

SITIOS DE DIMENSIONES VARIABLES CONTRA SITIOS DE DIMENSIONES FIJAS.

Lara Rubio Martín Erasmo*
Espinosa Domenzain Josué Manuel**

RESUMEN

Este trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", que se encuentra ubicado en la Cordillera Neovolcánica, localizado al oeste de la ciudad de Uruapan, Michoacán, con el propósito de realizar un análisis de los sitios de dimensiones fijas de 1 000 m² contra los sitios de dimensiones variables basados en el conteo angular, para presentar una alternativa más eficiente en la evaluación de los recursos forestales a través del muestreo. El número de puntos de muestreo que se empleó para dimensiones fijas, fue igual al de dimensiones variables; éstos se levantaron en el mismo punto. Para su análisis se agruparon en tres diferentes tamaños de muestra, los cuales fueron 6, 28 y 55 sitios. En lo que respecta al costo, se evaluó para cada uno de los tipos de sitios, tomando en cuenta el valor de los instrumentos y el sueldo del personal empleado.

Los resultados que se obtuvieron presentan ventajas significativas de los sitios de dimensión variable con respecto a los de dimensión fija.

Palabras clave: Muestreo forestal, inventarios forestales, sitios de muestreo.

ABSTRACT

This study was effected in the Experimental Forest Field "Barranca de Cupatitzio", that it is located in the Cordillera Neovolcánica, located near to the city of Uruapan, in Michoacán state, with the purpose of carrying out an analysis of the sites of fixed

* Ingeniero Agrónomo Forestal, Investigador Titular del CIRPAS, INIFAP, SARH

** Ingeniero Agrónomo Forestal, Auxiliar del Sección de Evaluación de Recursos Forestales, CIRPAS, INIFAP, SARH

size of 1 000 m² with the sites of variable size based on the angular rate (count), in order to introduce a more efficient alternative in the evaluation of the forest resources through the sampling. The number of sampling points that used for fixed size, it was equal to sampling points for the variable size; these got up in the same point. For their analysis it was formed a group three sample size, with 6, 28 and 55 plots. In relation with the cost, it was evaluated for each one of the types of plots, considering the value of the instruments and the salary of the personnel employed. The outputs gotten introduce significant advantages of the plots of variable size with concerning the of fixed size.

Key words: Sampling techniques, forest inventories, sampling plots.

INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales en México ocupan un casillero de gran importancia en su economía, debido a que de ellos se obtienen innumerables bienes y servicios; su conservación y aprovechamiento en forma continua y sostenida, será posible sólo cuando se tenga conocimiento preciso de su cuantía y distribución.

La magnitud de la extensión de estos recursos en los climas templado y frío de México, comprende una cifra aproximada de 29 millones de hectáreas, nos hace recapacitar en la necesidad de minimizar los costos del muestreo para los inventarios forestales.

Por tal motivo, el propósito de este trabajo es realizar una comparación de los sitios de dimensiones fijas de 1 000 m², con los sitios de dimensiones variables basados en el conteo angular, con el fin de presentar una alternativa más eficiente para la evaluación del recurso a través del muestreo.

ANTECEDENTES

La determinación de la forma y el tamaño de los sitios de muestreo más eficientes para fines de inventario, fue una preocupación que mereció especial atención del Inventario Nacional Forestal.

Dentro de los estudios concernientes al problema, es conocido que el tipo de sitio que más se ha empleado en México es el circular de 1 000 m² (Caballero, 1977)¹. Otros tipo de sitios de dimensiones fijas se usan en países como Finlandia, donde el empleo de sitios de 400 m² resultó satisfactorio (Kuusela, 1960)². En los Estados Unidos se estableció que el tamaño del sitio debe ser en lo general lo suficientemente grande como para incluir 20 o 30 árboles medibles, y no mayor, de tal forma que no requiera tiempo excesivo en la medición (Spurr, 1952)³. En Suecia, su inventario nacional forestal utilizó sitios de 138 m².

Por lo que respecta a los sitios de dimensión variable, su introducción en México se inició en la década de los 60's (Carreón, 1963)⁴. Estos sitios no tienen una superficie fija y su radio está dado por el diámetro del arbolado y por el factor de área basal a emplear (Grosenbaugh, 1958)⁵; no es necesario medir directamente los diámetros para obtener el área basal o volumen promedio de la madera, estos valores se determinan con ciertos factores de conversión (Sánchez, 1962)⁶ y teóricamente el muestreo con sitios de dimensiones variables es más eficiente que el de dimensión fija debido a que es un muestreo con probabilidad proporcional al área basal (Grosenbaugh, *op. cit.*), y la variabilidad entre los árboles muestreados es menor que con sitios de superficie fija (Zeide y Troxel, 1979)⁷.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área.

