

COMPARACIÓN ENTRE MÉTODOS DE MUESTREO

N. RÍOS, V. ACOSTA, C. GAILLARD DE BENÍTEZ, M. PECE

Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA). Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. (4200) Av. Belgrano (s)1912. Santiago del Estero. Argentina.
riosna@unse.edu.ar.

RESUMEN

Esta investigación fue llevada a cabo en una plantación de paraíso gigante (*Melia azedarach* var. *gigantea*), ubicada en la provincia de Santiago del Estero, Argentina, en estado de monte alto, con siete años de edad, plantada en un distanciamiento de 4×4 m. Allí se encuentran instaladas parcelas de muestreo de área fija que corresponden a un estudio de crecimiento y producción. Sobre las mismas se realizó un levantamiento de datos empleando métodos de muestreo con probabilidad proporcional al tamaño (PPS), el Muestreo por Punto Horizontal y el Muestreo por Línea Horizontal, con parcelas de área variable. Para seleccionar los árboles que integraron la muestra se empleó el factor de área basal $K=1$ y $K=2$ del relascopio de Bitterlich. Se obtuvo el área basal, el volumen y el número de árboles por hectárea con cada uno de los métodos. Los datos obtenidos con cada uno de ellos fueron ordenados por clase diamétrica y sometidos a un análisis de la varianza en un diseño en bloques al azar. Las clases de diámetro fueron consideradas como bloques, los factores de área basal como tratamientos y el muestreo que emplea parcelas de área fija como testigo. Se calculó además la eficiencia relativa de cada método.

Como resultado de ello se observa que no hay diferencias significativas entre los tratamientos al nivel del 1 % de probabilidad. Las estimaciones obtenidas por el Muestreo por Punto horizontal y por Línea Horizontal son tan precisas como las obtenidas por el método que emplea parcelas de área fija. La eficiencia relativa en el muestreo por Punto Horizontal y por Línea Horizontal es mayor que en el muestreo con parcela de área fija.

PALABRA CLAVE: Muestreo
Comparación de Métodos de Muestreo
Muestreo por Punto Horizontal
Muestreo por Línea Horizontal

Recibido: 3-11-98
Aceptado para su publicación: 12-8-99

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las diversas características cualitativas y cuantitativas de una población forestal es de fundamental importancia para evaluar la producción maderera y para obtener informaciones que permitan elaborar un adecuado plan de manejo.

La medición de todos los árboles de la población es una práctica imposible de realizar cuando se trata de grandes superficies, fundamentalmente por razones económicas, esto no impide su aplicación en poblaciones de pequeñas superficies y más aún si la madera es valiosa. En este caso son medidos todos los árboles de la población objeto de estudio.

El nivel de detalle del inventario depende de los objetivos del mismo y fundamentalmente de la disponibilidad de recursos financieros. A los inventarios forestales se les puede clasificar en Inventarios Exploratorios, Inventarios de Reconocimiento e Inventarios Detallados (Silva, 1978).

Cualquiera sea el tipo de inventario, al mismo se le puede realizar haciendo un censo (inventario 100 %) o por medio del muestreo. El inventario forestal realizado por muestreo es el medio más apropiado para obtener las estimaciones de los parámetros de una población.

El hecho de trabajar con una parte de la población da origen a una de las desventajas principales del inventario realizado por muestreo; el error de muestreo o error de estimación, relacionado con la precisión de muestreo en el sentido estrictamente estadístico. La exactitud de un inventario forestal está dada por el error total, que es la diferencia entre la estimativa de una muestra y el valor verdadero de la población. Por lo tanto, incluye errores de muestreo y errores sistemáticos, o «bias», que pueden tener origen en el procedimiento de muestreo o en errores de medición (Robles, 1970).

La precisión de las estimaciones de un inventario forestal está determinada por el método de muestreo empleado (Paula Neto, 1990). El método debe ser escogido de acuerdo con la variabilidad de la población en estudio, para que los resultados obtenidos sean confiables. Un buen método de muestreo es aquel con el que obtenemos mayor precisión en las estimaciones al menor costo.

