

Impacto y costos de la operación de tala en Bosques Pluvisilvas de Montaña.

Impact and Cost of the cutting forest mountain pluvisilva.

Autores: Ing. Yemicer Segurado-Gil, M Sc. Yobanis Osorio-Bornot, Ing. Ibian Leyva-Miguel

Organismo: Universidad de Guantánamo, Cuba.

E-mail: yenicel@fam.cug.co.cu

Resumen.

Se investigó con el objetivo de racionalizar los costos en la operación de tala de madera y el nivel de daños en Bosques Pluvisilvas de Baracoa. Se estimó el tiempo del ciclo a partir de la clase diamétrica, obteniéndose el modelo matemático $T_c = 5.02195 + 0.031267 \cdot (da)^2$. Se determinaron los rendimientos a partir de este modelo, calculando luego el costo de operación. Se logró racionalizar los costos de la operación de tala de madera teniendo en cuenta el diámetro mínimo de corta para la especie talada (*Calophyllum utile*) el cual es de 49 cm, disminuyendo el costo total a 1.30 \$/m³. Se estimó el perímetro de la superficie impactada por la copa a partir de la clase diamétrica, obteniéndose el modelo $P_c = 7.8322 + 0.198068 \cdot (da)$ y los daños provocados a la vegetación con una disminución del 41 %. Además la productividad fue de 3.35 m³/h con un costo de 2.06 \$/m³.

Palabra clave: operación de tala; tala de bosques; tala de madera; jogging.

Abstract.

The following research has the objective of rationalizing the costs in the operation of wooden pruning and the level of damages in Pluvisilvas Forests of Baracoa. It was considered the time of the cycle starting from the class diamétrica, being obtained the mathematical pattern $T_c = 5.02195 + 0.031267 \cdot (da)^2$. The yields were determined starting from this model, calculating the operation cost then. It was possible to rationalize the costs of the operation of wooden pruning keeping in mind the minimum diameter of short for the species (*Calophyllum utile*) which is of 49 cm, diminishing the total cost at 1.30 \$/m³. You estimates the perimeter of the surface impacted by the glass starting from the class diametric, being obtained the pattern $P_c = 7.8322 + 0.198068 \cdot (da)$ and the provoked damages to the vegetation with a decrease of 41% the productivity was Also of 3.35 m³/h with a cost of 2.06 \$/m³.

Keyword: pruning operation; logging.

Introducción.

El manejo de producto sostenible significa la producción perpetua de bienes y servicios. Tiene que ser sostenible, en términos económicos, ambientales y sociales. En relación con la madera, la sostenibilidad significa la producción continua de volúmenes en cosechas sucesivas en ciclos de corta (rendimiento sostenido) (Vicent, 1999, citado por Mereck, 1999 y Osorio, 2007).

La tala de madera incontrolada fue la causa directa de la destrucción de los bosques de Cuba, con la reducción del patrimonio forestal al 14 por ciento en el año 1959. La acertada política de reforestación dirigida por la dirección del gobierno revolucionario ha logrado incrementar la superficie cubierta de árboles a 24.5 por ciento, y al concluir el año 2007 la superficie cubierta fue de un 24.9 por ciento. El objetivo de la política forestal hasta el año 2015 es el fomento acelerado de las áreas boscosas en todo el territorio nacional hasta lograr un 29 por ciento (MINAG, 1996, citado por Álvarez, 2004 y Osorio, 2007).

El costo muestra el nivel de efectividad que tiene una tecnología, para calcularlo se necesitan los aspectos anteriores; el análisis de los costos permite un nivel más abarcador de los indicadores de las operaciones, entre ellos el consumo de combustibles y lubricantes, que en varias ocasiones paraliza el trabajo de las brigadas mecanizadas en la empresa donde se realizó esta investigación. Con el conocimiento de este indicador se pueden aplicar criterios que permitan su racionalización y no incurrir en costos adicionales como sucede a menudo en la actualidad (Cándano, 1998).

En el aprovechamiento de madera en Cuba la tecnología ha adoptado diferentes variantes tecnológicas, en ocasiones esta decisión ha estado sujeta a la necesidad económica que presentan las Empresas Forestales y en otras responden a criterios puramente prácticos que atentan con el nivel de efectividad de la tecnología, por lo que el objetivo general de la investigación: determinación de los costos y el nivel de daños a la cubierta vegetal en la operación de Tala de madera en la Unidad Silvícola "Cayo Güín", Baracoa.

