
FAB	1.0	81	78	55	68
FAB	1.1	71	71	56	69
FAB	1.2	78	60	59	72
FAB	1.3	69	57	56	70
FAB	1.4	67	56	55	66
FAB	2.0	73	67	56	78
FAB variable		76	72	63	64

Cuadro 14. Precisión Media/Tratamiento.

TRATAMIENTO	PRECISION %
Cuadrado 1000 m ²	80 a
Circular 1000 m ²	79 ab
Rectangular 1000 m ²	76 abc
FAB 1.0	70 abc
FAB variable	69 abc
FAB 1.1	67 abc
FAB 1.2	67 abc
Circular 500 m ²	66 abc
FAB 2.0	66 abc
FAB 1.4	64 abc
FAB 1.3	63 abc
Cuadrado 500 m ²	62 bc
Rectangular 500 m ²	60 c

A N E X O 10

Cuadro 15. Eficiencia Total de Volumen/Tratamiento/Estrato

TRATAMIENTO	ESTRATO	MEDIO JOVEN	MADURO JOVEN	MADURO	MUY MADURO
Circular	500 m ²	.6890	.805	.862	.852
Circular	1000 m ²	.873	.87	.876	.717
Rectangular	500 m ²	.753	.828	.85	.879
Rectangular	1000 m ²	.829	.821	.84	.734
Cuadrada	500 m ²	.633	.816	.708	.812
Cuadrada	1000 m ²	.773	.848	.80	.809
FAB	1.0	.88	.779	.59	.66
FAB	1.1	.841	.812	.64	.75
FAB	1.2	.91	.848	.65	.748
FAB	1.3	.863	.832	.68	.774
FAB	1.4	.832	.77	.72	.852
FAB	2.0	.83	.854	.68	.792
FAB Regla Constante		.804	.791	.80	.684

Cuadro 16. Eficiencia Total Media/Tratamiento.

TRATAMIENTO	EFICIENCIA %
Circular 500 m ²	.802
Circular 1000 m ²	.834
Rectangular 500 m ²	.828
Rectangular 1000 m ²	.807
Cuadrada 500 m ²	.742
Cuadrada 1000 m ²	.809
FAB 1.0	.73
FAB 1.1	.763
FAB 1.2	.791
FAB 1.3	.789
FAB 1.4	.795
FAB 2.0	.789
FAB Regla Constante	.79

A N E X O 11

Cuadro 17. Coeficiente de Variación de Area Basal/Tratamiento/
Estrato

TRATAMIENTO	ESTRATO	MEDIO JOVEN	MADURO JOVEN	MADURO	MUY MADURO
Circular	500 m ²	40.92	38.16	43.96	38.31
Circular	1000 m ²	21.56	14.23	36.80	20.69
Rectangular	500 m ²	45.48	25.73	50.41	55.84
Rectangular	1000 m ²	20.39	14.16	54.76	25.41
Cuadrada	500 m ²	43.045	28.88	66.35	39.08
Cuadrada	1000 m ²	29.11	13.049	42.46	15.36
FAB	1.0	32.92	25.19	47.70	33.40
FAB	1.1	43.26	34.87	50.10	35.47
FAB	1.2	37.84	48.75	47.58	38.24
FAB	1.3	46.74	59.20	50.65	44.02
FAB	1.4	45.64	60.83	50.44	50.56
FAB	2.0	48.78	37.97	49.36	36.97
FAB Variable		51.4	30.27	38.79	33.96

Cuadro 18. Coeficiente de Variación Media/
Tratamiento.

TRATAMIENTO	COEFICIENTE DE VARIACION %
FAB 1.4	51.867 a
FAB 1.3	50.1525 a
Rectangular 500 m ²	44.365 a
Cuadrada 500 m ²	44.338 ab
FAB 2.0	43.255 ab
FAB 1.2	43.1025 ab
FAB 1.1	40.925 ab
Circular 500 m ²	40.33 ab
FAB Variable	38.605 b
FAB 1.0	34.80 b
Rectangular 1000 m ²	28.68 b
Cuadrada 1000 m ²	24.92 b
Circular 1000 m ²	23.332 b

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

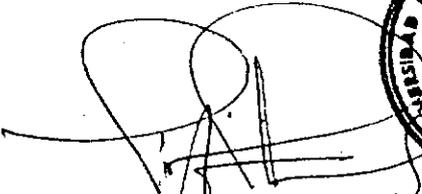
GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

.....

"IMPRIMASE"


ING. AGR. CESAR A. GASTAÑEDA S.
D E C A N O