Los métodos de muestreo con igual probabilidad de selección emplean parcelas de áreas fijas, de diversas formas y tamaños, para seleccionar los árboles a ser medidos. La frecuencia de medición de los árboles en las parcelas de área fija depende de su presencia. Entre los métodos de muestreo con distinta probabilidad de selección está el muestreo con probabilidad proporcional al tamaño (PPS), donde la probabilidad de un árbol de ser seleccionado para integrar la muestra es proporcional a alguna de sus características que se pueden medir, por ej., el diámetro en el muestreo horizontal o la altura en el muestreo vertical. En estos métodos las unidades de muestreo poseen dimensiones variables, a cada árbol le corresponde un tamaño de parcela que es proporcional a esa característica medible (diámetro o altura). En el muestreo por punto horizontal o por línea horizontal, el diámetro de las parcelas es función directa del diámetro del árbol considerado. Por ello a este tipo de muestreo también se le conoce como «prueba de parcelas circulares de dimensiones variables» (Van Houtte, 1964).

Los objetivos de este trabajo son la aplicación de dos métodos de muestreo con probabilidad proporcional al tamaño (PPS), Muestreo por Punto Horizontal y Muestreo por Línea Horizontal; calcular el área basal (G), volumen con corteza (Vol. c/c) y número de árboles (N), por hectárea y por clase de diámetro; se analiza el comportamiento de las estimaciones obtenidas por estos métodos con las obtenidas por la aplicación del método de muestreo al Azar Simple, empleando parcelas de áreas fijas y los resultados y los niveles de eficiencia relativa para la variable volumen, de los métodos de muestreo empleados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación fue desarrollada en una plantación de paraíso gigante (*Melia azedarach* var. *Gigantea*), ubicada en el km 28 de la ruta provincial núm. 6, Dto. Alberdi, provincia de Santiago del Estero, Argentina. La plantación fue realizada en un espaciamiento de 4×4 m, con material originario de la provincia de Misiones, Argentina, y se encontraba en estado de monte alto con siete años de edad en la época de medición.

Muestreo con igual probabilidad de selección

Se emplearon 15 parcelas de 16×36 m con una superficie de 576 m^2 , las que forman parte de un inventario forestal continuo con el fin de realizar un estudio de crecimiento y producción (Pece *et al.*, 1996). En ellas se midieron los diámetros a la altura de 1,30 m (DAP) de todos los árboles contenidos en la parcela, empleando para tal fin una cinta de medir diámetros. Se midieron las alturas totales de los árboles de las dos primeras filas de la parcela con el empleo de una vara de medir altura. En la Figura 1 se esquematiza el tamaño de la parcela, el mojón que ubica a la misma en el terreno, el número de las filas y la numeración de los árboles.

Se emplearon las siguientes ecuaciones hipsométricas y volumétricas que fueron determinadas en el estudio de crecimiento y producción:

Ecuación para estimar altura (Ht);

$$Ht = -3,36627 + 0,63163 Hd + 2,2836 \text{ Ln } (d_i)$$

Donde:

Ht = altura total, en m

Hd = altura dominante, en m (promedio de los 100 árboles de mayor diámetro por hectárea)

d_i = diámetro normal, en cm.

Ecuación para estimar el Volumen con corteza (Vol. c/c);

$$\text{Ln (Vol. c/c)} = -9,76474 + 1,86421 \text{ Ln } (d_i) + 0,928053 \text{ Ln } (Ht)$$

Donde:

Vol. c/c = volumen con corteza en m^3

Los estimadores del área basal (g), volumen con corteza (vol. c/c) y número de árboles (n), por parcela, fueron referidos a la hectárea multiplicándolos por el factor de conversión dado por la razón entre el área de una hectárea y el área de la parcela. Los mismos fueron agrupados por clase de diámetro, con una amplitud de 2 cm a partir de un diámetro mínimo de 5 cm con corteza.

Estas estimaciones fueron consideradas posteriormente como testigos para comparar a las obtenidas con el empleo de Muestreo por Punto Horizontal y Muestreo por Línea Horizontal.