Desarrollo.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Rodal # 5 con una superficie de 47 ha, del Lote # 45, con 300 ha, correspondiente a la Unidad Empresarial de Base "Cayo Güín, perteneciente a la Empresa Forestal Integral de Baracoa, la misma cuenta con un área de 27 402,9 ha. La investigación se desarrolló en el período comprendido desde mayo del 2012 hasta enero del 2013.

La mayor parte del área se localiza en terrenos montañosos con pendiente entre 45° y 55°. La precipitación media es de 800 a 1000 mm por año, la temperatura promedio es de 25 a 28 °C y la humedad relativa es de 70 por ciento.

El método empleado para la evaluación fue diferenciado en cada caso, en consideración con las exigencias y objetivos perseguidos. Los datos primarios fueron procesados a través de los sistemas automatizados disponibles como Statgraphics, (versión 5.1). Microsoft Word y Microsoft Excel y un Software especializado "PACE", para determinar los costos incurridos en

la operación de tala de madera. Después de realizar un análisis previo del Lote # 45, correspondiente a la Unidad Empresarial de Base de Cayo Güín, se localizó el área, determinando los sitios que permitieran satisfacer la toma de información sujeta a las variables predictoras.

Obtención del modelo matemático para estimar el tiempo de la operación.

A partir de los resultados de la literatura consultada se evaluó un grupo de variables para estimar el tiempo en realizar cada operación, la significación de esta se comprobó a través de la correlación de la matriz con el auxilio del sistema automatizado Statgraphics, (versión 5.1). El tiempo del ciclo de trabajo se tomó como variable dependiente, constituido por el tiempo empleado para realizar la operación y contempla el tiempo principal, más el tiempo auxiliar.

La variable predictora o independiente es la clase diamétrica. Se realizó un análisis de regresión simple para obtener el modelo matemático estadístico.

Determinación del rendimiento de la Motosierra en la operación de Tala.

El rendimiento de las máquinas es considerado como el volumen de madera elaborado en un tiempo, se determinó por la relación del volumen de madera y por tiempo consumido para su ejecución. Los tiempos fueron determinados a partir del modelo establecido para la operación.

Para toda la operación se registró el diámetro y la longitud de los árboles y con el empleo de Microsoft Excel se calculó el volumen de cada árbol y para la jornada.

Para la tala también se utilizó la cinta diamétrica para medir el diámetro de cada árbol y una cinta métrica para medir la longitud.

Para determinar el volumen de madera talada por jornada se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\pi}{4} * d^2 * L * f$$

Donde:

d: diámetro del árbol

L: longitud comercial.

f: coeficiente mórfico-

La ecuación general para determinar el rendimiento de las máquinas se presenta a

continuación:
$$Rh = \frac{[Vc * (60 - Ti)]}{Tc}$$

Donde:

Rh: rendimiento de las máquinas (m³/h)

Vc: volumen de madera aprovechada por ciclo (m³)

Ti: tiempo de interrupción de la operación por hora (min.), (obtenido de la evaluación del tiempo de la jornada).

Tc: tiempo invertido para educar la operación (min.), estimado a partir del modelo matemático).

Cálculo de los costos de Tala de madera con Motosierra

Los costos constituyen la medida de la eficiencia más generalizadora según Cándano (2004), la cual expresa el gasto de materiales, el tiempo o energía que se invierte para obtener una producción determinada y que se cuantifica en unidades monetarias por unidades productivas, los pesos por metro cúbico es muy utilizada cuando se refiere a costo de las operaciones de aprovechamiento. La relación entre el costo directo de explotación de las máquinas y los rendimiento de esto por operación expresan el costo unitario.

Cálculo de los costos de explotación de la Motosierra, usado en la operación de Tala de madera

Para determinar el costos unitario de las operación es necesario calcular primeramente el costo directo de explotación de las máquina que intervienen en la operación de aprovechamiento de madera para la cual se consideró los procedimientos metodológicos de la Norma Cubana 34 - 38: 1985 y los criterios de otros autores internacionales como Sessions (1992), Williams *et al.* (1993), Rickards *et al.* (1995), Mereck *et al.* (1999), citado por Osorio *et al.* (2007).

