

# Estudio Comparativo de Tres Métodos en el Corte y Trozado de Árboles con Relación al Grado de Dureza<sup>1</sup>

René Campos R.<sup>2</sup> y Per Christiansen<sup>3</sup>

## Resumen

Con el propósito de conocer la eficiencia de los métodos de motosierra, trozadora y hacha, en la ejecución del corte y trozado de árboles, se han comparado dichos métodos en tres tipos de madera: dura, semidura y blanda; obteniendo los siguientes resultados: en madera blanda no existe diferencia de rendimientos entre los métodos, en cambio si, en madera dura y semidura en las cuales el rendimiento del método de motosierra es muy superior al de hacha y trozadora y el de trozadora tiene ligera ventaja sobre el hacha. En cuanto a costos, los de motosierra son siempre menores que los de trozadora y hacha y esta diferencia se acentúa más cuando aumenta el costo de la mano de obra. Los costos de la trozadora son ligeramente menores que los de hacha.

## Summary

*The efficiency of power-saws, two-handed saws, and axes for felling and shattering trees have been tested with three different types of wood: in soft wood, here was no difference in yield among the three methods: however if they were tested in hard and medium-hard woods, the power-saw was highly superior in yield than both two-handed saws, and axes. As far as costs are concerned the power-saw method takes less than either two-handed saws or axes and become, more noticeable when the salary of laborers increase. Two-handed saw costs are slightly less than those for axe.*

## Introducción

Todas y cada una de las operaciones que comprende el aprovechamiento de los bosques, deben ser ejecutadas en forma tal, que permita un acrecentamiento en el rendimiento y una mayor economía. Siendo por tanto una obligación del técnico, el tratar de experimentar diferentes métodos que tiendan a dilucidar sobre el método que mejores resultados brinda en condiciones similares.

Ante la alternativa que se presenta en el Perú, donde la mayoría, sino casi la totalidad de los trabajos referentes a aprovechamientos maderables se efectúan por métodos inapropiados es de imprescindible necesidad experimentar nuevos métodos, que permitan tecnificando las operaciones, conseguir un mejor salario para obreros y una mayor economía empresarial Paralelamente a ésto, disminuirá el costo (le elaboración de la madera, permitiendo entrar en el mercado a ciertas especies que hoy en día no pueden competir con las pocas valiosas que se explotan.

En el proceso (le elaboración de la madera la primera operación es el corte y luego normalmente el trozado y drenado siguiendo a ésto el transporte menor y, mayor; pudiéndose efectuar además otras operaciones durante el transporte

El trabajo forestal como parte del Estudio Científico del Trabajo, debe ser ejecutado con una idoneidad de personas, instrumentos y procedimientos de trabajo si se quiere obtener mejores rendimientos y costos.

---

<sup>1</sup> Presentado para su publicación en Agosto de 1967

<sup>2</sup> Profesor del Dpto. de Productos Forestales. Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Agraria, La Molina.

<sup>3</sup> Experto Asociado de F.A.O.

En este estudio se hace una comparación entre los métodos comunes existentes para cortes, trozado de árboles: motosierra trozadora y hacha por rendimiento y también por costos; a fin de conocer la diferencia de rendimiento entre los métodos, lo mismo que la ganancia por metro cúbico cuando se cambia de un método a otro.

Los trabajos fueron ejecutados en bosques de la Unidad Técnica de Capacitación Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Agraria de La Molina Situada sobre el margen izquierdo del río Huallaga, a -70 km dirección norte de la ciudad de Tingo María. Distrito de J. Crespo Castillo, Provincia Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

El bosque se halla en la formación húmedo tropical, tipo de bosque aluvial, no se encuentran especies valiosas como caoba o cedro, pero es rico en otra clase de maderas que pueden tener gran difusión en el mercado y que actualmente se usan como materia prima en la fabricación de madera aglomerada por MAPRESA S.A.

La época en que se efectuó el estudio fue el mes de Febrero, que comprende la estación lluviosa del verano.

## **Materiales y métodos**

### Herramientas e Instrumentos

Las herramientas empleadas fueron:

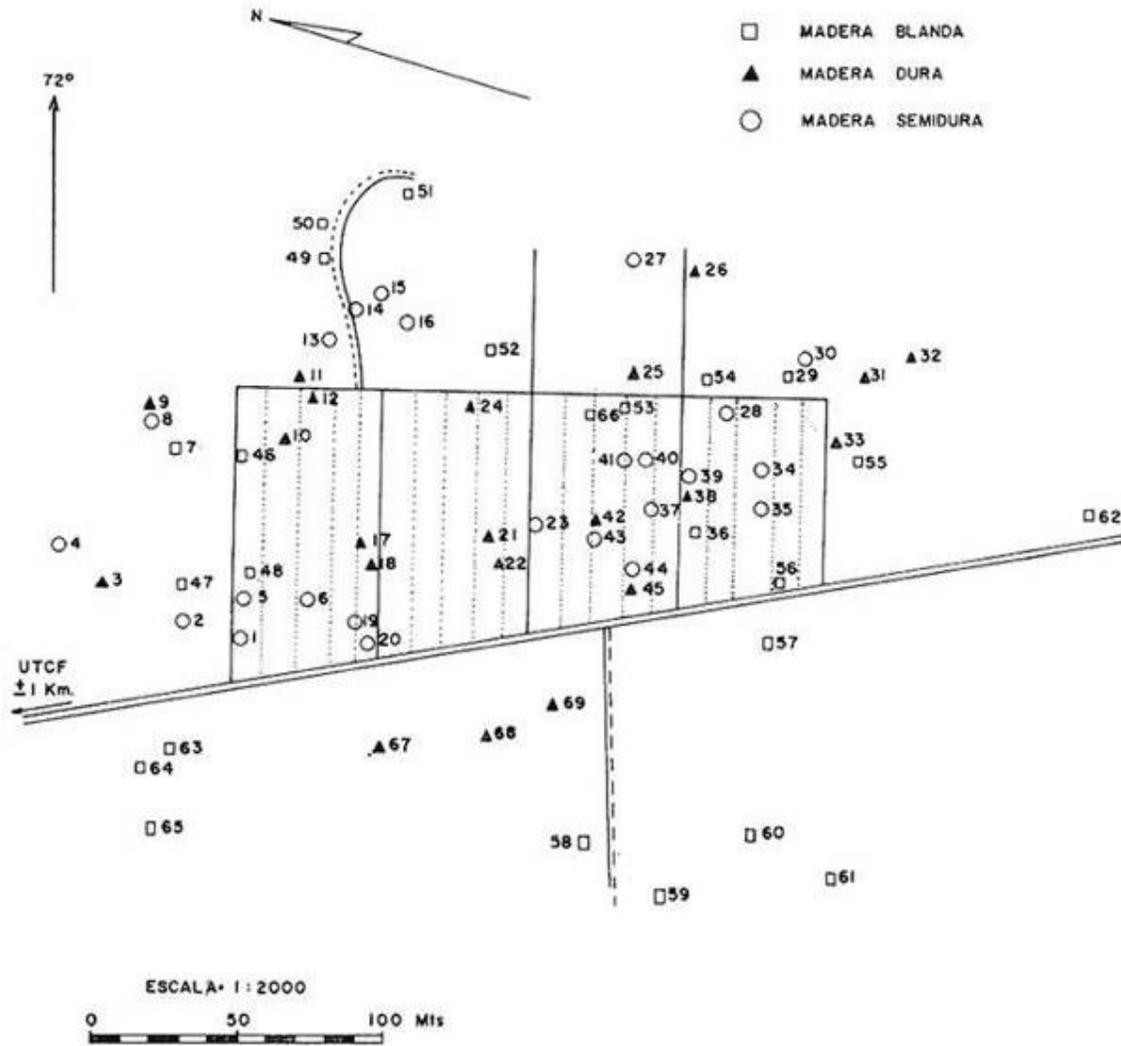
- 2 motosierras contra marca STIFIL, modelo 1965, con un peso aproximado de 13 kg. Una de las motosierras tiene hoja de 30 pulgadas y La otra 36"
- Cadenas de las motosierras marca STIHL construidas con una aleación especial para madera dura.
- Caja de repuestos para la motosierra.
- 2 tanques uno para gasolina de 1 galón , otro para aceite de 1/2 galón.
- 2 trozadoras para madera dura, con dos mangos, tipo americano que presenta un diente despejador por cada 2 dientes cortadores.
- 2 hachas de 1400 gr
- 1 hacha marcadora
- 3 cuñas
- 2 volteadoras
- Equipo con limas y llaves para mantenimiento