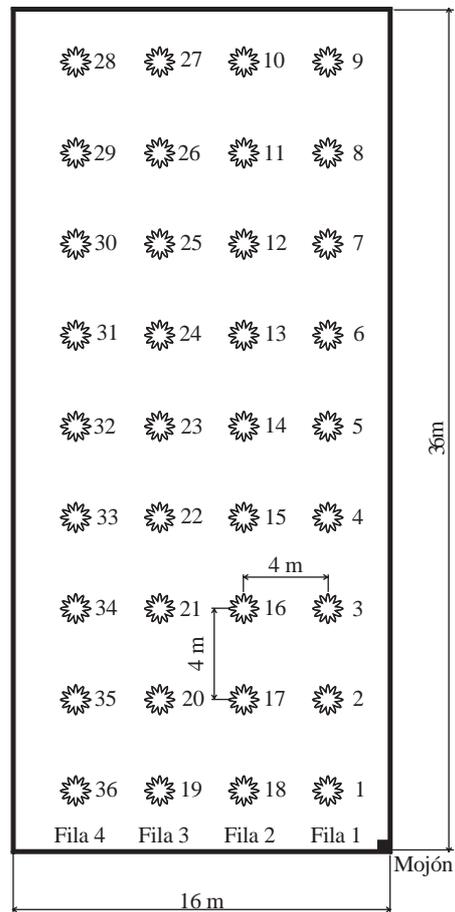


Fig. 1.—Parcela de Area Fija. Números: 1 al 36 identificación de los árboles en la parcela. Mojón: identifica en el terreno el número de parcela

Fixed area plot. Numbers: 1 to 36 trees identification in the plot. Boundary stone: indicated plot number

Muestreo con probabilidad proporcional al tamaño (PPS)

Muestreo por punto horizontal

En el muestreo por Punto Horizontal se establecieron 15 puntos de muestreo ubicados en el centro de cada parcela permanente de área fija. La selección de los árboles que van a integrar la muestra se realizó con el reliscopio de espejo de Bitterlich, empleando las Bandas 1 y 2, que nos determinan los factores de área basal $K = 1$ y $K = 2$, respectivamente.

En la Figura 2 se esquematiza el punto de muestreo, ubicado en el centro de la parcela permanente. Usando las bandas 1 y 2 del reliscopio, se seleccionaron los árboles para

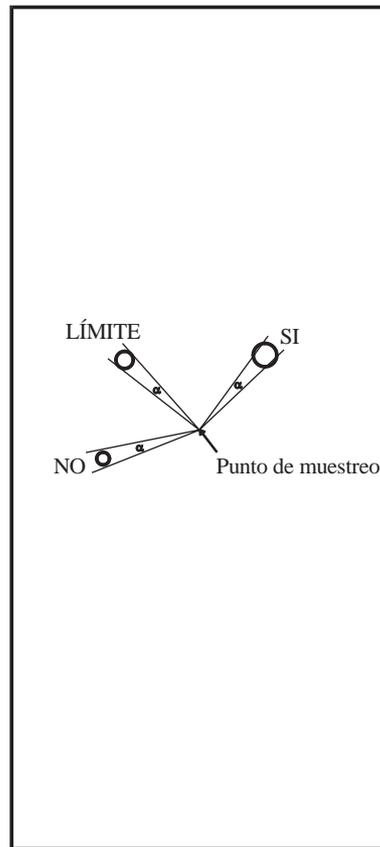


Fig. 2.—Muestreo por Punto horizontal. Punto de muestreo: lugar desde donde se seleccionan los árboles. SI: árbol seleccionado para integrar la muestra. NO: árbol que no integra la muestra. Límite: árbol límite. α : ángulo de selección

Sampling point:

place where the trees are selected. YES: selected tree. NO: not selected tree. Limit: boundary tree.

