

## Evaluación de procesos tecnológicos de tala y extracción de madera en la Empresa Agroforestal Macurije

### Evaluation of wood logging and extraction technological processes at the Agroforestry Company Macurije

Jerson Manuel Rodríguez García<sup>1</sup>, José Carlos Rodríguez García<sup>2</sup>, Daloyma Crespo Santoyo<sup>2</sup>,  
Roberto Enrique Taño Lazo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Museo de Historia Natural "Tranquilino Sandalio de Noda", Calle Martí Final esq. Ave.  
Comandante Pinares. Contacto: [jersonrodriguez1991@gmail.com](mailto:jersonrodriguez1991@gmail.com)

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales ECOVIDA, Agencia de Medio  
Ambiente, Km 2 ½ Carretera Luis Lazo.

<sup>3</sup> Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca, Facultad de Ciencias Técnicas,  
Departamento de Matemática, Calle Martí final No. 270.

Fecha de recepción: 01 de abril de 2020

Fecha de aceptación: 03 de junio 2020

**RESUMEN.** El presente estudio se realizó en el período comprendido entre diciembre de 2019 y febrero de 2020 en áreas de la Empresa Agroforestal Macurije, localizada en el municipio Guane, provincia Pinar del Río, Cuba, específicamente en el rodal 28 que es un área bastante extensa y lejana del aserrío. El estudio se trazó como objetivo evaluar los procesos tecnológicos de tala y extracción de madera en la empresa y proponer un sistema de acciones que permitan una correcta planificación de dichas actividades, minimizando los costos en función de una mayor eficiencia y eficacia en la utilización de la maquinaria forestal. Se realizó un estudio referativo de los diferentes modelos y metodologías para la tala y extracción de la madera. La metodología utilizada fue según la norma cubana (NC 34-37) para la explotación de maquinarias agrícolas y forestales y la (NC 38-43) sobre los cálculos económicos. Los resultados obtenidos demuestran que el mayor índice de aprovechamiento se alcanza durante el proceso de extracción de madera con 88,04%, donde la óptima explotación de las maquinarias que intervienen en la actividad de aprovechamiento forestal es fundamental para disminuir parámetros económicos directamente relacionados con la reducción de los costos de las operaciones. Se hace imprescindible que exista una correcta organización del proceso de aprovechamiento forestal, trazándose un plan de acciones para potenciar el uso eficiente de la maquinaria y así disminuir los costos.

**Palabras clave:** Aprovechamiento forestal, procesos tecnológicos, extracción, tala, maquinaria, madera, parámetros económicos, costos de operaciones, Macurije.

**ABSTRACT.** The present investigation was carried out during the months of December of 2019 to February of 2020 in the rodal 28, belonging to the Company Forest Macurije, located in the municipality of Guane, Pinar del Río province, Cuba. The main objective was the evaluation of wood logging and extraction technological processes in this place and the proposal of a system of actions that facilitate a correct planning of those activities minimizing their costs, in function of a bigger efficiency and effectiveness in the utilization of the forest machinery. It was made a study of the different models and methodologies for the pruning and extraction of the wood. The used methodology was according to the Cuban norm (NC 34-37) for the exploitation of agricultural and forest machines and the (NC 38-43) concerning the economic calculations. The obtained results demonstrate that the biggest use is achieved during

the wood logging process with 88,04 %, and the optimal exploitation of the different machines that intervene in the activity of forest use is fundamental to decrease the economic parameters related to the reduction of the operations' costs. It's indispensable a correct organization of the forest use process, planning a group of actions to improve the efficient use of the machines and thus to decrease the economic costs.

**Key words:** Use, extraction, pruning, Macurije.

## INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento descontrolado de madera fue la causa directa de la destrucción de los bosques cubanos. En el año 1959 solo el 14 % de la superficie de la isla estaba cubierta de bosques y con un elevado nivel de degradación. Después del triunfo de la revolución, el gobierno revolucionario logró establecer acertadas políticas de reforestación, incrementándose la superficie boscosa de la isla hasta un 24,5% del territorio. Ley 85 "Ley Forestal".

Desde las últimas décadas del siglo XX se ha evidenciado una transformación en la actividad forestal a escala mundial pues las necesidades de madera para uso industrial se satisfacen, cada vez más, a partir de plantaciones forestales, siendo una parte creciente de éstas en forma de cultivos intensivos de alto rendimiento (Casimiro 2004).

En Cuba las especies del género *Pinus* han tenido un peso fundamental en los planes de desarrollo forestal desde la etapa 1997-2015, estando determinada su preferencia por el rápido crecimiento que presentan y los múltiples usos que tienen sus maderas (MINAG, 1996). Dentro de composición de especies forestales cubanas empleadas para la reforestación el 46 % son coníferas (Marrero et al, 1998). La conífera *Pinus caribaea* var. *caribaea*, endémica del occidente de Cuba, es una valiosa especie de rápido crecimiento, utilizada en los programas de mejoramiento genético forestal por la calidad de su madera para múltiples usos y su plasticidad ecológica, lo que representa un patrimonio genético de incalculable valor.

La madera, especialmente la aserrada, es un producto muy apreciado por sus características peculiares que la hacen insustituible para determinados usos, por su carácter multipropósito y sobre todo por ser obtenida de fuentes de materias primas naturales renovables. Con el desarrollo alcanzado por la sociedad, a pesar de la existencia de nuevos y disímiles productos, la demanda de la madera lejos de disminuir, crece al igual que la población y la indetenible demanda de viviendas y otras necesidades, por lo que se augura un incremento notable del consumo de madera aserrada en los próximos años, según las estadísticas de la FAO (1993).