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", el cual se encuentra ubicado en la Cordillera Neovolcánica, localizado al oeste de la Ciudad de Uruapan, Mich. El tipo de vegetación está formado por bosques de pino y de pino-encino. Las especies más importantes son: *Pinus michoacana* var. *cornuta*, *P. douglasiana*, *P. lawsonii* y *P. leiophylla*. Los encinos que se encuentran son: *Quercus rugosa*, *Q. crassifolia* y *Q. conglomerata*.

¹Caballero D., M. y Villa S., A.B. 1977. Evaluación de cuatro tamaños de sitios circulares en inventario forestal.

²Kuusela, K. 1960. Variation of the site Pattern and growing stock and its effect on the precision of forest inventory.

³Spurr, S.F. 1952. Forest inventory.

⁴Carreón, R. F. 1963. Manual de muestreo de bosques por sitios de dimensiones variables.

⁵Grosenbaugh, L. R. 1958. Point-sampling and line Sampling: Probability theory, geometric implications, synthesis.

⁶Sánchez M., N. 1962. Los sitios de dimensiones variables y sus aplicación en Michoacán.

⁷Zeide, B. y Troxel J., K. 1981. Muestreo de sitios fijos sobre muestreo Puntual.

En este campo experimental, se encuentran trazados dos ejes de coordenadas, orientados magnéticamente (norte-sur y este-oeste) delimitando cuatro cuadrantes. Paralelamente a cada 50 m de estos ejes se trazaron líneas con teodolito, estacando cada 50 m y delimitando parcelas de 2 500 m².

En estas parcelas se han tomado una serie de datos dasométricos y silvícolas que están sirviendo de base para diferentes trabajos que realiza actualmente el Centro de Investigación Regional Pacífico Centro del INIFAP.

El presente trabajo comprendió 55 ha que forman parte del cuadrante I (fig. No. 1).

Inventario total.

En las 55 ha que comprendió el área de este trabajo, se midió en forma directa el diámetro normal o DAP (a 1.3 m del suelo) con forcípula a todo el arbolado que alcanzara como mínimo un diámetro normal de 10 cm.

Diseño de muestreo.

Se realizó tomando como marco al cuadrante I del Campo Experimental, considerándose el tipo de sitios, tamaño de muestra y el método de muestreo.

Tipo de sitios.

Principalmente se utilizan dos tipos de sitios en los inventarios forestales en México, el de 1 000 m² y el de dimensiones variables, los cuales se analizan en este trabajo.

En cuanto al sitio circular de 1 000 m², podemos mencionar que es el que más ha utilizado el Inventario Nacional Forestal de México en sus trabajos de campo para las masas forestales de zonas templadas y frías. Tiene un radio de 17.84 m (fig. No. 2) y se caracteriza porque todos los árboles que entran en él tienen la misma oportunidad de ser seleccionados en la muestra. En este trabajo se puso como límite inferior un diámetro normal de 10 cm para los árboles que fueron inventariados y la medición se realizó en forma directa con forcípula.

Por lo que respecta al sitio de dimensiones variables, es conveniente mencionar que es una técnica de reciente aplicación en México, la cual se basa en el postulado de Bitterlich (Carreón, *op. cit.*)⁸ que dice: "si desde un punto cualquiera en medio de un bosque, observamos los árboles que tenemos alrededor nuestro y contamos aquellos cuyo diámetro a la altura del pecho abarca un ángulo de visión igual o mayor a un

⁸Carreón R., F 1963. Manual de muestreo de bosques por sitios de dimension variables.

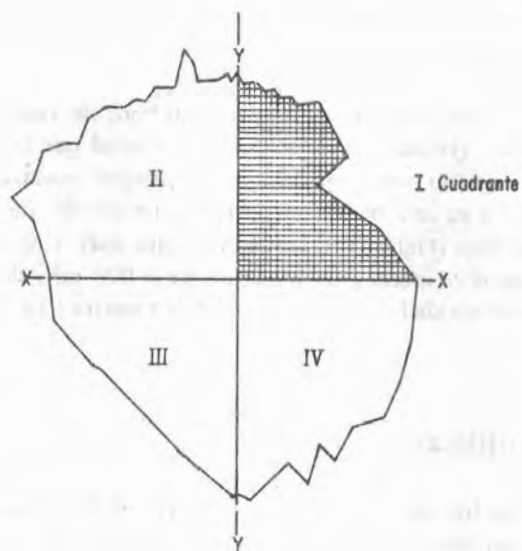


Figura No. 1. Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", mostrando el trazo de la cuadrícula.