α : selection angle

integrar la muestra, a cada árbol seleccionado se le midió su diámetro con aproximación de 1mm, empleándose para tal fin una cinta de medir diámetros, dato que se emplea para calcular el número de árboles por hectárea. A los árboles cuyos diámetros aparecían igual al ancho de la banda del reliscopio, también llamados «árboles límites», además del diámetro se les midió la distancia del centro del fuste al punto de observación. Esos son árboles difíciles de definir en el campo si pertenecen o no a la muestra; por lo tanto, se debe verificar en el gabinete empleando las siguientes fórmulas:

Para el factor de área basal $K = 1$ R_i (m) = $0,50 \times D_i$ (cm)

Para el factor de área basal $K = 2$ R_i (m) = $0,35355 \times D_i$ (cm)

Con estas fórmulas se calcula el radio de la parcela R_i asociada al diámetro D_i del árbol para el factor de área basal K empleado.

Seleccionados los árboles muestra en cada punto y con cada factor de área basal, se obtuvieron el área basal (G), volumen con corteza (Vol. c/c) y número de arboles por hectárea (N), por la aplicación de las siguientes fórmulas (Beers y Miller, 1964):

$$1. \quad G = n K;$$

$$2. \quad \text{Vol. c/c} = \sum_1^n K v_i = \sum_1^n \hat{V}_i K t_i = \sum_1^n \left[\hat{V}_i \frac{K}{A s_i} \right] = K \sum_1^n \left[\frac{\hat{V}_i}{A s_i} \right] = \frac{4K}{\pi} K \sum_1^n \frac{\hat{V}_i}{d_i^2};$$

$$3. \quad N = N = \sum_1^n K t_i = \sum_1^n \frac{K}{A s_i} = \frac{4K}{\pi} \sum_1^n \frac{1}{d_i^2}$$

donde:

G	=	área basal por hectárea, en m^2/ha
Vol. c/c	=	volumen con corteza por hectárea, en m^3/ha
N	=	número de árboles por hectárea
K	=	factor de área basal empleado
\hat{V}_i	=	volumen estimado del i -ésimo árbol seleccionado, con la ecuación correspondiente
$A s_i$	=	sección normal del i -ésimo árbol seleccionado
d_i	=	diámetro normal del i -ésimo árbol seleccionado en cm
n	=	número de árboles seleccionados
$K v_i$	=	factor de volumen que expresa la cantidad de m^3/ha representado por el i -ésimo árbol seleccionado
$K t_i$	=	factor de árbol que expresa el número de árboles por hectárea representado por el i -ésimo árbol seleccionado
i	=	1, 2, 3

Muestreo por Línea Horizontal

En el muestreo por Línea Horizontal se establecieron 15 líneas de muestreo sobre las parcelas permanentes de área fija, empleando las Bandas 1 y 2, del relascopio que nos determinan los factores de área basal $K = 1$ y $K = 2$, respectivamente.

En la Figura 3 se esquematiza la línea de muestreo establecida en el sentido del largo de cada parcela, de modo que pase por el centro de la misma y de esa manera tiene una longitud de 36 m. Este valor (L) debe ser conocido dado que interviene en la fórmula que calcula el número de árboles por hectárea. Se recorrió la línea en un sentido y se fueron observando con el relascopio los árboles a la altura de 1,30 m previamente marcados; al llegar al final de la línea, se volvió en sentido contrario, observando los árboles del otro lado de la línea. Se seleccionaron los árboles siguiendo los mismos criterios adoptados en el Muestreo por Punto Horizontal.