La utilización de la madera en Cuba ha generado beneficios económicos significativos, el sector forestal en Cuba aportaba el 1% del Producto Interno Bruto (González, 1996), luego de las proyecciones realizadas para el año 2015 la producción de madera creció 2,5 veces (MINAGRI, 1997). Actualmente sigue un patrón de incremento constante plasmado en los Planes de Ordenamiento Forestal de las áreas que explotan este recurso, pues no se puede incrementar la producción a menos que se incrementen los cultivos, se respeten las curvas de aprovechamiento establecidas para cada tipo de plantación hasta llegar al Turno Optimo de Corta.

Con el fin de incrementar las producciones en Cuba se han realizado investigaciones relacionadas con la selección y uso de maquinarias, pero muy pocas se han adquirido para el sector forestal por lo que es vital proponer un sistema de acciones que posibiliten una correcta planificación de las actividades de tala y extracción de la madera con un correcto plan de explotación de las maquinarias, tractores e incluso las herramientas de tracción animal para optimizar el uso de las fuentes de energía e insumos durante el proceso y minimizar los costos de producción, en función de una mayor eficiencia y eficacia en la gestión de los procesos forestales y en la optimización del uso de la maquinaria forestal.

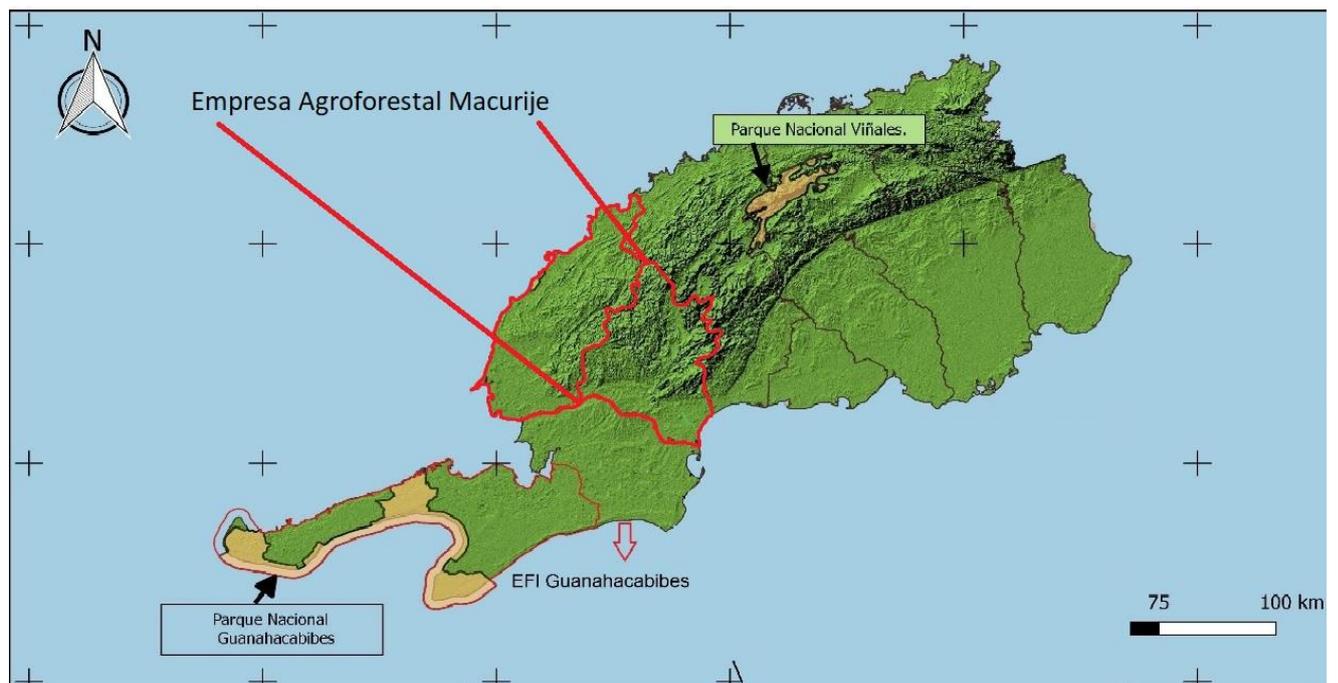
Desafortunadamente hay que destacar que en los últimos años son muy pocos los estudios realizados en el tema y la bibliografía es escasa, además el nivel y la calidad de las investigaciones consultadas no es muy elevado, por lo que las investigaciones en la explotación de máquinas forestales sigue siendo una novedad actualmente.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para el desarrollo de la investigación se aplicaron el método analítico deductivo y el método dialéctico, empleándose para la obtención de la información técnicas de observación, experimentación y encuesta aplicada a expertos.

El área experimental empleada para realizar el estudio fue el rodal 28 con plantación de *Pinus caribaea*, perteneciente a la Empresa Agroforestal Macurije, representada en la Fig. 1, ubicado al norte y centro del territorio entre los paralelos 21° 22' y 22° 32' Norte y los meridianos 82° 66' y 84° 31' Oeste.

El área seleccionada es representativa de la especie en la provincia, la cual tiene mucha similitud con otras especies de coníferas que existen en el país.



**Figura 1.** Esquema de la ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: Elaborada por el autor.

Se seleccionaron varios lotes del rodal 28 y se evaluaron las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, revisando los datos de campo registrados en las fichas de costo de la empresa desde 2007 hasta 2017, donde se evaluaron indicadores económicos relacionados con el proceso productivo.