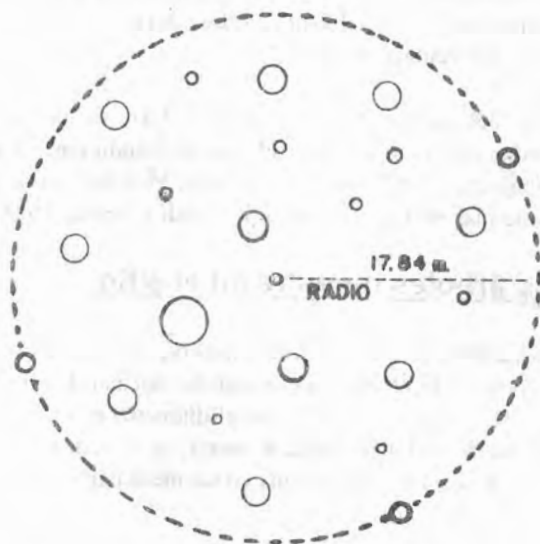


Figura No. 2. Sitios de dimensión fija de 1000 m^2

ángulo dado, el número de árboles contados está en relación directa con el área basimétrica por hectárea".

La principal característica de este sitio es que no tiene un radio fijo, el cual depende de los diámetros del arbolado y del factor de área basal que se esté empleando. Otro aspecto importante que lo caracteriza es que los árboles-muestra son seleccionados en forma proporcional a su área basal; por lo tanto, los árboles de mayor diámetro, que suelen ser los más importantes, son también los que mayor oportunidad tienen de ser elegidos; lo contrario es cierto para los sitios de 1 000 m², donde todos los árboles tienen la misma oportunidad de ser contados en la muestra (fig. No. 3).

Instrumento utilizado.

Para la selección de los árboles-muestra, se utilizó el telerrelascopio de Bitterlich, el cual tiene una gran precisión. Entre las características de este instrumento está la compensación por pendiente y un poder óptico de ocho aumentos; con ello, las escalas y el objeto de medición son amplificadas, lo que facilita la visibilidad y claridad en la toma de datos.

El telerrelascopio, además de medir el área basal por hectárea, puede medir las alturas y diámetros a diferentes secciones del árbol, lo que permite obtener el volumen de los árboles, que es una de sus ventajas principales.

La elección correcta del factor de área basal (FAB), es de importancia para la obtención de resultados confiables y depende de las condiciones particulares de cada bosque. En este trabajo, se empleó el FAB 1, debido a que en un estudio previo se observó que fue el que más se adaptó al área de estudio, (Lara, 1981)⁹.

Elección de los árboles muestra en el sitio.

Para determinar si el árbol entra o no en la muestra, se hace un giro de 360° con el telerrelascopio bisectando a la altura del diámetro normal del arbolado con la banda que corresponde al FAB 1 y si se observa que el diámetro es mayor que el ancho de la banda, entonces se considera el árbol en la muestra; si es menor no se toma en cuenta, y si da un ancho igual al de la banda se toma como medio árbol (fig. No. 4).

⁹Lara R., M. 1981. Comportamiento de los diferentes aparatos utilizados en sitios de dimensiones variables con factor de área basal uno.

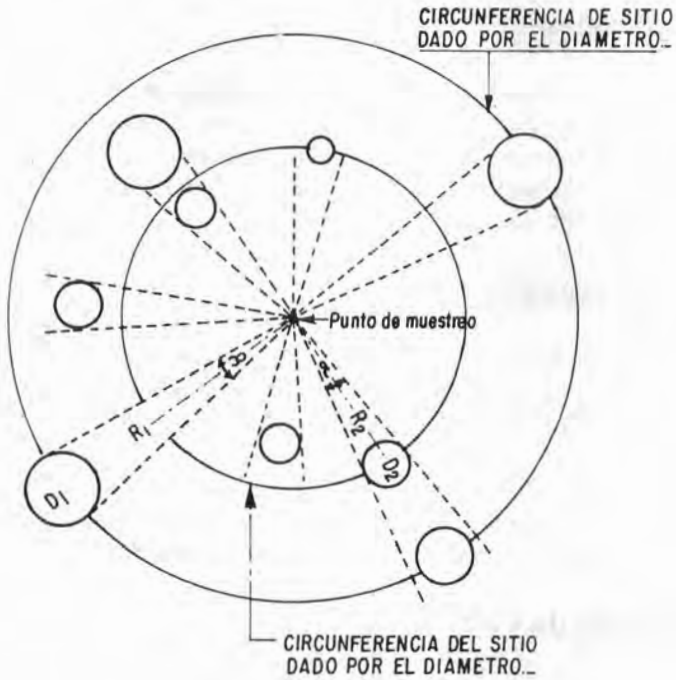


Figura No. 3. Sitio de dimensiones variables.