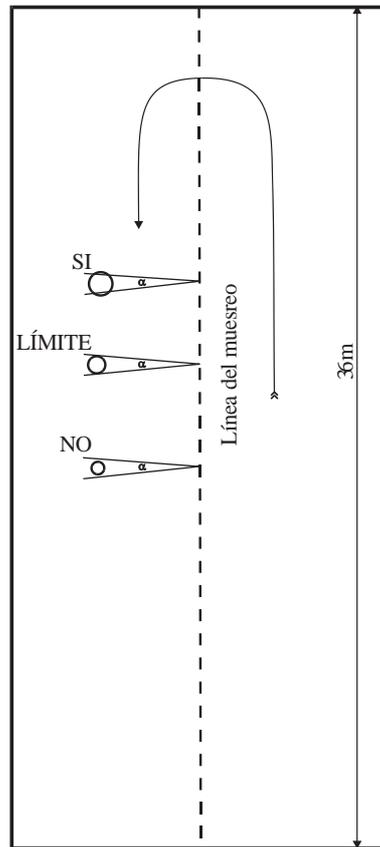


Fig. 3.—Muestreo por línea Horizontal. Línea de muestreo: lugar desde donde se seleccionan los árboles. Longitud de la línea de muestreo: 36 m.
 \curvearrowright : sentido de desplazamiento en la línea de muestreo
Sampled line: place where tree are selected. 36 m: Length of the sampling line. 36 m.
 \curvearrowright : Sampling line course

Una vez seleccionados los árboles para cada factor de área basal, se obtuvieron el área basal, volumen con corteza y número de árboles, en cada línea de muestreo mediante el empleo de las siguientes fórmulas (Husch *et al.*, 1972):

$$1. \quad G = \sum Kg_i = \sum (As_i Kt_i);$$

$$2. \quad \text{Vol.c/c} = \sum Kv_i = \sum (\hat{V}Kt_i);$$

$$3. \quad N = \sum Kt_i = \sum \frac{5 \cdot 10^5 k}{Ld_i}.$$

Donde, además de los símbolos señalados anteriormente,

Kg_i = factor de área basal que expresa la cantidad en m^2/ha representada por el i -ésimo árbol seleccionado

k = constante angular obtenida de la ecuación: $k = \sqrt{\frac{K}{50}}$.

Para seleccionar el o los factores de área basal que permitan obtener los estimadores más precisos de la población, los valores de área basal media, volumen medio y número medio de árboles por hectárea y por clase de diámetro, obtenidos por los tres métodos, fueron sometidos a un análisis de varianza en un diseño en bloques al azar, donde las clases de diámetro, con amplitud de 2 cm, fueron consideradas como bloques y los factores de área basal como tratamientos, y el muestreo que emplea parcelas de área fija como testigo. De esta manera se establecieron ocho bloques (ocho clases diamétricas) y tres tratamientos (Tratamiento 1, $K = 1$; Tratamiento 2, $K = 2$ y Tratamiento 3, parcela de área fija).

Para efectuar el análisis de la varianza del número de árboles por hectárea, se aplicó la transformación raíz cuadrada ($\sqrt{N/ha}$) para estabilizar la varianza, aparte de hacerla independiente de la media (Demetrio, 1978).

Con el propósito de conocer la eficiencia de los estimadores obtenidos a partir de las nuevas técnicas, con relación a las obtenidas con el empleo de un método tradicional, se puede usar la eficiencia relativa (Yamane, 1974), definida como:

$$ER_{(a)} = \frac{S_{y_2}^2}{S_{y_1}^2}$$

donde:

$ER_{(a)}$ = eficiencia relativa

$S_{y_2}^2$ = varianza de la media de volumen, obtenida con la técnica tradicional

$S_{y_1}^2$ = varianza de la media de volumen, obtenida con la técnica probada.

Si $ER_{(a)} > 1$, la técnica probada es menos eficiente

Si $ER_{(a)} < 1$, la técnica probada es más eficiente.

Esta es la eficiencia relativa desde el punto de vista estadístico estricto. Para calcular la eficiencia relativa entre métodos de muestreo se debe considerar, además de la precisión, el costo o el tiempo empleado (Messavage y Grosenbaugh, 1956; Husch *et al.*, 1972).

Se puede considerar la eficiencia relativa como una función recíproca del producto del error de muestreo al cuadrado (expresado en porcentaje), por el costo o por el tiempo, según la fórmula:

$$ER_i = \frac{1}{E^2 T}$$

donde:

ER_i = eficiencia relativa del método i

E^2 = error de muestreo (porcentaje)

T = tiempo total de levantamiento de los datos (minutos).

El tiempo T, empleado en la medición de la muestra, está dado por,

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

Donde:

T_i = tiempo de medición de la i-ésima unidad de muestreo (minutos).
 n = número de unidades de muestreo.