Dentro del criterio de selección del área se tomó la abundancia de esta especie en la región con 73 559 ha plantadas, según Ministerio de la Agricultura (2017).

En la actualidad de los rodales de *Pinus caribaea* se extrae la mayor parte de la madera que procesan los aserríos y las plantaciones preferidas son las de *var. caribaea*. En las zonas de la empresa seleccionada se concentra el peso fundamental del aprovechamiento de madera y por supuesto cuentan con la mayor cantidad de máquinas, herramientas y otros medios, también con los obreros más experimentados en esta labor. Se elaboró un modelo matemático de optimización de los procesos tecnológicos de tala y extracción de madera, como herramienta para aumentar la eficacia y la eficiencia de los procesos productivos.

## MÉTODOS

El método empleado para la evaluación fue diferenciado en cada caso, en consideración con las exigencias y objetivos específicos perseguidos. Los datos primarios fueron procesados a través de los sistemas automatizados disponibles como Stadist, Microsoft Word y Microsoft Excel.

Después de realizar un análisis previo de los rodales de *Pinuscaribaea* en la Empresa Macurije, se localizaron las áreas naturales y las áreas plantadas, determinando los sitios que permitieran satisfacer la toma de información sujeta a las variables definidas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de los principales resultados alcanzados en la investigación resaltan los obtenidos en la aplicación de la encuesta a expertos en diferentes áreas: socioeconómicas, productivas y ecológicas. Por otra parte se muestran los principales resultados de la evaluación de la productividad y los costos en los que incurre la maquinaria forestal en las diferentes tareas del aprovechamiento.

### Resultados del Diagnóstico aplicado a Expertos.

Como se muestra en la Fig. 2, el diagnóstico a los expertos muestra como las dimensiones evaluadas difieren en cuanto a la puntuación, de forma general ninguna de las dimensiones evaluadas muestran estabilidad, lo que nos lleva a realizar un análisis de las principales problemáticas que inciden en los diferentes procesos tecnológicos que intervienen en el aprovechamiento.



**Figura 2.** Diagrama radial del diagnóstico a expertos. Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las variables analizadas durante la encuesta a los expertos se encuentran la Dimensión del comportamiento de la Maquinaria y Accesorios (MA), el estado técnico, la fiabilidad y la

disponibilidad de combustibles y lubricantes para la realización de sus operaciones tecnológicas.

Como se aprecia en la Fig. 2, el promedio de las encuestas manifiestan que los servicios no son garantizados en su totalidad por el mal estado de la maquinaria y de la salud de las yuntas de bueyes.

En el caso de la extracción de madera, de acuerdo con la información consultada, esta operación constituye una de las más costosas dentro del proceso agroforestal, alrededor del 20 por ciento de los costos totales.

La extracción de madera con animales cada día alcanza mayor dimensión y actualmente en países desarrollados como Alemania, Suecia, Finlandia, se reporta un incremento en el empleo de animales para la extracción de madera en talas selectivas, usualmente caballos.

En cuanto a la dimensión de las plantaciones, las variables que no presentan un comportamiento aceptable son el acceso a los árboles y al centro de acopio, esto debido a las enredaderas en los árboles (lianas) y al mal estado de los caminos secundarios y las pendientes.

Una de las dimensiones evaluadas es la ergonomía, que tiene que ver directamente con la utilización de medios y accesorios utilizados por el hombre dentro de los procesos, donde los principales indicadores que presentan incidencia negativa son los niveles de ruido y la incomodidad que generan los implementos para el trabajo de corte o tala, ya que los obreros no tienen los accesorios necesarios para disminuir los decibeles de las motosierras y por la posición que deben adoptar para efectuar el corte.

En cuanto a la dimensión de Aspectos Ecológicos (AE) que inciden los diferentes procesos de aprovechamiento, podemos constatar que la compactación del suelo y el daño a las plantaciones son las variables que inciden negativamente, primero por el daño que causan los equipos que se usan para la extracción, a pesar de ser máquinas de una fiabilidad y potencia excelente, y por la falta de atención a la silvicultura en el patrimonio forestal de la empresa.

En cuanto a los Aspectos Socioeconómicos (ASE) evaluados por los expertos, las variables se mantienen en un nivel aceptable, aunque la capacitación que reciben los operadores, ayudantes y todo el personal que interviene en la actividad de aprovechamiento, no es la adecuada, no se realiza con frecuencia ni tiene como temática los principales problema que inciden negativamente en su trabajo cotidiano, aspecto de gran importancia para los trabajadores.

### **Utilización del tiempo de la jornada en el proceso de tala.**

#### **Utilización del tiempo de la jornada de trabajo para las herramientas de corte.**

Hay que destacar que los obreros deben caminar dentro del bosque para la búsqueda, limpieza y posteriormente realizar la tala.

El tiempo perdido se debe a causas ajenas a las posibilidades técnicas de las herramientas usadas, la retirada de los obreros de las áreas de trabajo provocado por la dificultad en la elaboración de los alimentos y la lejanía de las áreas de trabajo, reducen la estancia de estos a 6 h aproximadamente.

#### **Utilización del tiempo de la jornada para las yuntas de bueyes.**

Las yuntas de bueyes empleadas en la extracción y el apilado de madera, tienen un 86.67 % del tiempo dedicado a la explotación y el 13,33 % del tiempo es perdido.

El mayor tiempo perdido es provocado por la retirada de los bueyeros antes de concluir la jornada de trabajo, las pérdidas por causas organizativas, debido a que los animales no tienen altos rendimientos por jornadas y con poca madera talada trabajan el turno completo.