Los instrumentos empleados fueron:

- 1 brújula
- 2 relojes cronómetros de mano con división centesimal

- 2 relojes pulsera.
- 2 tableros con dispositivos especiales para fijar cronómetros
- 1 forcípula de acero.
- 1 cinta métrica de 1 m.

MAPA SOBRE LA REPARTICION DE LOS ARBOLES QUE ENTRAN EN EL ESTUDIO



## Mano de Obra

Un estudio de esta naturaleza exige como premisa fundamental, el contar con obreros de actividad normal (1,7,8); es decir, con mano de obra acostumbrada al buen manejo y mantenimiento de determinada herramienta que comprende el método

Hubiese sido ideal para este estudio, contar con obreros que tuviesen adiestramiento normal con los tres métodos pero esta condición, que no se presenta en países más avanzados, es totalmente imposible conseguir en nuestro medio

Teniendo en cuenta la falta de personal adecuado, se ha tratado de salvar este inconveniente empleando dos obreros acostumbrados al manejo del hacha, a quienes se les otorgó el 10% de rendimiento, a pesar de que debe ser menor al de un obrero bien adiestrado que trabaja normalmente si se tiene en cuenta que estos obreros desconocen los movimientos y el perfecto manejo del hacha.

Para el manejo de trozadora, se empleó dos obreros con poco adiestramiento en el uso de esta herramienta.

Debido a que en la zona no se cuenta con mano de obra adiestrada en el manejo de la motosierra se vio en la necesidad de pedir la cooperación de dos ingenieros, que poseen un buen conocimiento del manejo y, mantenimiento de la motosierra.

### Edición del Método

#### a) *Generalidades*

El realizar estudios de esta naturaleza, en bosques tropicales significa enfrentarse con un sinnúmero de factores, como son: amplitud de diámetros y alturas, obstáculos en la caída variación en dureza de la madera, forma de la base y fuste del árbol, presencia de insectos que dificultan el trabajo, variaciones diarias de la temperatura y otras condiciones del tiempo, actitud psíquica para el trabajo por parte de los obreros, grado de capacitación de los obreros ( 3 ) etc, factores que no pueden entrar en su totalidad en el estudio, porque lo harían muy amplio, por razón de la cantidad de variables; pero que sin embargo, es necesario tenerlos en cuenta. A tal fin se agruparon algunos factores, se evitaron otros que tienen poca influencia o que son imposibles de controlar con pocas repeticiones como son los obstáculos en la caída. Finalmente, se limitó el estudio a Una categoría diamétrica.

#### b) *Variables usadas*

Las variables de mayor interés, lo constituyen: los tres métodos empleados y la variación en la dureza de la madera dentro de la cual se consideró tres grupos de especies: con madera dura, semidura y blanda respectivamente.

La clase diamétrica escogida para el trabajo, ha sido obtenida como resultado de la determinación del diámetro promedio de los árboles en la zona del estudio (4). Esta clase diamétrica considerada, está comprendida entre 20 y 25 pulgadas.

Con el propósito de obtener un resultado de acuerdo con la estadística, se determinó efectuar 7 repeticiones por cada variable. Esto significó efectuar el estudio sobre 63 árboles.

## Resumen

3 métodos

3 clases de madera por cada método

7 repeticiones

3 x 3 = 63 árboles.

### *c) Estudio de centiminutos*

Cuando se estudia un determinado método haciendo abstracción de quien lo ejecuta es más conveniente emplear un estudio de tiempo en centiminutos, ya que ello nos permite subdividir las operaciones en sus diversas fases, lo que se traduce en un mayor control y una gran facilidad en los cálculos, en comparación a otros métodos de estudio de tiempos como en el estudio de frecuencia.

El estudio centiminutos comprende la medición de los tiempos valiéndose de dos cronómetro uno para medir cada fase de la operación y otro para medir el tiempo total empleado en la operación, cuyo fin es servir de control i la suma de tiempos tomada con el primer cronómetro ( 1, 3 7).

### *d) División del tiempo en fases*

El estudio de tiempos en los tres métodos exige la división de las operaciones, en sus fases ( 1, 7 8 ) habiendo considerado las siguientes:

*Corte del árbol:* Comprende preparación del corte y, el corte propiamente dicho.

*Tiempo de caída:* Comprende el tiempo que emplea el árbol en pasar de su posición vertical a la horizontal y en contacto con el suelo Dentro de este tiempo se consideró aquel para desenganchar los árboles que en su caída quedaban trabados y no llegaban al suelo.

*Manipulación de instrumentos:* Comprende, tiempo necesario para efectuar cambios de instrumentos desplazamientos para poner en funcionamiento la motosierra, etc.

*Tiempo inefectivo:* Se consideró tiempo inefectivo necesario y tiempo inefectivo no necesario

a) Inefectivo necesario: comprende el tiempo requerido para: mantenimiento lento de herramientas descansos necesarios, para satisfacer necesidades fisiológicas, etc.

b) Inefectivo no necesario: comprende el tiempo empleado en descansos prolongados, en búsqueda de instrumentos olvidados, en conversaciones, etc.

*Medición:* Comprende el tiempo que emplea un ayudante para medir y marcar el largo de las trazas.

*Trozado:* Comprende el tiempo empleado en el trozado propiamente dicho.

*Desramado* Comprende el tiempo necesario para descansar las trozas

## **Procedimiento**

a) Planificación

Partiendo de la trocha principal con rumbo Sur, a 1 km aproximadamente del campamento y hacia el lado izquierdo, se delimitó un área de 10 Has., ejecutando trochas paralelas cada 50 y 100 mts. (según se indica en el mapa adjunto). Luego, con la ayuda de un matero\*\*, se fue ubicando los ejemplares en el mapa confeccionado a tal fin, de acuerdo a su distancia a las trochas abiertas, las cuales fueron estaqueadas cada 10 mts.