Figura No. 4. Elección de los árboles-muestra en el sitio; a) cuando éste es más grande, b) cuando es más chico y c) tangente a la bisección con la banda FAB 1 .

Tamaño de muestra.

El número de sitios de muestreo que se empleó para dimensiones fijas, fue igual al de dimensiones variables; éstos se levantaron en el mismo punto. Para su análisis se agruparon en tres diferentes tamaños de muestra, las cuales fueron de 6, 28 y 55 sitios que equivale a una intensidad de muestreo de 1, 5 y 10% , únicamente para los de dimensión fija de 1 000 m² .

Técnica de muestreo.

Una vez seleccionada la ubicación del primer sitio, los siguientes se ubicaron en líneas a distancias constantes, en forma sistemática, de acuerdo con un patrón especificado previamente para cada intensidad de muestreo (figs. No.5, No. 6 y No. 7).

Esta técnica de muestreo ha sido ampliamente usado en los inventarios forestales, debido a que la localización de las unidades de muestreo en el campo es más fácil y económica, generalmente se obtiene una mejor distribución de la muestra.

Procedimiento de cálculo.

Para el censo total y los sitio de dimensiones fijas se utilizó la medición directa, en los casos de sitios de dimensiones variables se aplicó la medición indirecta.

a) Medición directa

De acuerdo con la información que se tomó en el censo total, se calculó el área basal de cada árbol con la siguiente formula:

$$AB = 0.7854 D^2$$

donde:

$$\begin{aligned} AB &= \text{área basal} \\ 0.7854 &= \text{constante} \\ D &= \text{diámetro normal} \end{aligned}$$

El área basal total fue la suma de todas las áreas basales de cada uno de los árboles que entraron en el censo.

En cuanto a los sitios de dimensiones fijas, a todos los árboles que cayeron en él y tenían como mínimo un diámetro normal de 10 cm, se les calculó el área basal

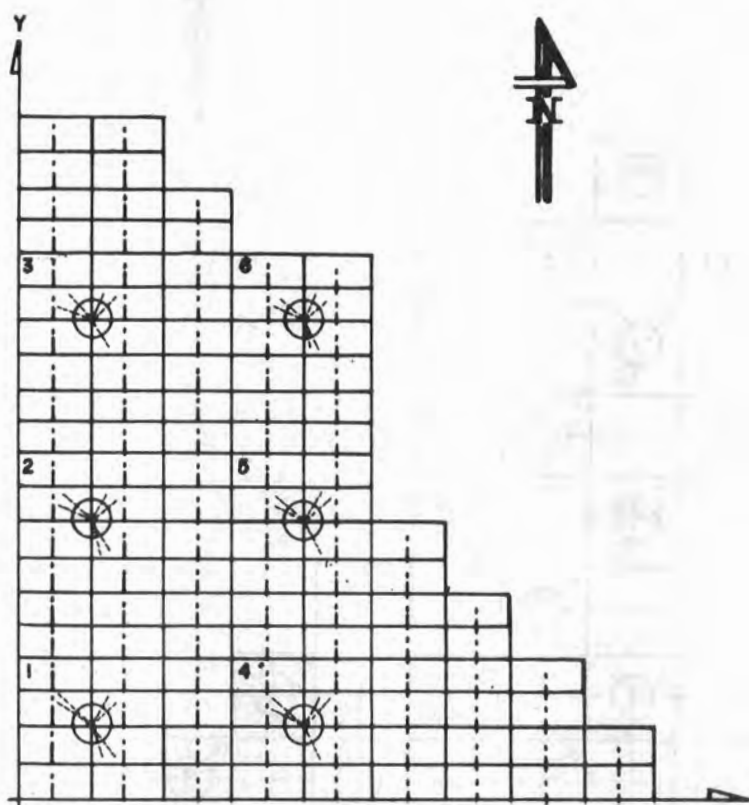


Figura No. 5. Distribución sistemática de los sitios de dimensión variable y fija (1% de intensidad), en el área de estudio.