#### **Utilización del tiempo de la jornada para la extracción de madera con tractores.**

El 86,65 % del tiempo total de la jornada se emplea en la explotación del tractor y el 13,35 % es tiempo perdido con la mayor repercusión por incumplimiento de la jornada laboral o retirada de las áreas de trabajo de los operadores y ayudantes propiciado por las dificultades antes mencionadas, también pierde tiempo por la falta de combustibles y la falta de madera talada para extraer. Las interrupciones por causas meteorológicas no se tuvieron en cuenta ya que no hubo ninguna afectación en el período.

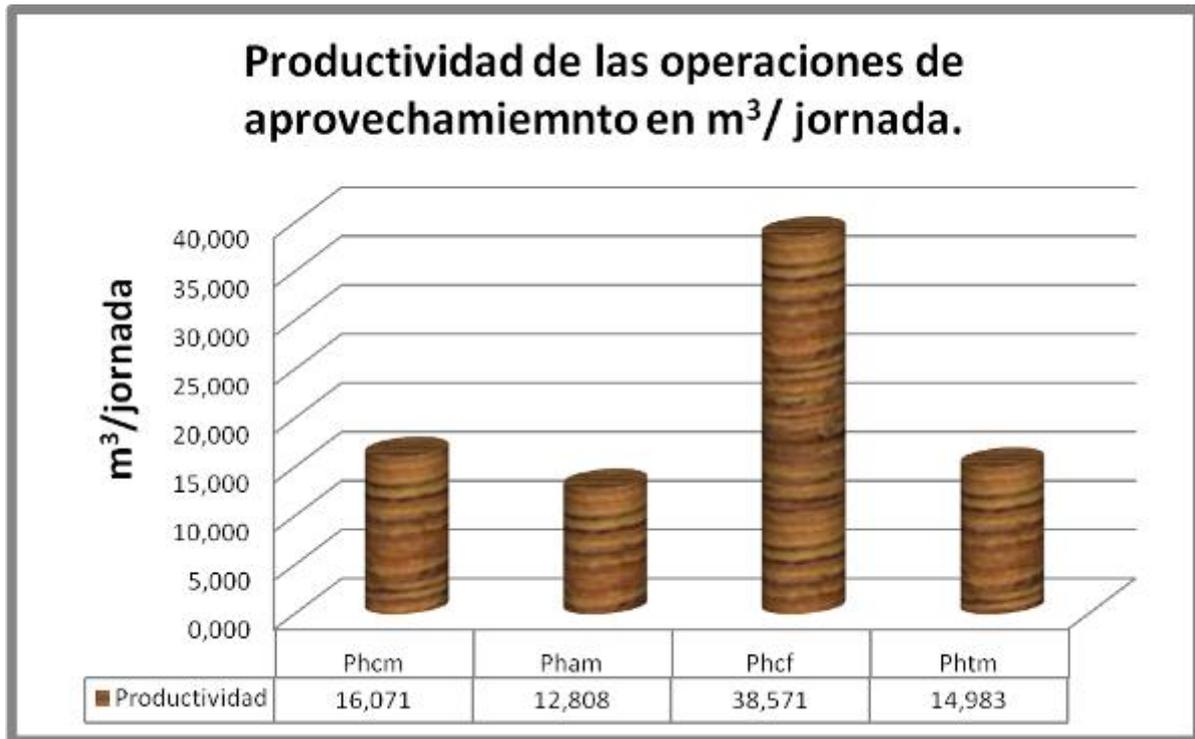
Los tractores arrastradores de madera son los más conocidos en el mundo para la extracción y se distinguen los pequeños tractores o mini skidders, los tractores agrícolas preparados para el arrastre y los tractores arrastradores especializados.

El empleo del tractor TDT- 55A, en los bosques de coníferas en Cuba han alcanzado rendimiento de 7 a 10 metros cúbicos por hora y los costos unitarios de 2,25 pesos por metro cúbicos para distancias de arrastre de 200 metros, este tractor posee una plataforma de apoyo que permite levantar la carga del suelo, disminuye la resistencia al arrastre y mejora los rendimientos en la operación.

#### **Productividad de las diferentes operaciones de extracción de la madera.**

### Productividad por hora en el corte de la madera (Phcm).

Durante la investigación se realiza el análisis de los datos tomados del Foto-cronometraje teniendo como premisa los distintos parámetros que rigen los componentes del tiempo de turno de trabajo, la productividad, que se considera uno de los indicadores más importantes para la efectividad de utilización de las máquinas y la misma representa la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo para las condiciones dadas de explotación según las NC 92-10:78.



**Figura 3.** Productividad de las operaciones de extracción de la madera en (m<sup>3</sup>/jornada).

Se puede constatar que la productividad por hora en el corte de la madera (**Phcm**) a través de las motosierras que fueron las que se utilizaron en la investigación tiene un promedio de 16,071 m<sup>3</sup> de madera por horas, esto solo en media jornada de trabajo para tala selectiva.

Cuando la distribución de las clases diamétricas en un área es muy amplia, que recoge árboles de clases menores y mayores que 35 cm, es muy natural que los modelos cuadráticos tenga la mejor correlación, porque los árboles de mayores dimensiones se diferencian en la tala por los dos cortes que se dan en la entalladura principal o cama, consumiendo mayor tiempo. Por esta razón la variable tiempo se incrementa a mayor velocidad, para las clases diamétricas superiores.

Las máquinas y medios usados para esta operación son muy variadas, desde la fuerza humana, la tracción animal y la fuerza mecanizada; si no se garantizan por parte de la empresa los recursos necesarios estos influirán negativamente en la productividad de las máquinas y de los animales en dicha labor. Resultados similares lo obtuvieron Cándan (1998), Cordero, (1995) y Chirguin (1994).