La variable T, empleada en los cálculos de la eficiencia relativa, fue determinada tomando el tiempo, en minutos, empleados en la medición de los diámetros de los árboles para el muestreo que emplea parcelas de área fija; y el tiempo de selección de árboles (con el relascopio), más la medición del diámetro del árbol seleccionado y la medición de distancia, en metros, que van desde el punto o línea de estación hasta el árbol límite (dudoso), para determinar su selección o no. No se tomaron en cuenta aquellos tiempos empleados en tareas comunes realizadas en los tres métodos, como, por ej., la selección de las parcelas en el terreno, medición de alturas, traslado de una parcela a otra.

Para el cálculo de la eficiencia relativa entre métodos de muestreo se aplica la fórmula:

$$ER_{(b)} = \frac{ER_2}{ER_1}$$

donde:

$ER_{(b)}$ = eficiencia relativa entre métodos
 ER_1 = eficiencia relativa del método 1 (testigo)
 ER_2 = eficiencia relativa del método 2 (en estudio)

Si la $ER_{(b)} < 1$, el método 1 es más eficiente que el método 2.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos con el muestreo con parcelas de áreas fijas, con el Método por Punto Horizontal, con el Método por Línea Horizontal y agrupados por clase de diámetro, se observan en la Tabla 1.

Los resultados del análisis de la variancia de los estimadores del área basal, volumen con corteza y número de árboles por hectárea y por clase diamétrica para los métodos de muestreo por Punto Horizontal y por Línea Horizontal muestran que no hay diferencias significativas entre los tratamientos al nivel de 1 % de probabilidad. Esto nos permite afirmar que las estimaciones de área basal, volumen con corteza y número de árboles por hectárea obtenidas por el muestreo por Punto horizontal y por Línea Horizontal son tan precisas como las obtenidas por el muestreo que emplea parcelas de área fija.

TABLA 1
COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS TRES MÉTODOS
Comparison of results with three methods

Clase de DAP	DAP (cm)	G (m ² /ha)				Vol. c/c (m ³ /ha)				N						
		MPF		MPH		MLH		MPF		MPH		MLH				
		K = 1	K = 2	K = 1	K = 2	K = 1	K = 2	K = 1	K = 2	K = 1	K = 2	K = 1	K = 2			
I	5-6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	7-8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	9-10,9	0,1088	0,0667	-	0,1018	0,1218	0,389	0,241	-	0,367	0,437	14	7	-	13	16
IV	11-12,9	0,4085	0,4000	0,1333	0,4609	0,5251	1,498	1,446	0,493	1,686	1,923	35	35	11	40	45
V	13-14,9	1,4181	1,4000	2,2667	1,6142	1,1000	5,262	5,218	8,436	5,992	4,077	91	91	144	104	71
VI	15-16,9	2,2857	2,4000	2,4000	2,3523	1,9785	8,589	9,000	8,999	8,848	7,437	113	121	120	117	98
VII	17-18,9	3,9657	3,4000	3,6000	3,5602	4,3865	15,189	13,032	13,780	13,629	16,792	159	135	144	142	174
VIII	19-20,9	1,8869	1,4000	0,9333	1,4412	1,9983	7,319	5,438	3,647	5,599	7,758	61	45	31	47	65
IX	21-22,9	0,7622	0,5333	0,8000	0,6067	0,7691	3,001	2,108	3,165	2,394	3,043	21	15	22	16	20
X	23-24,9	0,1506	0,1333	0,2667	-	-	0,599	0,531	1,063	-	-	3	3	6	-	-
Total		10.9865	9.7333	10.4000	10.1373	10.8793	41.846	37.014	39.583	38.515	41.467	497	452	478	479	489

Donde:

DAP = diámetro a 1,30 m, en centímetros; G = área basal en m²/ha; Vol. c/c = volumen con corteza, en m³/ha; N = número de árboles por hectárea.; MPF = muestreo con parcela de área fija; MPH = muestreo por punto horizontal; MLH = muestreo por línea horizontal; K = factor de área basal.