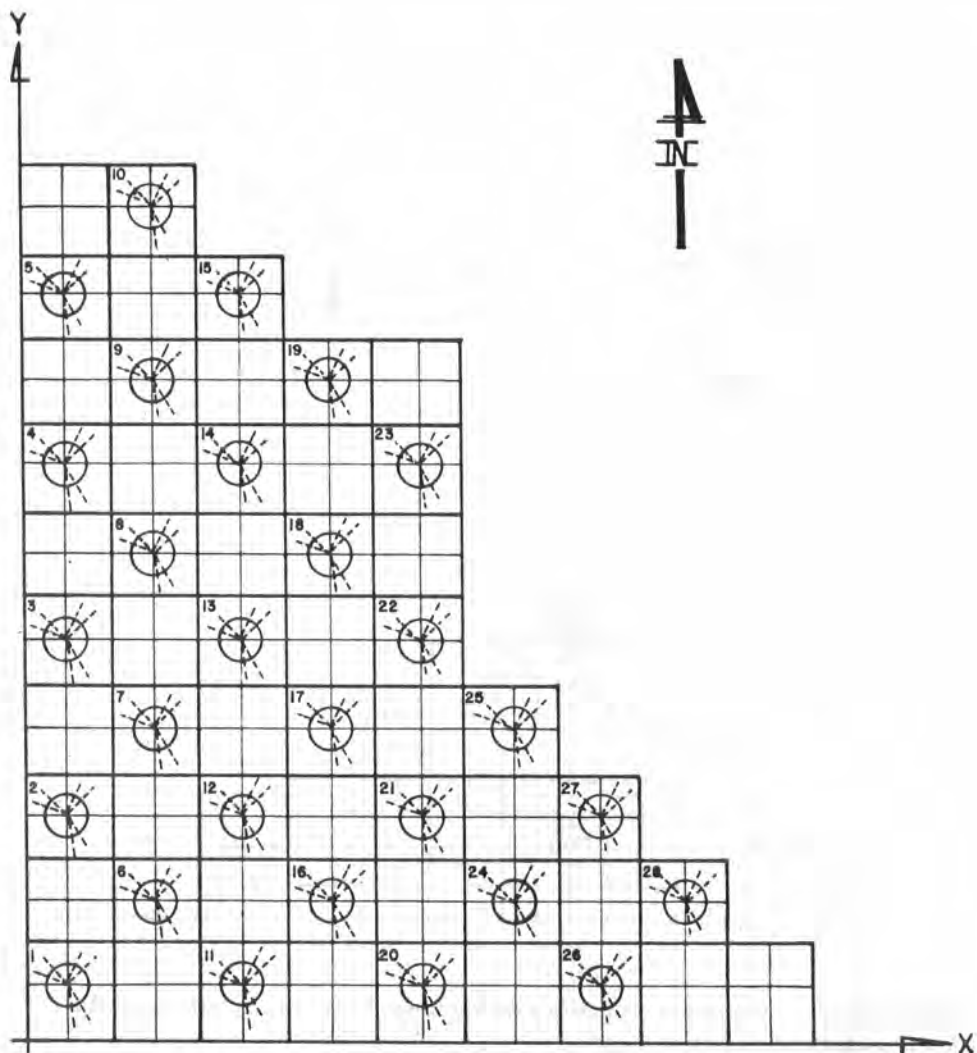


Figura No. 6. Distribución sistemática de los sitios de dimensión variable y fija (5% de intensidad), en el área de trabajo.