También los bueyes son muy usados en América Latina, Cordero (1995) reporta que en Costa Rica los rendimientos de las yuntas de bueyes usando cadenas para el arrastre alcanzan los 2.93 metros cúbicos por hora a distancia de arrastre de 100 metros, y el costo total es de 1,48 dólares (EE.UU) por metro cúbico.

Los resultados de la utilización del tiempo de la jornada de trabajo de la motosierra a la hora de la tala representan un 90,05 % de aprovechamiento del tiempo de la jornada de trabajo de explotación, lo que se traduce en 47,8 minutos de tiempo de jornada perdido para las motosierras, debido a la mala organización y planificación de las actividades. Similares valores han sido obtenidos por otros autores, Pollini *et al.*, (1992) quien plantea que deben ser de más de un 90 %, para las operaciones de tala con motosierra.

Los resultados obtenidos en la productividad y el rendimiento por hora en el arrastre de la madera coincide con lo planteado por Otavo (1984), quien reporta en Chile rendimientos de 2,44 metros cúbicos por hora a distancias de arrastre de 80 m, con pendientes del terreno entre 10% y 20 % y los costos de 0,38 dólares (EE.UU) por metro cúbico con el empleo de yuntas de bueyes y cadenas para el arrastre de trozas. En Cuba son muy utilizadas las yuntas de bueyes en el arrastre de trozas y de surtidos obtenidos en los tratamientos silvícolas.

De acuerdo con FAO (1984), el arrastre de troncos enteros usando tractor de ruedas con vagoneta, el rendimiento obtenido fue de 2.5 metros cúbicos por hora y el costo de 3,02 pesos por metro cúbico a distancia de 150 metros; FAO (1988) reporta que en Tanzania en bosques deconíferas, con árboles de 0,75 m<sup>3</sup> de volumen promedio, el rendimiento acopiando troncos enteros fue de 10,5 m<sup>3</sup> a una distancia de arrastre de 200 metros y el costo de 1,48 pesos/m<sup>3</sup> cuando se emplea el tractor de ruedas con plataforma, winche con cable central y estrobos.

La disminución de los períodos de trabajo en el campo es posible mediante el aumento de la cantidad de máquinas o elevando la productividad de éstas corroborándose con lo planteado por Garrido, P. J. (1984). De todos los puntos de vista, el camino más favorable es el segundo, es

decir, mediante el aumento de la productividad de las máquinas y conjuntos que realizan las labores forestales.

De modo generalizado se aprecia la utilización de las clases diamétricas de los árboles como variable principal para estimar el tiempo de tala de los árboles según FAO (1978), Pérez (1988), Hendrison (1990), Nidhubhain et al. (1992), Sessions (1992), Kluender *et al.* (1995) y Kluender y Stokes (1996).

### La Productividad y el rendimiento por hora en el arrastre de la madera (Pham).

Según Flor (1988), la productividad es el indicador que mide la eficiencia en los procesos tecnológicos de Aprovechamiento entre las diferentes máquinas que se utilizan en el mismo, en el caso del arrastre de la madera, es decir en la extracción, contamos con dos máquinas y la yunta de bueyes para diferentes pendientes. Para menores de 15%, para mayores de 15 y menores de 30% y para mayores de 30.

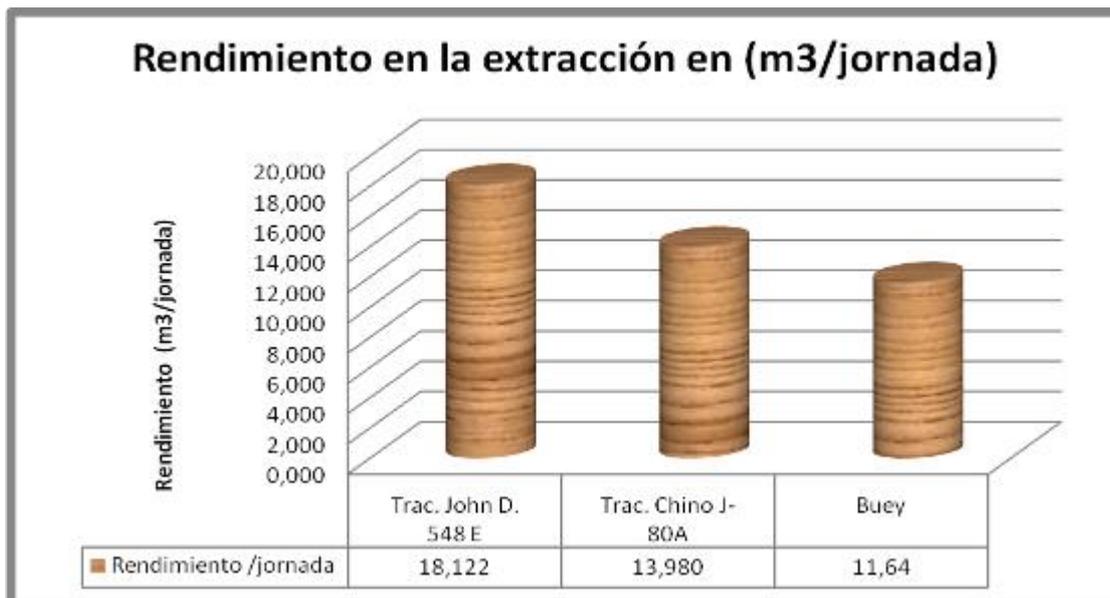


Figura 4. Rendimiento de los equipos utilizados en la extracción de madera.