Los árboles se seleccionaron por su diámetro y por la dureza de su madera.

Según el diámetro, solamente se marcaron aquellos árboles que poseen un D.a.p. de 20-25 pulgadas y por la dureza de la madera; se marcaron 21 árboles de madera dura, 21 de madera semidura y 21 de madera blanda. Se efectuó una prueba de dureza elemental, consistente en medir la profundidad de penetración del hacha de marcar en la madera. Esta operación tuvo por finalidad verificar los datos dados por el matero y agrupar los árboles por la dureza de su madera.

Luego de haber marcado los árboles y con los datos en el laboratorio se efectuó un muestreo al azar para confeccionar la planilla de árboles correspondientes a cada método. Sobre el plano elaborado se marcó con diferentes trazos el orden a seguir en la ejecución de los métodos, tratando de que al tumbado y trozado de un árbol de madera dura siga uno de semidura y a éste, uno de madera blanda para volver nuevamente a uno de madera dura.

#### b) Trabajo en el campo

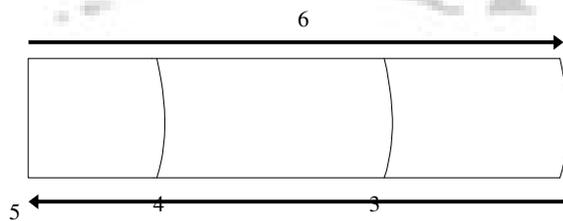
La ejecución del corte y trozado por los diferentes métodos se efectuó según las técnicas conocidas para cada método (2, 5, 6). La primera fase de la operación comienza cuando el obrero, con el equipo en la mano, se encuentra a 2 m. del árbol, luego viene la fase del volteo; una vez tumbado el árbol, el ayudante ejecutó la limpieza a lo largo del árbol con ayuda de un machete y procedió a marcar trozas de 5 m. Simultáneamente, el obrero empezaba a desramar y trozar el árbol, siguiendo las flechas que se indica en la Fig. N° 1, es decir, dando una sola vuelta, tocón - cima - tocón.

1 Comienzo

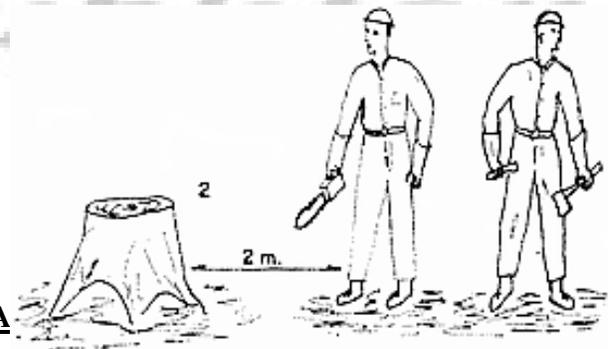
2 Volteo

3 – 4 – 5 Medición, Desramado, Trozado

6 Regreso al tocón



**FIGURA**



#### Toma de tiempos

\* Persona conocedora de las especies nativas.

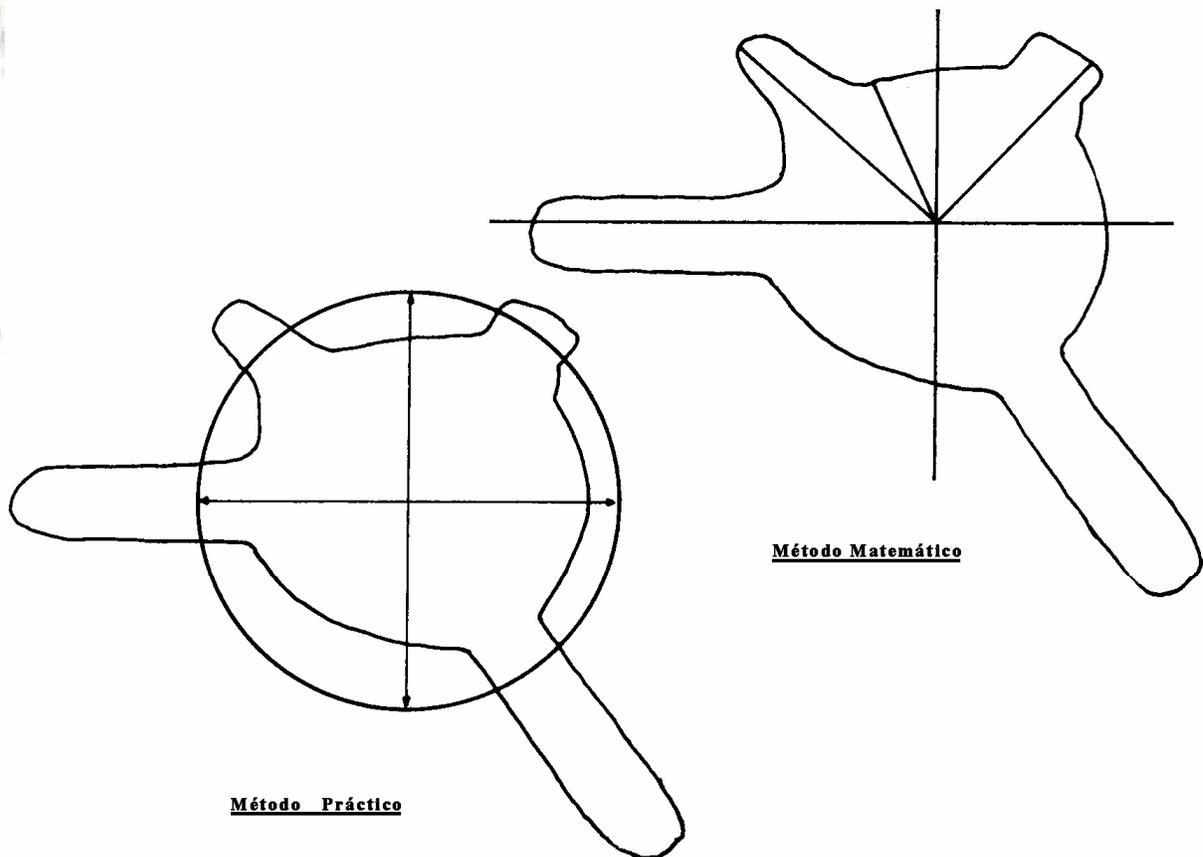
Para facilitar la medición se usó formularios especial mente preparados para este fin, con el objeto de poder calcular fácilmente el tiempo efectivo en centiminutos Por metro cuadrado y metro cúbico de madera, empleados en el volteo y trozado de los árboles.

Al finalizar la operación de corte y trozado, se anotó él tiempo total de la operación, marcado por un reloj ordinario, con el objeto de hacer un control de la suma total de los tiempos parciales, tomados con el cronometro, no debiendo haber un error en el estudio mayor del 2%

## Medición

Los datos de más interés en este estudio, para una correcta comparación de los métodos lo constituyen la superficie normal al eje del árbol trabajada en corte y trozado.