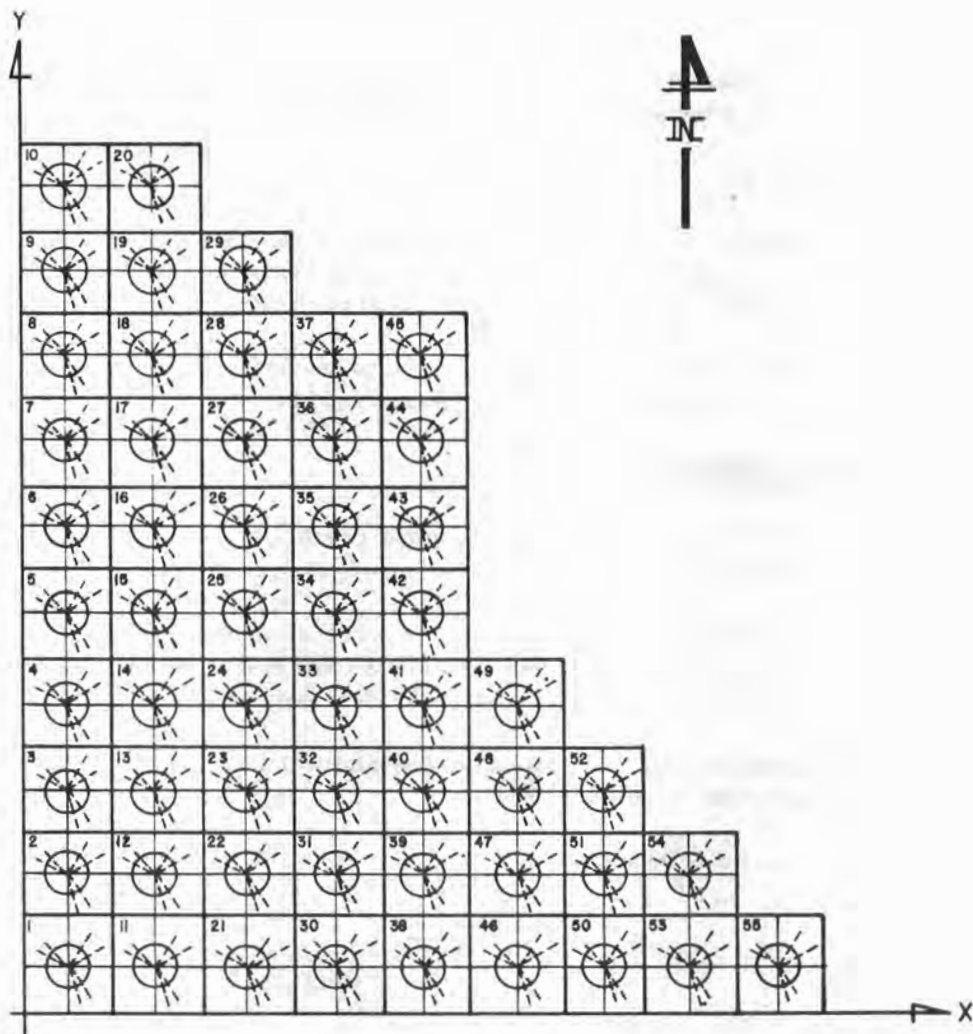


Figura No. 7. Distribución sistemática de los sítios de dimensión variable y fija (10% de intensidad), en el área de trabajo.

mediante la fórmula: $AB = 0.7854 D^2$ y el área basal total del sitio fue la suma de ellas.

El área basal promedio de los sitios de 1 000 m² se estimó para una hectárea, y ésta se multiplicó por 55 hectáreas para conocer el área basal total.

b) Medición indirecta

La medición indirecta se utilizó en los sitios de dimensiones variables, en estos se empleó el FAB 1, en cada sitio de muestreo, por lo cual el árbol que caía dentro de él o en su límite, contaba como 1 y 0.5 m² de área basal por hectárea respectivamente.

En cuanto al área basal total estimada, se obtuvo multiplicando el área basal promedio por hectárea, por la superficie total empleada (55 ha).

Análisis estadístico.

Se utilizó el análisis de comparación de la media muestral y la media del censo cuando la varianza poblacional es conocida, conforme a los siguientes pasos:

1. Se planteó la hipótesis enunciando que los sitios de dimensiones fijas y de dimensiones variables, al ser utilizados en muestreo para calcular área basal por hectárea, dan resultados promedios semejantes a los de la medición directa.
2. Se evaluó la hipótesis conforme con un nivel significativo del 5% (probabilidad de 1 en 20 de llegar a una conclusión errónea).
3. Se eligió el estadístico de prueba

$$Z = \frac{\bar{X} - M_0}{\sigma / \sqrt{N}}$$

donde:

- Z = Valor de Z calculada
- X = Área basal promedio por hectárea del muestreo.
- M₀ = Área basal promedio por hectárea del censo.
- σ = Desviación estandar de la población.
- N = Número de muestras.

- 4) Se determinó la región crítica para $\alpha = 0.05$ es $Z < -1.96$ y $Z > 1.96$

Se calculó el valor del estadístico a partir de las muestras y se observó si caía o no en la región crítica. Cuando el estadístico tenía un valor en la región crítica se rechazaba la hipótesis, en caso contrario se aceptaba .

Análisis de tiempos y costos.

El tiempo y el costo de operación son factores muy importantes en la determinación del tipo de sitio de muestreo que conviene emplear, el ahorro de ambos redundará en beneficio de la economía de la institución o dependencia que los maneja.

Se consideró el tiempo que se empleó en la toma de la muestra de los sitios de dimensiones fijas y de dimensiones variables, y se obtuvieron los promedios .

No se tomó en cuenta el tiempo empleado en los traslados de los puntos de muestreo, estos fueron iguales para los dos tipos de sitios .

En lo que respecta al costo, se evaluó para cada uno de los tipos de sitios, tomando en cuenta el valor de los instrumentos y el sueldo del personal empleado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inventario total

Los resultados obtenidos por el inventario total en las 55 ha empleadas para este trabajo son:

Área basal total	776.05 m ²
Área basal promedio/ha	4.11 m ² /ha;
Desviación estándar	4.19 ;
Coefficiente de variación	29.69 %.