En la presente investigación como se aprecia en la Fig. 4, se estudiaron el tractor John Deere 548 E, el tractor Chino J-80 A y una Yunta de bueyes, donde el porcentaje de productividad en la extracción de la madera estuvo promediando en 14,58 m<sup>3</sup>/h para las condiciones del experimento, resultados por debajo los establecidos por la FAO (1984), donde el arrastre de troncos enteros usando tractor de ruedas con vagoneta el rendimiento obtenido fue de 2.5 m<sup>3</sup>/h por hora a distancia de 150 metros; FAO (1988) reporta que en Tanzania en bosque de coníferas, con árboles de 0.75 m<sup>3</sup> de volumen promedio, el rendimiento acopiando troncos enteros fue de

10.5 m<sup>3</sup> a una distancia de arrastre de 200 metros cuando se emplea el tractor de ruedas con plataforma, winche con cable central y estrobos.

En el análisis del rendimiento de los equipos utilizados en la extracción de madera (Fig. 4), el Tractor John Deere 548 E, el Tractor Chino J-80 A y la Yunta de Bueyes tuvieron un rendimiento de 17,12; 15,98 y 13,65 m<sup>3</sup>/h respectivamente en una pendiente entre un 15 y un 30% y en una distancia promedio de 160 m, por lo que es superior a lo reportado por FAO (1984) y FAO (1988), para distancia y pendientes similares. Coincidiendo estos resultados con los obtenidos por Cándano, 1998.

### Evaluación de los costos de explotación de las máquinas que intervienen en el aprovechamiento.

#### Costos de explotación de las máquinas y herramientas, (Ce).

Los costos unitarios del aprovechamiento de madera según Harstela *et al.*, (1987) y Sessions (1992) están referidos a lo que cuesta realizar el proceso de aprovechamiento por unidad de producción, estos costos se estiman dividiendo el costo de explotación de las máquinas por el rendimiento de estas en las diferentes operaciones que incluye el corte de madera, la extracción hasta los acopiaderos superiores, la carga y descarga de la madera, el transporte hasta la industria o centros de consumo y la construcción de caminos y acopiaderos o puntos de carga.



Figura 5. Costos de explotación de las máquinas y herramientas, (Cem).

Como se aprecia en la Fig. 5 los parámetros que más inciden en los costos de explotación de la maquinaria (Cem) son los costos de operación y de labor, ya que estos son los costos variables donde un gran porcentaje es el salario de los operadores y los ayudantes.

Para Cándano, F. (1998). Los costos de explotación de las máquinas y herramientas se clasifican en varios grupos. Los llamados costos fijos son los relacionados con los costos de las máquinas al realizar una operación o durante un tiempo y que su magnitud no depende de la producción elaborada, digamos el costo de depreciación de una máquina, el costo de protección, y los costos variables que tienen una dependencia del volumen de madera elaborada, por ejemplo la cantidad de combustible que consume un tractor aumenta en correspondencia con el volumen de madera acopiado, también es usual y más sencillo para realizar varios análisis, agrupar los costos de explotación de las máquinas y herramientas en costos fijos o de propiedad (**Cef**), costos de operación (**Ceop**). Los costos de labor (**Celb**) y el costo de operaciones intervienen el combustible y el rendimiento productivo en dicha labor en este aspecto intervienen las pérdidas de tiempo ocasionadas en su gran mayoría por la organización del trabajo, para el caso de la tala el costo de explotación se mantuvo en parámetros aceptables para las condiciones de explotación (la tala era selectiva, las pendientes oscilaban entre un 15 y 30 %; la distancia entre árboles, contaban en su alrededor muchas lianas entre otros aspectos) con 2,89 pesos por hora donde el costo de operaciones tiene un 57,78 % del total del costo y un 33,56 y 8,30 % para los costos de la labor y de propiedad respectivamente. Resultados inferiores para la operación de tala y desrame con motosierras los obtuvieron Cándano, F. (1998), Harstela *et al.*, (1987) y Sessions (1992), donde las condiciones de trabajo eran mucho mejores.

#### Costos de Explotación en las Operaciones de Extracción (Cem)



**Figura 6.** Costos de explotación de los equipos para la extracción.

A continuación se presentan los resultados de los costos de estas variantes, ver Fig. 6. Como se puede apreciar el equipo que incurrió en mayores gastos resultó ser el tractor Chino, debido a la baja fiabilidad del tractor para las condiciones de explotación, presentaba fallas y roturas frecuentes lo que trajo consigo que el costo fuera de 29,55 pesos por hora para una distancia de 150 m donde el costo unitario fue de 1,84 pesos por m<sup>3</sup> de madera.

La más económica, con un costo unitario de 0,97 pesos/ m<sup>3</sup> de madera fue la extracción con el tractor John Deer y la que mayor costo tuvo fue la extracción con la Yunta, el mismo fue de 8,30 pesos/m<sup>3</sup> de madera.

Los costos de las tecnologías determinan su eficiencia, los niveles de rentabilidad y las ganancias derivadas del aprovechamiento de madera. La evaluación de los costos y su optimización tiene que analizarse de forma integral y no tratar de minimizar el costo parcialmente porque puede conducir a errores. El desrame de los árboles en el área de tala puede encarecer esta operación, sin embargo aumenta la carga útil del tractor arrastrador, su rendimiento y por tanto reduce los costos de la extracción. Otro ejemplo se aprecia en la construcción de caminos, mejorar los caminos aumenta su costo, pero simultáneamente los camiones de transporte aumentan las velocidades, su rendimiento y disminuyen los costos.