La necesidad de obtener el dato de superficie de corte, en el tocón, exigió el empleo de un método especial de medición, dada la forma completamente irregular de los tocones. Pero a la vez necesitábamos un método que no demandase mucho tiempo teniendo en cuenta el número de árboles que entran en el estudio. Ante esta alternativa, se determinó hacer la medición de la superficie de corte, como si el tocón fuese cilíndrico; para tal fin, con la ayuda de un alambre de cobre, se construía una circunferencia, cuya superficie era lo más aproximadamente posible a la del corte efectuado y luego medíamos el diámetro promedio de dos mediciones perpendiculares como lo ilustra la figura N° 2.



Para conocer el error cometido al efectuar la medición según el procedimiento descrito, se probó la bondad del método empleando otro más exacto pero que por ser de ejecución sumamente engorrosa no era factible emplearlo en la totalidad de los árboles.

Este método de control se efectuó en el 8% de los árboles. Realizándose de la manera:

En el tocón se trazó un sistema de ejes coordenados, cuyo eje de ordenadas coincidía con los polos magnéticos. En el centro de dicho eje se colocó un clavo con un alambre que rotaba libremente, lo cual permitía medir la distancia del centro a los distintos puntos de la periferia del tocón estos puntos se individualizaron en base a su distancia al centro y el ángulo medido con brújula De esta manera los datos encontrados iban volcándose en una hoja (le papel milimetrado en una escala de 1:10

A los efectos de conocer la superficie de trozado, se tomó el diámetro promedio con forcípula, en la zona de trozado

### *c) Trabajos de Gabinete*

*Comprobación del método práctico utilizado en la, del diámetro del los tocones.*

Las superficies volcadas al papel durante los trabajos de campo un la forma descrita anteriormente, fueron medidas un planímetro, para luego con dato obtener el valor del correspondiente los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Observamos pues que el método práctico tiene tendencia a aumentar el diámetro; pero un error entre los métodos de medición comprendido entre 0 - 5 por ciento, no tiene importancia en el estudio si se tiene en cuenta la existencia de factores con mayor influencia en el tiempo de trabajo como son: forma de tocón, aletas, etc.

CUADRO N° 1

Arbol N°	METODO PRACTICO (Diámetro en centímetros)	METODO MATEMATICO (Diámetro en centímetros)	ERROR %
14	76.0	74.4	2.15
27	72.0	72.2	-0.27
26	55.0	53.0	3.77
52	91.0	89.4	1.79
53	65.0	64.2	1.12
Promedio	71.8	70.6	1.7%

### **Costos de la Motosierra**

#### *Combustibles*

Gasolina	10.0 litros	----	53.5 m-" de madera	=	0.19 litros/m3
Aceite	3.5 litros	----	53.5 in' de madera	=	0.06 litros/m3

### Costos de Combustible

Gasolina S/. 5.50 por galón --- S/. 1.48 por litro

Aceite S/. 45.00 por galón--- S/. 12.16 por litro

### Costos por m<sup>3</sup>

Gasolina	S/. 0.28
Aceite	<u>S/. 0.73</u>
Total	S/. 1.01

### Cálculos de costos para la Motosierra

#### Motosierra "STIHL"

Valor (1) = S./ 15,000 Vida (H) = 1,500 horas

Valor resto (R) = S./ 1,500 Uso anual (U) = 750horas

### Costos fijos

Interés  $\frac{(1 + R)}{200 U}$  = S/. hora 1.10

Amortización  $\frac{1 - R}{H}$  = S/. hora 9.00

Repuestos, etc.  $\frac{I - R}{H} \times 0.5 =$  S/. Hora 4.50  
S/. hora 14.60

### Costos Variables

Combustibles	S/. por m <sup>3</sup> de madera verde	1.01
Mantenimiento	S/. por m <sup>3</sup> de madera verde	<u>0.10</u>
Suma costos variables S/. por M3		1.11

Costos fijos para turno de 5 horas

$$14.6 \times 5 = S/. 73.00$$

### Resultados

En el Cuadro N° 2 titulado "Resultados de Toma de Tiempo para Motosierra, Trozadora y Hacha" se dan los datos relativos a: tiempos totales por fases para cada método, tiempos efectivos o inefectivos totales para los tres métodos y sus promedios correspondientes por árbol, por metro cuadrado y por metro cúbico para cada método.

Resultados de Toma de Tiempo para Motosierra, Trozadora y Hacha

METODO	Superficie de Corte m <sup>2</sup>	Superficie de Trozado m <sup>2</sup>	Volumen de Madera	Suma Tiempo de Corte			Suma Tiempo de Trozado			Tiempo Efectivo		Tiempo Inefectivo		Tiempo de Caída		Tiempo Total		
				Centiminutos por						Centiminutos por				Centiminutos por				
				Arbol	M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	Arbol	M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	Arbol	M <sup>3</sup>	Arbol	M <sup>3</sup>	Arbol	M <sup>3</sup>	Arbol	M <sup>3</sup>	Arbol
MOTOSIERRA	Totales	7.69	8.18	53.38	14520	37854	5986	13013	30499	4621	27533	10607	10469	4174	358	160	38360	14940
	Promedios	0.38	0.49	2.68	726	1893	299	650	1525	231	1376	530	523	209	18	8	1918	747
TROZADORA	Totales	4.99	5.8	35.20	40699	153746	23646	43744	149911	24969	84443	48615	15537	8307	5345	2445	105325	59367
	Promedios	0.25	0.29	1.76	2035	7687	1182	2187	7495	1248	4222	2430	776	415	267	122	5266	2968
HACHA	Totales	5.50	6.34	37.44	33165	119704	20091	68103	231873	38694	101268	58785	11230	6226	291	193	112789	66208
	Promedios	0.26	0.30	1.78	1579	5700	957	3243	11041	1842	4822	2799	535	296	14	9	5371	3156

## Análisis Estadísticos

El estudio estadístico para la interpretación de los resultados se presenta en el análisis del Cuadro N° 3.

CUADRO N° 3

Análisis de la Variancia

Fuente de Variancia	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Método	2	147'753,712.15	73'876,856.08	**
Madera	2	109'453,785.02	54'726,892.51	**
Madera Interacción Método por Madera	4	65'402,391.95	16'350,597.99	**
Error	45	165'846,146.86	3'685,469.93	**
TOTAL	53	488'456,035.32		

El análisis de la variancia muestra que tanto los efectos principales como la interacción son altamente significativos.

Esta última fuente de variación es de similar interés, especialmente para determinar el efecto del tipo de madera y el método empleado. Por tanto, descomponiendo los efectos simples de los métodos en cada tipo de madera sería posible obtener la información deseada, tal como se indica en el Cuadro N° 4

CUADRO N° 4

Fuente	G.L.	S.C.	G.M.	F.
Método en Madera dura	2	164'139,540.33	82'069,770.16	22.268**
Método en Madera Semidura	2	64'049,426.33	23'024,713.16	6.247**
Método en Madera blanda	2	2'467,147.44	1'485,573.72	N.S.
Error	45	165'846,146.80	3'685,469.93	

El Cuadro N° 4 muestra que existe diferencias altamente significativas para métodos en madera dura y semidura, no habiendo significancia en cuanto al método en madera blanda.