Sitios de dimensiones fijas y de dimensiones variables

Los resultados del análisis de la comparación de la media muestral y la media poblacional en el cálculo del área basal por hectárea de los sitios de dimensiones fijas y variables, se presentan en el cuadro No. 1.

TIPO DE SITIO	SITIO DE DIMENSIONES FIJAS (1000 m ²)			SITIO DE DIMENSIONES VARIABLES				
	No. de sitios	Int. de muestreo	6 / 12	28 / 52	55 / 102	6	28	55
Area basal total estimada m ²	689.70	661.10	729.30	843.15	760.10			
Area basal promedio m ²	12.54	12.02	13.26	15.33	13.82			
Area basal testigo m ²	14.11	14.11	14.11	14.11	14.11			
Desviación estándar	6.96	5.76	6.24	6.30	6.60			
Coef. de var. %	55.5	47.92	47.05	41.09	47.75			
Z Calculada	-0.91	2.63	-1.50	0.71	-0.51			
Z Tablas $\alpha = 0.05$	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96			
Significancia	N.S.	S	N.S.	N.S.	N.S.			
S = significativo								
N.S. = No significativo								

Cuadro No. 1. Resultados del análisis de la comparación de la media muestral y de la población en el cálculo del área basal por hectárea.

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron con los sitios de dimensiones fijas y de dimensiones variables, se observan valores muy cercanos al promedio del inventario total, como es el caso del muestreo efectuado con 55 sitios de dimensión variable, donde se obtuvo una diferencia de 0.29 m² área basal con respecto al valor promedio real (promedio por hectárea del inventario total).

La diferencia más grande se obtuvo en la intensidad del 5% con sitios definidos la cual fue de 2.09 m² respecto al valor real.

Ahora bien, como la comparación de los sitios de dimensiones fijas y variables se hizo tomando como base igual número de sitios, los resultados observados dan mayor confiabilidad a los promedios de área basal obtenida con sitios de dimensiones variables.

En cuanto a los resultados del análisis por el método de comparación de medias efectuado a una confiabilidad del 95%, se observó que de los 6 análisis realizados, sólo uno presentó diferencia significativa respecto al testigo, el cual pertenece a los sitios de dimensiones fijas de 5% de intensidad; esto era de esperarse, pues fue el que presentó un área basal media con mayor diferencia respecto al valor del testigo. Tomando en cuenta el análisis estadístico que se aplicó a los resultados promedio de área basal por hectárea, y debido a que el valor de Z tabulada es mayor que la calculada, se acepta la hipótesis. Los sitios de dimensiones fijas de 1 000 m² de superficie a la intensidad de 1 y 10% y los sitios de dimensiones variables en los 6, 28 y 55 sitios de muestreo que se levantaron y que equivalen en número a los que en sitios de dimensiones fijas dieron 1, 5 y 10% de intensidad de muestreo en las 55 ha donde se efectuó esta investigación, presentaron resultados promedios para calcular área basal por hectárea semejantes a la medición total directa.

Con respecto al resultado obtenido en sitios definidos de 1 000 m² a la intensidad de 5%, se encontró evidencia estadística para decir que el resultado promedio de área basal no es confiable para estimar el valor medio real del área basal por hectárea, bajo las condiciones donde se realizó el presente trabajo.

Tiempo y costo

El tiempo y el costo son factores muy importantes que deben de considerarse para seleccionar el tipo de sitio que se debe emplear en los inventarios forestales. Los resultados del análisis de tiempo y costo se presentan en el cuadro No. 2.

Estos resultados presentan algunas ventajas para los sitios de dimensión variable con respecto a los de dimensión fija que son:

RECURSOS	Tipo de sitio	
	S.D.V.	S.D.F.
Tiempo promedio por sitio.	2' 30"	9' 30"
Número de sitios levantados por día.	44	25
Número de personas empleadas por día.	2	3
Costo por sitio.	\$180.00	\$450.00

Cuadro No. 2. Tiempo y costo promedio de operación empleado en la toma de la muestra con los sitios de dimensión variable (S.D.V.) y de dimensión fija (S.D.F.).

SITIO	EQUIPO	COSTO
S.D.V.	Telerrelascopio de Bitterlich	\$3'978,495.00
S.D.F.	Forcípula, cuerda compensada y clinómetro Suunto.	\$ 65,250.00

Cuadro No. 3. Costos del equipo utilizado.