En los costos de explotación de los equipos para extracción se hizo una evaluación tecnológica, Fig. 6, y se calcularon los costos de explotación de cada máquina y los costos unitarios por operación siguiendo la metodología que se explica en la Norma Cubana 34-38:85 y empleando algunas modificaciones obtenidas por Cándano (2004).

## CONCLUSIONES

Los cálculos del aprovechamiento de la jornada Laboral nos demuestran que el mayor aprovechamiento está en la labor de tala con un 90,05% y el de menor es el de extracción de la madera con 81,78 % del tiempo de trabajo

Los costos de explotación en las diferentes operaciones pudieran ser menores si se aumenta la productividad de las máquinas:

- En el caso de la extracción para el tractor JonhDeer fue de 17,48; en el caso del tractor chino fue de 29,55 y para la yunta es de 1,68 pesos por hora, siendo el costo unitario de 1,021, 1,84 y 0,12 pesos por m<sup>3</sup> de madera.

- Para el caso de las operaciones de transporte, KAMAZ 47,68, KRAz 43,18 y para el URAL 46,95 pesos por hora, siendo el costo unitario del transporte de 2,43, 2,69 y 2,65 pesos por m<sup>3</sup> de madera.
- Para el caso de las operaciones de carga con el costo se comportó de la siguiente forma el de explotación fue de 30,26 pesos por hora, siendo el unitario de 0,87 pesos por m<sup>3</sup> de madera respectivamente

Se construyó un modelo matemático lineal, cuya solución dio como resultado un ahorro significativo en valores monetarios con respecto al parque utilizado en la actualidad, lo cual permitió modificar la nomenclatura de tractores, principalmente los utilizados en la preparación de suelos y disminuir la cantidad de los tractores ligeros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apud, E. (1994). Modelo para la obtención de rendimientos en la colecta de madera, utilizando principios ergonómicos. VIII Seminario de Actualización sobre Sistemas de Colecta de Madera y Transporte Forestal. 8-13 Mayo. 1994. Curitiba, Paraná, Brasil. pp 213-224.
- Bombosch, J. (1992). Die Kombinierte Aufnahme von ergonomischen parametern mit zeitinformationen als Instrument der Arbeitsgestaltung. Gottingen. pp 1-14.
- Cándano, F. (1998). Optimización de los costos de los sistemas de aprovechamiento de madera en bosques de coníferas en la provincia Pinar del Río. Tesis de Doctorado en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba. 127 p.
- Cándano, F. (2000). Os custos das operações de exploração. Monografía. Departamento de Engenharia Florestal, UFMT, Mato Grosso, Brasil. 37 p.
- Cándano, F. (1998). Propuesta para el perfeccionamiento de la tecnología de aprovechamiento de la madera en rodales de Pinus caribaea en la provincia de pinar del río. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en ciencias forestales. UPR. Pinar del Río. 117 pp.
- Cándano, F. (2004). Aprovechamiento Forestal. pp 3 - 45.
- Casimiro Herruzo, A. (2004). Cultivos forestales y cambio tecnológico. Efectos económicos y ambientales, Departamento de Economía y Gestión Forestal. ETSI de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid. España.

- Cordero, W and A.Howard.(1995). Use of oxen in logging operations in rural areas of Costa Rica. IUFRO XX WorldCongress 6-12 August 1995. Tampere, Finland. 12 p.
- Cordero, W. (1995). Uso de bueyes en operaciones de aprovechamiento forestal en áreas rurales de Costa Rica. Estudio Monográfico de Explotación Forestal. No.3. Roma, Italia. 33 p.
- Chirguin, J.C.(1994). Los animales de trabajo y sus múltiples aportes al desarrollo agrícola y rural. División de Producción y Sanidad Vegetal. FAO. Roma, Italia. 13 p.
- Chua, D.(1996). La extracción con helicóptero toma vuelo en Sarawak. Departamento de Forestal de Sarawak, Malasia. Publicado en la revista Actualidad Forestal Tropical. Vol 4, No.3.1996/3.pp 2-4.
- Davis, C. and Niland, R. (1991). Designated Skid Trails: results after 18 years. Presented at the Int. Winter Mtg. of Am. Soc. Ag. Eng. 17-20 december, 1991, Chicago. ASAE paper No. 91-7522. 12 p.
- De la Flor, A. (1988). Ein Beitrag zur Analyse und Quantifizierung von Einflubfaktoren sowie zur Rationalisierung der Technologien im Bereich der Rohholzbereitstellung (Endnutzung) in kuba.
- FAO. (1988b). Intermediate technology in forest harvesting. Agricultural tractor and Forest trailer with mechanical crone. Project: GCP/ INT/ 343/ SWE Forest Industries Division. Rome, Italy.40 p.
- Fenner, P. (1996). Relación entre el tráfico de vehículos y la deformación física de los suelos forestales. IX Seminario de Actualización sobre Sistemas de Colecta de Madera y Transporte Forestal. 19-24 mayo de 1996. Curitiba, Paraná, Brasil.
- Garrido, P. J. (1984). Implementos de máquinas agrícolas y fundamentos para su explotación. La Habana. Editorial Científico Técnica. 504 p.
- Gellerstedt, S.(1995). Mechanized stand treatment in young stands-stress and strain on the machine operator. Dept of operational efficieny. Swedish University of Agricultural Sciences, Garpenberg, Sweden. 9 p.
- González, G. (2002). Nuevas máquinas y aperos agrícolas para el arroz. Memorias del 2do Encuentro Internacional del Arroz. La Habana, Cuba.
- González, V. (2003). Explotación del parque de maquinaria. Editorial Félix Varela. La Habana.