Where:

Dbh = diameter at 1,30 m, in centimeters; G = basal area in m²/ha; Vol. c/c = volume outside bark, in m³/ha; N = number of trees per hectare; MPF = Fixed-area sampling plot; MPH = horizontal point sampling plot; MLH = horizontal line sampling plot; K = basal area factor.

La Tabla 2 muestra los datos del análisis de la variancia en el muestreo por Punto Horizontal.

TABLA 2

ANÁLISIS DE LA VARIANCIA PARA: ÁREA BASAL (G); VOLUMEN CON CORTEZA (VOL. CC) Y NÚMERO DE ÁRBOLES POR HECTÁREA (N) Y POR CLASE DE DIÁMETRO. MUESTREO POR PUNTO HORIZONTAL, PARAÍSO GIGANTE, SIETE AÑOS DE EDAD

Analysis of variance. Basal area (G), volume outside bark (Vol. cc) and number of tree per hectare (N), and diameter class. Horizontal point sampling

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados			Cuadrado Medio			F		
		G	Vol. cc	N	G	Vol. cc	N	G	Vol. cc	N
Clase de diámetro	7	32,840	476,53	332,89	4,69	68,08	47,55	58,5	59,07	37,44
Factor de área basal	2	0,097	1,46	1,99	0,048	0,73	0,99	0,6 ^{n.s.}	0,63 ^{n.s.}	0,78 ^{n.s.}
Error	14	1,128	16,13	17,78	0,8	1,152	1,27			
STotal	23	34,065	494,2	352,66						

Referencias: Tratamiento = Factor de área basal (K = 1, K = 2) y parcela de área fija; n.s. = no significativo.
Reference: Treatment = basal area factor (K = 1, K = 2) and fixed-area plots; n.s = not significant.

La Tabla 3 muestra el error de muestreo, referido al volumen, expresado en porcentaje, el tiempo empleado en la toma de datos, expresado en minutos, la eficiencia relativa de cada método (ER_i) y la eficiencia relativa entre métodos, ER_b .

TABLA 3

EFICIENCIA RELATIVA DE LOS MÉTODOS DE MUESTREO

Relative efficiency of sampling methods

Método de muestreo	Error en % (E%)	Tiempo en min. (T)	$(E\%)^2 \times T$	ER_i	ER_b
Parcela de área fija (testigo)	7,25	4'52"	237,58	0,0042	1,00
Punto Horizontal					
K = 1	8,04	2'37"	153,20	0,0065	1,55
K = 2	8,80	1'35"	104,54	0,0096	2,27
Línea Horizontal					
K = 1	6,25	5'06"	197,66	0,0051	1,20
K = 2	9,75	4'48"	425,88	0,0023	0,56

ER_i = eficiencia relativa de cada método de muestreo.

ER_b = eficiencia relativa entre métodos de muestreo.

ER_i = relative efficiency of each method.

ER_b = relative efficiency among methods.

Por el análisis de los resultados de la tabla, la columna de eficiencia relativa entre métodos (ER_b) nos indica que tanto el muestreo por Punto Horizontal empleando los factores de área basal $K = 1$ y $K = 2$, y el muestreo por Línea Horizontal, empleando el factor $K = 1$, son más eficiente que el muestreo que emplea parcelas de área fija. En el caso del muestreo por Línea Horizontal con factor de área basal $K = 2$ demuestra ser menos eficiente que el método que emplea parcelas de área fija.