Para probar entre que métodos hay diferencia significativa, efectuamos la Prueba de Duncan

Prueba de ALS de Duncan

E. S. = 1,055.5

En madera dura

Motosierra	Trozadora	Hacha
1543.50	<u>7,888.33</u>	<u>8.00867</u>

El método de motosierra es superior en forma altamente significativa con respecto al de trozadora y hacha; no hay diferencia del método de trozadora con respecto al de hacha.

En madera semidura

Motosierra	Trozadora	Hacha
2,163.65	<u>53 3 2.3 3</u>	5,743.5

Ocurre lo mismo en el caso de madera dura.

El análisis estadístico realizado nos dice, que existe diferencia en cuanto al renacimiento de los métodos, en madera dura y semidura no así en el caso de madera blanda, donde el rendimiento de todos los métodos es aproximado esto resulta lógico si se piensa que la eficacia de cada método esta además en función de la madera Una madera blanda evidentemente no permite que un método supere a otro.

Habiendo obtenido dicho resultado, se ha hecho una prueba de significancia para ver dentro de las maderas que presentan diferencia, cuál es el método que ofrece mayor rendimiento. El resultado obtenido es que el método con motosierra brinda siempre mayor rendimiento que el de hacha y trozadora, y que el método de trozadora no ofrece un rendimiento significativo con respecto al de hacha.

## Discusión

### a) Método de Hacha

De los tres métodos comparados, el efectuado con hacha es el único que se ha realizado dentro de las condiciones que requieren estudios de esta índole, pues se contó con obreros de contextura normal en la zona de estudio, que conocen el manejo de hacha y que poseen un entrenamiento físico adecuado, debido a que continuamente trabajan con dicha herramienta. Todo esto se tradujo en un estado síquico normal que permitió trabajar al obrero en condiciones adecuadas pudiéndose considerar por dicho motivo al rendimiento obtenido por este método, como el 100% del rendimiento de obreros normales en la zona de estudio.

Posiblemente este rendimiento podría mejorarse impartiendo al obrero enseñanzas practicas, acerca de la técnica del manejo de hacha es decir, los movimientos precisos, la forma de corte perfecta y empleando un hacha científicamente estudiada en cuanto a peso, para cada tipo de madera, y largo de mango. Este factor se ha estudiado en forma intensiva en EE.UU. y sobre todo en países europeos, donde se ha llegado a obtener un hacha adecuada para sus tipos de madera y para el elementos humano que trabaja en sus bosques; pero que no se sabe si realmente son las más adecuadas para condiciones de bosques como los nuestros, donde la clase de madera es muy diferente, así como el elemento humano.

La ejecución del método de hacha, se inició empleando hachas importadas de EE.UU.; pero debido a que los obreros no se acostumbraron a trabajar con ellas y teniendo en cuenta que para obtener un rendimiento lo más cierto posible era necesario un estado síquico normal de los obreros, se les permitió trabajar con hachas de su propiedad, herramientas que como sabemos distan bastante de ser las más apropiadas. Los inconvenientes que según los obreros, presentan las hachas americanas y que aún no han sido totalmente comprobadas, son: ser muy livianas y por lo tanto rebotan al trabajar en maderas duras; tienen un ancho de filo muy grande que impide profundizar el hacha en madera dura y que el mango es muy débil, motivo por el cual se rompen muy rápidamente.

## b) Método de Trozadora

En la ejecución de este método se han presentado varios inconvenientes. En primer lugar, fue imposible encontrar en la zona de estudio, personal adiestrado en el manejo y mantenimiento de la trozadora. Esto obligó a contratar obreros sin este requisito, a los cuales se les encomendó la ejecución del método impartiendoles previamente un período de prácticas. Sin embargo, quizás por ser corto dicho período de adiestramiento, los obreros no llegaron a asimilar completamente la técnica de trabajo con esta herramienta, es decir: los movimientos, la posición del cuerpo, la técnica del corte, su mantenimiento, etc. Todo esto fue motivo para que el obrero no estuviese identificado con dicha herramienta y de esa manera ofrecer un mejor rendimiento. Se puede notar esta falta de adiestramiento en el Gráfico N° 1, donde se ve que el tiempo efectivo empleado para corte por m<sup>3</sup> es mayor para trozadora que para hacha, es decir, el hacha tiene un mayor rendimiento en esta fase. En cambio, en la fase del trozado sucede lo contrario la trozadora arroja un menor tiempo efectivo o sea un mayor rendimiento. Esto se debe precisamente a que los obreros encuentran dificultad en acostumbrarse a trabajo en la posición correcta y por cuyo motivo no transmiten los movimientos precisos a la trozadora. Se ha visto que son reacios a trabajar colocándose por detrás de la herramienta pues si bien empiezan en esta posición terminan colocados en línea con la trozadora mirándose frente a frente. Esta posición evidentemente es más desventajosa en la fase de corte que en la de trozado, motivando pues un menor rendimiento. Al inconveniente citado, debido al elemento humano, debe sumarse otro inherente a la herramienta misma, pues por disponer de un solo tipo de trozadoras, que es para madera dura, se tuvo que emplear éstas para la ejecución de todo el método y por lo tanto se afiló y triscó para cortar madera de dureza promedio. Esto motivó que cuando se trabajaba en madera semidura y sobre todo en blanda, la trozadora se ajustaba cuando sólo se había cortado un 40 o 50% del diámetro demandando mayor esfuerzo a los obreros o quedando aprisionada del todo. En estos casos se tuvo que hacer uso del hacha para liberar a la trozadora y poder seguir con el corte y trozado, ya que la profundidad de corte era pequeña y no permitía el empleo de cuñas.

Todos estos factores han repercutido en la ejecución de este método brindando un rendimiento que en base a la experiencia y cálculos aproximados del tiempo perdido, estimamos es el 70% del que se obtendría en condiciones normales.

Si se considera que los datos de rendimiento obtenidos por este método son solamente el 70% de aquel que obtendría un equipo de obreros adiestrados y que trabajan normalmente, podríamos hacer una prueba de significancia para ver si dicho rendimiento resulta superior con respecto al de hacha.

Empleando la siguiente fórmula tendríamos:

$$t_{0.05} = \sqrt{\frac{\frac{M_1 - M_2}{G_1^2 - G_2^2}}{N_1 + N_2 - 2}}$$

Donde:

$$\begin{aligned} M_1 &= 5371 \\ M_2 &= 3686 \\ G_1^2 &= 8317456 \\ G_2^2 &= 3837681 \end{aligned}$$

$$N_1 + N_2 = 41$$

Luego tenemos:

$$t_{0.05} = 4.7$$

Significancia al 5% = 2.023, lo que quiere decir que el rendimiento obtenido por el método de la trozadora resultaría significativo con respecto al de hacha.