- a) El tiempo utilizado en levantar el sitio de dimensión variable es 3.8 veces menor que en el de dimensión fija.
- b) El número de sitios de dimensión variable levantados por día, fue 76 % mayor que los de dimensión fija.
- c) El número de personas empleadas es de dos por sitio en comparación con el sitio de dimensión fija que utilizó tres.
- d) En consecuencia , el costo por sitio de dimensión fija resulto ser más del doble en comparación con los sitios de dimensión variable.

En los costos no se incluyó el valor del equipo; se consideró que era conveniente separarlo para una mejor comprensión de las diferencias entre los dos tipos de sitio. Los totales del costo del equipo se presentan en el cuadro No. 3.

En este cuadro comparativo se nota claramente una gran diferencia en los costos, teniendo la ventaja los sitios de dimensión fija por su bajo costo en equipo. A pesar de lo anterior se pueden analizar algunos factores que nos hacen recomendar el telerreliscopio. Este aparato tiene una gran precisión, nos sirve, no sólo para obtener área basal, sino también para cubicar árboles en pie, pudiendo obtener tablas de volúmenes, coeficientes mórficos, así como distancias, pendientes y clasificación de productos; eso trae consigo que pueda utilizarse para una amplia gama de trabajos en los inventarios forestales, lo que supera en gran manera a lo que pudiera hacerse con una cuerda, una forcípula y un clinómetro en el monte.

Se obtiene un mayor ahorro en dinero y tiempo al emplear sitios de dimensión variable en superficies extensas donde se requiere un alto número de sitios, únicamente en la estimación del área basal por hectárea, sin tomar en cuenta el demás trabajo que se puede realizar con el telerreliscopio de Bitterlich.

En el caso de que se careciera de un telerreliscopio se podría usar un reliscopio de Bitterlich, ya que también se adapta a las condiciones topográficas de los bosques en Mexico. En áreas forestales con poca pendiente es factible utilizar un reliscopio simple.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la estimación del área basal promedio del censo total, los sitios de dimensión variable presentaron más exactitud que los de dimensión fija.
2. El área basal promedio por ha obtenida con 6, 28 y 55 sitios de dimensión variable, y con los de 6 y 55 de dimensión fija, no presentaron diferencias significativas con respecto a la del testigo (censo total).
3. El área basal promedio por ha obtenida con 28 sitios de dimensión fija presentó diferencias significativas con respecto al testigo.
4. El tiempo promedio para levantar un sitio de dimensión variable fue 3.8 veces menor que el de dimensión fija.
5. El número de sitios de dimensión variable levantados por día fue 76% mayor que el de dimensión fija.
6. El equipo utilizado en sitios de dimensión fija fue considerablemente más barato en comparación con el empleado en sitios de dimensión variable.
7. Se recomienda el muestreo en sitios de dimensión variable porque en campo ahorra tiempo y gastos de operación, mientras que en gabinete los cálculos son más fáciles y rápidos.
8. El método de los sitios de dimensión variable, es también útil en estudios rápidos de reconocimiento.

LITERATURA CITADA

- Caballero D., M. y Villa S., A.B. 1977. Evaluación de cuatro tamaños de sitios circulares en inventario forestal. Publicación No. 18. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. 25 p.
- Carreón R., F. 1963. Manual de muestreo de bosques por sitios de dimensiones variables. Boletín No. 12. Comisión Forestal del Estado de Michoacán, Morelia, Michoacán. 64 p.

-
- Grossenbaugh, L. R. 1958. Point-sampling and line sampling: Probability theory, geometric implications, synthesis. Dept. of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans. Occasional paper. 160 p.
- Husch, B. I., Ch. Miller, and W. T. Beers. 1971. Forest Mesuration. Second edition. Ed. Ronald Press Co. New York . 410 p .
- Kuusela, K. 1960. Variation of the site Pattern and growing stock and its effect on the precision of forest inventory. Acta forestalia fennica, Finlandia. 34 p.
- Lara R., M. 1981. Comportamiento de los diferentes aparatos utilizados en sitios de dimensiones variables con factor de área basal uno . Instituto Nacional de Investigaciones Forestales de México, (inédito) .
- Sánchez M., N. 1962. Los sitios de dimensiones variables y su aplicación en Michoacán. Publicación especial No. 1. Comisión Forestal del Estado de Michoacán, Morelia, Mich. 12 p.
- Spurr, S. H. Forest Inventory. Ed. Ronald Press Company, New York. 1952 . 476 p
- Zeide, B . y J. K . Troxel. 1981. Muestreo de sitios fijos sobre muestreo puntual. Traducido por M. Ruíz Altamirano. Mecanografiado . Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 12 p.