CONCLUSIONES

Con base en estos resultados, se concluye que:

1. El error de muestreo, como es de esperar, se incrementa con el aumento del factor de área basal, o también con la disminución de la superficie de la parcela definida para cada factor de área basal y diámetro medio.
2. El muestreo que emplea parcelas de área fija, estadísticamente, es más eficiente que los métodos de muestreo por Punto Horizontal y por Línea Horizontal.
3. Los métodos de Muestreo por Punto Horizontal, empleando el factor de área basal $K = 1$ y $K = 2$, y el Muestreo por Línea Horizontal, empleando el factor de área basal $K = 1$, son más eficientes que el método que emplea parcelas de área fija, cuando se considera el tiempo de selección y medición de los árboles.
4. Los Métodos del muestreo por Punto Horizontal y por Línea Horizontal son de fácil aplicación y se puede emplear, en terreno llano, cualquier instrumento que nos permita realizar la selección angular de los árboles, siempre que conozcamos el valor de K que el mismo representa. En terreno con pendiente se debe usar un instrumento que corrija la misma; ej., el relascopio.
5. Los Métodos del muestreo por Punto Horizontal y por Línea Horizontal son de rápida aplicación, precisos y muy útiles para determinación del área basal y número de árboles por hectárea. Son recomendados para determinar estos parámetros antes y después de un raleo.
6. Como inconveniente a la aplicación de los Métodos de muestreo por Punto Horizontal y por Línea Horizontal, se menciona la necesidad de tener una visual libre a la altura del DAP para realizar la selección de los árboles.

SUMMARY

Comparison between sampling methods

This research was carried out in a giant Chinaberry tree (*Melia azedarach* var. *gigantea*) plantation located in the Province of Santiago del Estero, Argentina. At seven years of age, the plantation had reached the stage of high forest, with an original spacing of $4\text{ m} \times 4\text{ m}$. Fixed area plots are already installed for a study on growth and yield. Measurements were conducted on these plots by using two sampling methods of probability proportional to size (PPS), i.e., horizontal point sampling and horizontal line sampling, with variable size plots. Basal area factors $K=1$ and $K=2$ of the Bitterlich relascope were used in order to select the trees which made up the sample. Basal area, volume, and number of trees per hectare were estimated for each method. The resulting data were assorted by diameter class and subjected to analysis of variance in a random block design, where diameter classes were considered as

blocks, basal area factors, as treatments, and fixed area plot sampling methods as controls. The relative efficiency of each method was also calculated.

No significant difference among treatments was found at the one percent probability level. The horizontal point and the horizontal line sampling estimates are as accurate as those obtained with the control, whereas the relative efficiency of the PPS methods was greater than that of the control.

KEY WORDS: Sampling
Comparison of Sampling Methods
Horizontal Point Sampling
Horizontal Line Sampling

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEERS T.W., MILLER C.I., 1964. Point sampling: research results theory and applications. Research bulletin, 786: 1-56.
- DEMETRIO C.G.B., 1978. Transformação de dados: efeitos sobre análise da variancia. Piracicaba, Sao Pablo, Brasil. 113 pp. (Tese MSc.).
- HUSCH B., MILLER C.I., BEERS T.W., 1972. Forest mensuration. Second Edition. The Ronald Press Company. New York. 410 pp.
- MESSAVAGE C., GROSENBAUGH L.R., 1956. Efficiency of several cruising designs on small tracts in North Arkansas. Journal of Forestry 54 (9): 569-576.
- PAULA NETO F., 1990. Técnicas de amostragens. UFV, Viçosa, MG. Brasil. 18 pp. (mimeografiado).
- PECE M., BENÍTEZ C.G. DE, RÍOS N., GALÍNDEZ M G. DE, 1996. Crecimiento de una Plantación de Paraíso gigante (*Melia azedarach var gigantea*) de Ocho Años de Edad en el Departamento Alberdi en la Provincia de Santiago del Estero. Quebracho núm. 4, Revista de la Facultad de Ciencias Forestales, UNSE. Santiago del Estero. Argentina.
- ROBLES C.A., 1970. Bases estadísticas para el inventario forestal por muestreo. Instituto de Ingeniería Forestal. Santiago del Estero, Argentina. 51 pp.
- SILVA J. A., 1978. Inventario Forestal. UFSM, Santa María, Brasil. 170 pp.
- VAN HOUTTE J., 1964. Empleo del relascopio de Bitterlich en la misión forestal. I.N.T.A. Castelar. Buenos Aires. Argentina. 118 pp.
- YAMANE T., 1974. Estadística. Harla, México. 573 pp.