### C) Método de Motosierra

Para la ejecución de este método ya se dijo que fue imposible conseguir en la zona de estudio, personal adecuado que reuniese las condiciones mínimas necesarias para el manejo y mantenimiento de la motosierra. Ante esta dificultad se decidió que el método fuera ejecutado por los Ings. Per Christiansen y J. Lemery, quienes si bien no están entrenados, es decir no tienen un estado físico adecuado ni tampoco práctica conveniente, en cambio conocen el perfecto manejo y mantenimiento de la motosierra.

Teniendo en cuenta esta deficiencia en el normal desenvolvimiento lento del método consideramos también que el rendimiento obtenido es aproximadamente el 80% del que se obtendría en condiciones normales.

Podríamos preguntarnos ¿El rendimiento obtenido por el método de motosierra sigue siendo significativo con respecto al de trozadora, cuando el rendimiento obtenido por este método fuera el 70% de un equipo de obreros normales?; una prueba de significancia empleando la misma fórmula anterior nos daría los siguientes resultados:

$$t_{0.05} = \sqrt{\frac{\frac{M_1 - M_2}{G_1^2 - G_2^2}}{N_1 + N_2 - 2}}$$

Donde:

$$\begin{aligned} M_1 &= 3686 \\ M_2 &= 1918 \\ G_1^2 &= 3837681 \\ G_2^2 &= 1065024 \end{aligned}$$

$$N_1 + N_2 = 40$$

Luego tenemos:

$$t_{0.05} = 6.5$$

Significancia al nivel 5% = 2.024

De acuerdo a estos datos el método de motosierra sigue siendo altamente significativo con respecto al de trozadora.

En el Gráfico N° 2 se ilustra la forma en que crece el rendimiento para los distintos métodos de acuerdo a la efectividad de la mano de obra.

Gráfico N° 1

Diagrama sobre la repartición del tiempo por cada método en centimínutos por m<sup>3</sup> de madera y en por ciento del tiempo efectivo e inefectivo necesario

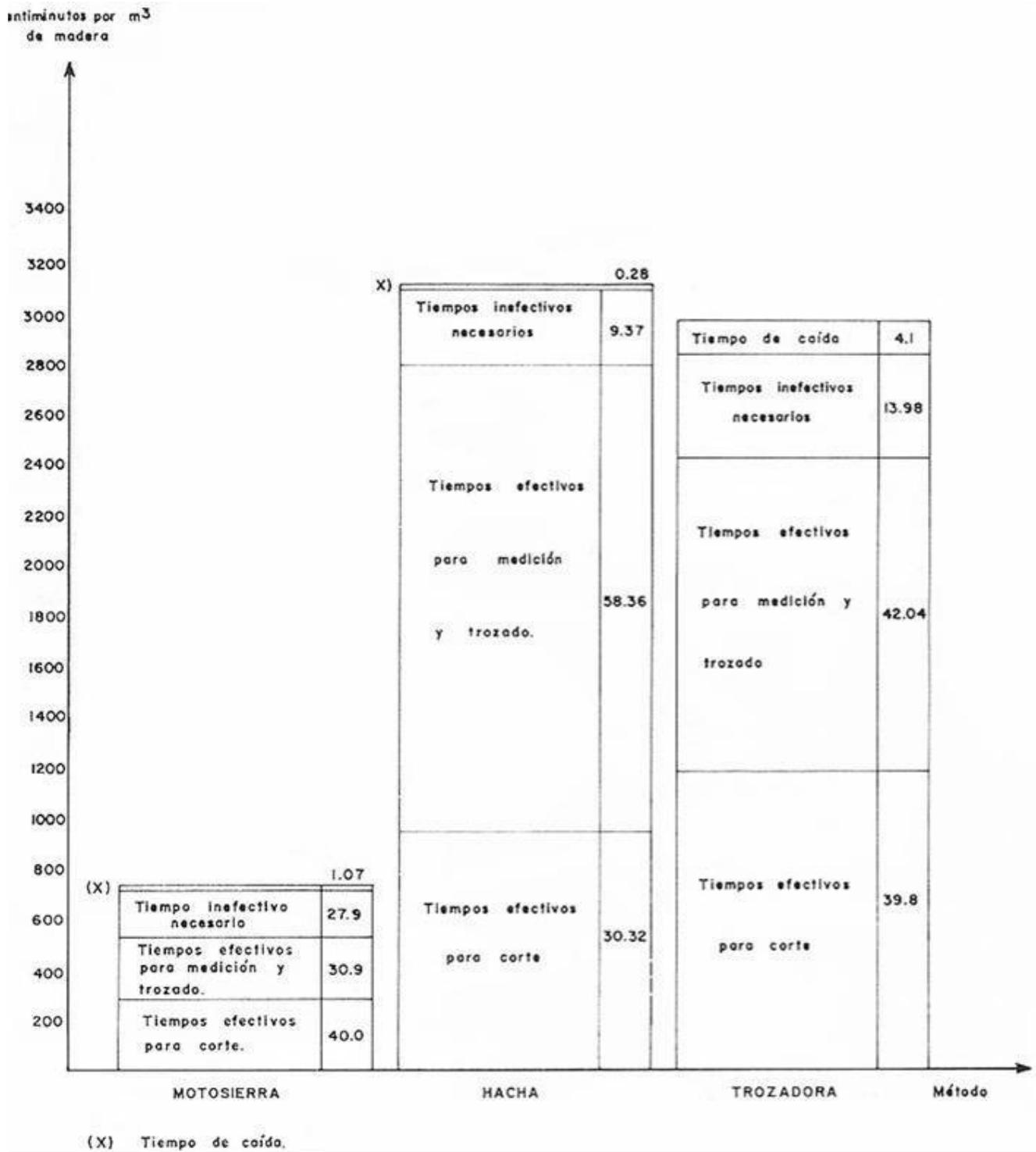
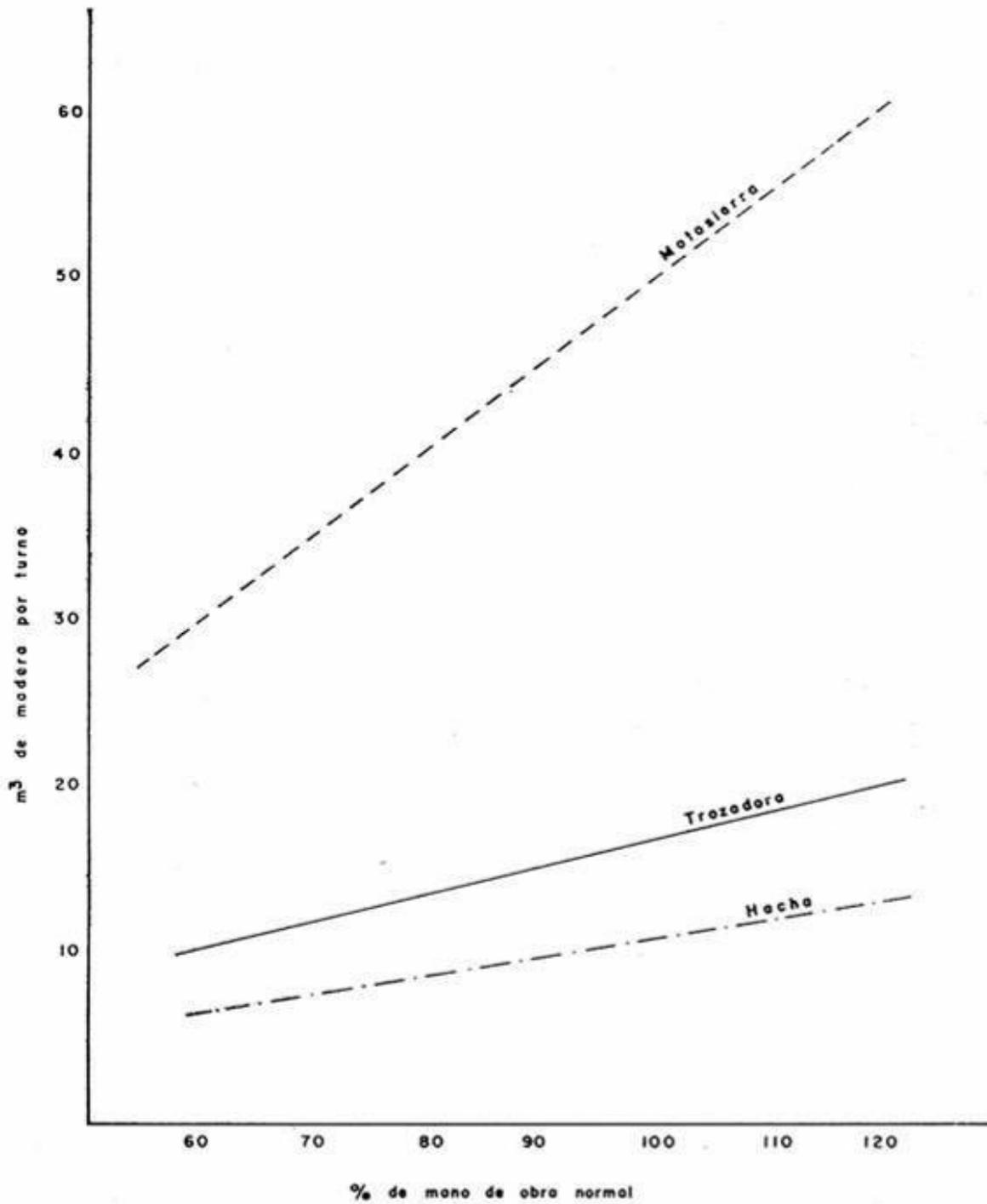