GOST 7057-54

Grammel, R. (1994). Physical-physical efforts of the forest workforce according to the degree of mecanization and partial automation. VIII Updating seminar on harvesting and wood transportation. May 8-13, 1994. Curitiba, Paraná, Brasil. pp 194-205.

Greig, D. (1992). Ecología de las Herramientas. Revista de la FAO. No.135. Vol.24. Mayo-Junio 1992. Roma, Italia. pp 7-15.

Hagen, K. and Fjeld. D. (1995). A comparison of motor-manual dcaning methods, some moments regar ding ergonomies and time consumption. Norwegiar Forest Research Institute, Norway. 7 p.

Instituto de Investigaciones Forestales. (I.I.F.).(1985). Vías para el perfeccionamiento del aprovechamiento forestal. Informe final del tema. Ciudad de La habana, Cuba. 13 p.

Kaewla-iad.(1995). Use of Elephants as low-impact method for thinning teak plantations. IUFRO XX WorldCongress. 6-12 August 1995. Tampere, Finland. 5 p.

Kantola, M and Harstela P.(1987). Handbook on appropriate technology for forestry operations in developing countries, part II. Wood transportation and road construction. Training program publication 19, Finland. 129 p.

Kantola, M and Virtanen K.(1988). Handbook on apropiate technology for forestry operations in developing countries, part I. Wood Transportation and Road Construction Training Program Publication 19. Finland. 125 p.

Lihai, W. (1995). Assessment of animal skidding and ground machine skidding under mountain conditions. IUFRO XX WorldCongress 6-12 August 1995. Tampere, Finland. 9 p.

Marcos, F.; Carretero R.; Elvira L. and García T. (1992). Design of expert system to determine the method of forest Harvesting. 24 Conferencia Internacional de Mecanización Agraria. Madrid, España. 6 p.

Mikkonen, E and Leinonen T. (1996). Future researches of harvesting and transportation of timber. IX Updating Seminar on Harvesting and Wood Transportation. May 19Th to 24Th. 1996. Curitiba, Paraná, Brasil. pp 95-100.

NC 92-10:78. Fiabilidad, control de la calidad, clasificación, términos y definiciones. CEN (La Habana), aprobada 1978, vigente 1980.

- NC 92-31: 81. Fiabilidad, control de la calidad, cálculo de los índices de fiabilidad de los artículos industriales. CEN. La Habana, aprobada 1981, vigente 1982.
- NC ISO 8210. 2005: Máquinas agrícolas y forestales " equipamiento para cosecha" combinadas, cosechadoras " procedimientos de ensayo (ISO 8210:1989, IDT).
- Nitami, T; Iwoaka M. and Kobayashi H.(1995).A Work time comparison and system análisis of rehiele harvesting operations using a flexible woork time análisis sistem on Pc. International symposiumwoorkstudy. 10-12 june. Göttingen. Germany. 18 p.
- Norma Cubana - 34 - 37: 1985. Máquinas agropecuarias y forestales: Metodología para la evaluación tecnológico-explotativa. 5 p.
- Norma Cubana -34- 38: 1985. Máquinas agropecuarias y forestales: Metodología para la evaluación económica. 8 p.
- Norma Ramal: NR 794. (1996). Sistemas de Normas de Protección e Higiene del Trabajo. Tala, manipulación y acopio de madera. Requisitos generales de seguridad. DNMCC, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba. 9 p.
- Notario, A. (1988). Untersuchungen zur generellen Erschlieungsplanung in den Wäldern der Republik Kuba unter Nutzung von Verfahren der Fernerkundung. Dresden Dissertation A. (Dr.rer.silv.) pp 97-106.
- Olsen, E.D and Gibbons D.J. (1984). Predicting skidder. Predicting skidder productivity: A mobility model. Forest Reseaarch Laboratory, Oregon State University, Research Bolletin 43, (5) p.
- Otavo, E. (1984). Extracción de trozas mediante bueyes y tractores agrícolas. Estudio FAO. Montes No 49. 104 p.
- Pimentel, F y García C.H. (1993). Determinación de ecuaciones volumétricas en ingeniería forestal. Instituto de pesquisas y estudios forestales. Universidad de Sao Paulo. Consulta Técnica IPEF. Piracicaba, Brasil. 9(26). pp 1-36.
- Romero, S. (1994). Sistemas de extracción de madera en Centro América. Consultoria a Empresa Recursos Naturales Tropicales S.A COSUDE. Departamento de Extensión y Manejo Forestal, ESNACIFOR, Honduras. 31 p.

- Santana, C.M y Winter M.E. (1991). El factor humano en la explotación forestal: seguridad y productividad. I Simposio sobre Explotación y Transporte Forestal. 8-11 Diciembre. 1991. Universidad Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brasil. pp 240-253.
- Souza, A.P y Cardoso C. (1991). Estudio ergonómico en operaciones forestales. I Simpósio brasileiro sobre Explotación y Transporte Forestal. 8-11 diciembre 1991. Universidad Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brasil. pp 198-286.
- Thompson, M.A; Staros J.A.; Christopherson N.S.; Nels S. and Staros.(1995). Preformance and impacts of extracting logs on designated trails in anall-age hardwood stand. IUFRO. XX WorldCongress, 1995 august 6-12 Tampere, Finland. 17 p.
- Valencia, A. (1991). Explotación de bosques de grandes portes: enfoque ergonómico. Y Simposio brasileiro sobre explotación y transporte forestal. 8-11 diciembre 1991. Universidad Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brasil. pp 295-324.
- Vidal, A. (1995). Estudio de las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa de copa de coníferas de la provincia de Pinar del Río. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. 9 p.