Gráfico N° 2

Rendimientos por turno de 8 horas para los tres métodos en relación a la eficiencia de la mano de obra



Para un turno de 8 horas diarias, el tiempo efectivo e inefectivo necesario fue:

Para hacha, 6 horas; rendimiento en  $m^3$  por turno 11.4

Para trozadora, 6 horas; rendimiento en  $m^3$  por turno 12.12

Para motosierra 5 horas; rendimiento en  $m^3$  por turno 40.1

El resto del tiempo fue empleado en ubicar los árboles y trasladarse de un árbol a otro.

Si hacemos un análisis detenido del rendimiento conseguido por los tres métodos vamos a obtener los siguientes resultados:

*Cuando no se toma en cuenta el factor obrero:*

—El método de motosierra tiene una ventaja altamente significativa con respecto al de hacha y de trozadora

—El tiempo total empleado por el método de motosierra por  $m^3$  de madera verde resulta ser el 23% del empleado con el método de hacha y el 24.8% del de trozadora. Cuadro N° 6.

—El tiempo efectivo empleado por el método de motosierra para realizar el corte por  $m^2$  es sólo el 20% del empleado con el método de hacha y el 22% del empleado con el método de trozadora para ejecutar la misma operación. Cuadro N° 6.

—El método de trozadora arroja una tendencia de ventaja en rendimiento con respecto al de hacha, pero que no es significativa.

—Si combinamos los métodos de hacha y trozadora de manera tal que se ejecute el tumbado con hacha y el corte con trozadora, se podría disminuir el tiempo efectivo total por  $m^3$  hasta 80.79% del tiempo efectivo obtenido con el hacha y hasta el 90.74% del de trozadora. Cuadro N° 6.

Publisor

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS PARA CORTE Y TROZADO POR TRES METODOS Y TRES GRUPOS DE MADERA

METODO	Tipo de Madera	Tiempos efectivos en Centiminutos por m <sup>2</sup>				Tiempos efectivos en Centiminutos por m <sup>3</sup>			Suma Tiempo Efectivo en % del Hacha	Tiempos Inefectivos necesarios C M./m <sup>3</sup>	Tiempo de Caída	Tiempo Total por m <sup>3</sup>	
		Volteo	Trozado	Tiempo Total CM.	% del Hacha	Volteo	Trozado	Suma Tiempo				CM.	% del Hacha
HACHA	TOTAL	5,7	11,041	16,741	100.00	957	1,842	2,799	100.0	296	9	3.150	100
	Dura	6,688	14,877	21,565		1,112	2,459	3,571					
	Semidura	6,881	9,225	15,306		891	1,625	2,516					
	Blanda	4,331	9,023	13,354		866	1,443	2,309					
MOTOSIERRA	TOTAL	1,893	1,525	3,418	20.00	299	231	530	18.9	195	8	747	23
	Dura	2,007	1,744	3,751		287	262	549					
	Semidura	1,923	1,493	3,416		249	226	475					
	Blanda	1,725	1,476	3,181		354	204	558					
TROZADORA	TOTAL	7,687	7,495	15,182	90.00	1,182	1,248	2,430	86.8	415	122	2.968	96
	Dura	10,747	6,749	19,405		1,819	1,088	2,907					
	Semidura	7,342	8,496	15,838		919	1,389	2,300					
	Blanda	4,923	7,386	12,309		770	1,287	2,057					

*Cuando se tiene en cuenta el factor obrero:*

- Considerando al rendimiento del método de hacha como el 100% del obtenido por obreros normales, el de trozadora como el 70% y el de la motosierra como el 80%, llegaríamos a los siguientes resultados: el método de motosierra tiene un rendimiento altamente significativo con respecto al de hacha y trozadora.

- El método de trozadora tiene una ventaja sobre el de hacha y ésta es muy significativa.

Finalmente si comparamos costos en soles por metro cúbico de madera para los tres métodos, tenemos los resultados expuestos por el Gráfico N° 3 en el cual vemos que a medida que va variando el precio de la mano de obra, los costos para los distintos métodos varían de tal forma que el costo por metro cúbico para la motosierra, se separa cada vez más del de trozadora y hacha.

En cuanto a los costos de la trozadora, son menores que los del hacha pero la diferencia es pequeña.

Vemos que debido al alto rendimiento de la motosierra, el costo para corte y trozado por metro cúbico es reducido en comparación con los demás métodos. Sería lógico recomendar este método para la ejecución de dichas operaciones; sin embargo, para que dicho método permita obtener los resultados deseados es necesario que se cuente con ciertas condiciones en la zona de trabajo; es decir, disponer de personal adiestrado y contar con servicios adecuados

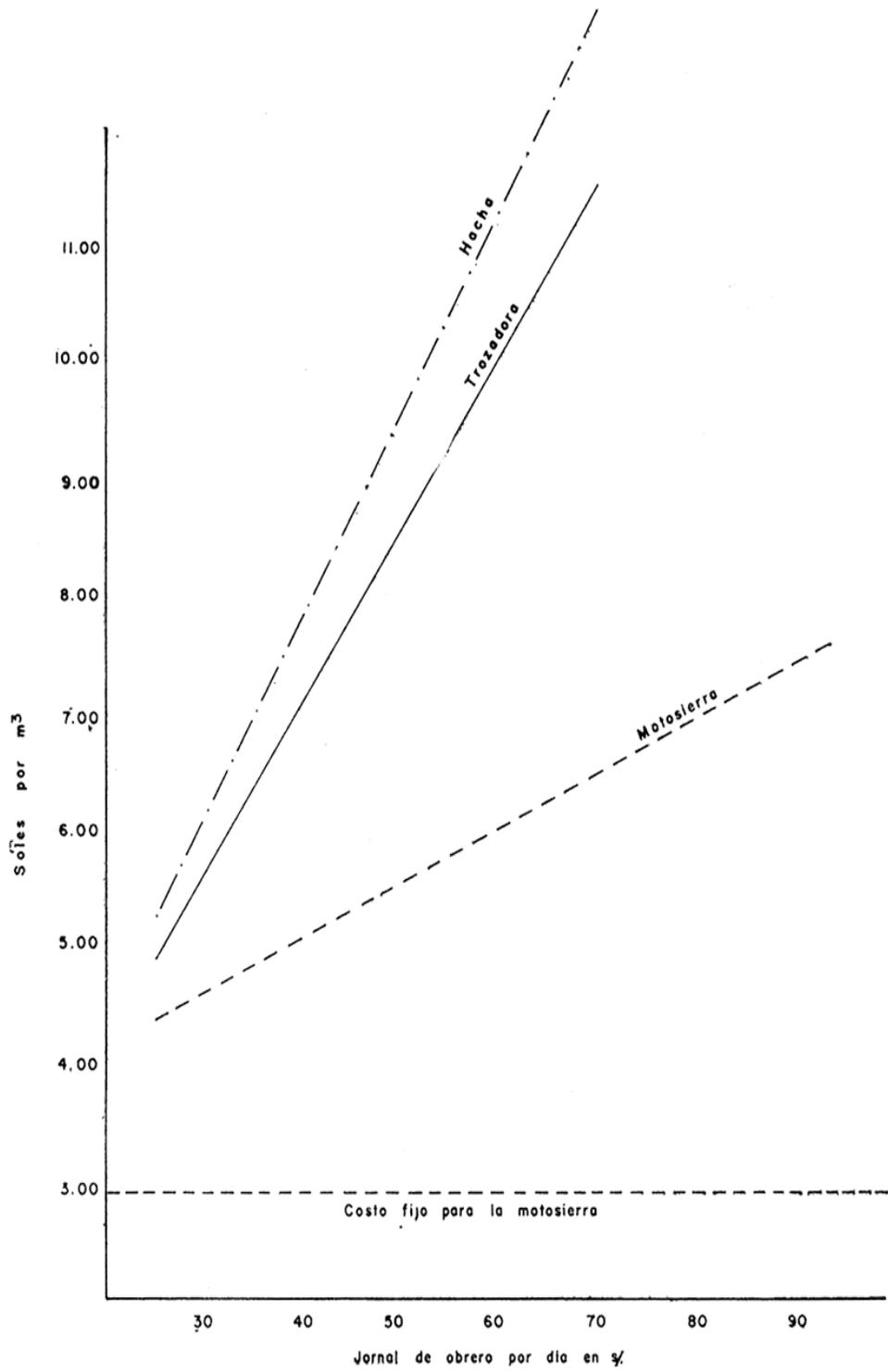
En cuanto a los costos para el método de trozadora vemos que pueden disminuir notablemente, aumentando su rendimiento, objetivo que se puede conseguir si se cuenta con mano de obra eficiente y herramientas adecuadas.

Este factor se puede obtener fácilmente, realizando estudios sobre tipos de trozadoras, dentro de las que existen y formas de afilado para los distintos tipos de madera y luego efectuar cursos de adiestramiento, cuya duración sea la que permita contar a corto plazo con personas altamente eficientes en el manejo y mantenimiento de estas herramientas.



Gráfico N° 3

Costos por m<sup>3</sup> de madera para los tres métodos cuando varía el valor de la mano de obra



## Conclusiones

- Solamente la madera dura y semidura permiten conseguir diferentes rendimientos que están en concordancia con la eficacia Método no así las maderas blandas en las cuales el rendimiento obtenido es aproximado
- El rendimiento obtenido por el método de motosierra en los diferentes tipos de madera, es similar lo que quiere decir que en dicho método no influye mayormente la dureza de la madera.
- La dureza de la madera tiene marcada influencia en los rendimientos de los métodos de trozadora y hacha.
- En el corte y tragado de la madera blanda, al no haber diferencia significativa de rendimiento entre los métodos; se puede efectuar con el método que para tales rendimientos resulte más económico.
- A los efectos de una mayor economía en la ejecución de estas operaciones, se debe utilizar la motosierra; pero solamente cuando se cuente con personal entrenado y servicios eficientes para su manejo y mantenimiento
- Teniendo en cuenta que el rendimiento del método de trozadora puede ser mejorado; es necesario que se realicen estudios sobre trozadoras adecuadas y afilados convenientes para los tipos de madera existentes.

## Agradecimiento

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Dr. José Giles y al Ing. Gustavo González, docentes de la Facultad de Ciencias Forestales, por su valiosa ayuda prestada en la ejecución del Análisis Estadístico, como así mismo a todas las personas que de alguna manera han contribuido en la ejecución de este trabajo.

## Bibliografía Citada

1. BARNES, R. 1963 - Motion and time study. New York, John Wiley.
2. GLASER, H. 1960 - Die ernte des holzes. Neuwled.
3. HUBERT, H. H. 1963 - La ciencia de] trabajo. Madrid, Rialp. 520 p.
4. MONTENEGRO, E. 1966 - Inventario exploratorio de los bosques de colina de la U.T.C.F., Aucayacu. La Molina, Perú. Instituto de Investigaciones Forestales, 12 p. (mimeografiado).
5. MOTTIK, W. L. 1966 - Herramientas y uti les para la utilización de bosques. La tala y el transporte de la madera Boletín (Guatemala) N<sup>a</sup> 1:5-23.
6. —1966—El apeo de los árboles. La tala y el transporte de la madera. Boletín (Guatemala) N<sup>a</sup> 1:15-46.
7. MUNDEL, M. 1960 - Motion and time study. USA., Frenicc-Hali.
8. SUNDBERG, U. 1960 - A study on the manual handling of round timber. Medd Bd. (Stockolm) 49:2.