Los indicadores evaluados y las expresiones utilizados son las siguientes:

$$C_{exp} = C_{epr} + C_{eop} + C_{elb}$$

Donde:

C_{exp}: Costo directo de explotación de la máquina (\$/h).

C_{epr}: Costo de propiedad o costos fijos (\$/h).

C_{eop}: Costo de operación de las máquinas (\$/h).

C_{elb}: costo de labor de las máquinas (\$/h).

Racionalización de los costos en función del Diámetro Mínimo de corta para la especie *Calophyllum utile*

La racionalización de los costos en función del Diámetro Mínimo de corta para la especie *Calophyllum utile* (Sardina, 2007), se realizó teniendo en cuenta el análisis de regresión donde se obtuvo el modelo matemático para estimar el tiempo del ciclo en función de la clase diamétrica, con el cual se calculó la productividad y el costo unitario.

Perímetro de la superficie impactada por la copa

Para determinar esta variable una vez derribados los árboles se midió con ayuda de una cinta métrica todo el límite que ocupaba la copa, esto se hizo con el objetivo de establecer una relación con el diámetro de los árboles que permitiera estimar el comportamiento del perímetro en dependencia de este.

Elaboración del modelo matemático para la estimación del perímetro de la superficie impactada por la copa

Se construyó la matriz de correlación correspondiente para determinar la asociación existente entre el perímetro de la superficie impactada por la copa y el diámetro de fuste a 1.30 m.

Se realizó un análisis de regresión para obtener una ecuación que permitiera estimar el perímetro de la superficie de la copa de los árboles en función del diámetro del fuste a 1.30 m. La calidad de los modelos se evaluó utilizando los parámetros estadísticos que conforman su confiabilidad, coincidiendo con León (1999); Padilla (1999); Henry (1999); Benítez *et al.* (2003).

Impactos provocados por las tecnologías empleadas en el aprovechamiento de madera

Con el fin de obtener información sobre los daños a los árboles remanentes de interés comercial se registra y evalúa para cada especie los daños al fuste y a la copa, debido a las operaciones de aprovechamiento en cada parcela, estos daños se calcularon a ojo coincidiendo con FAO (1998).

Para distinguir los daños de acuerdo con su causa se realiza dos veces el inventario de existencia.

- Antes de la corta: teniendo en cuenta que se producen daños a troncos y copas en los bosques primarios cuando caen árboles sobremaduros.
- Después de la corta: a fin de comprobar la eficacia de técnicas apropiadas de apeo.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA Simple para evaluar los daños a la vegetación antes y después del aprovechamiento, con relación a la cantidad de especies afectadas.

Análisis y discusión

Utilización del tiempo de la jornada para la Tala de los árboles con Motosierra

Como se indica en la Tabla 1, el 80,06 % del tiempo total se emplea en la explotación de la motosierra y el 19,93 por ciento es el tiempo perdido con mayor repercusión en los altos niveles de precipitaciones anuales que caen en municipio y la falta de planificación del aprovechamiento, donde los operadores de las motosierras no presentan un censo de los árboles a los cuales les corresponde talar.

La utilización del tiempo de la jornada difieren con los resultados obtenidos por Cándano (1998), el cual obtuvo un tiempo de explotación y tiempo perdido con de 65,0 y 35 por ciento respectivamente.

Tabla 1. Resultados de la evaluación del tiempo de la jornada de trabajo de la máquina usada en la Tala de madera

Indicadores	Tiempo Promedio (min.)
Tiempo operativo	244,26
Tiempo productivo	301,79
Tiempo de explotación	384,29
Tiempos perdidos	95,71
Tiempo total de la jornada	480,0

Modelo matemático para estimar el tiempo del ciclo de la tala de árboles con la Motosierra Sthil

Al analizar los resultados de la correlación de matriz se obtuvo que la clase diamétrica es una variable predictora significativa para la estimación del tiempo del ciclo para la tala de los árboles. Este resultado coincide con los obtenidos por Kluender (1996), Cándano (1998), los cuales utilizaron un modelo lineal para estimar el tiempo de tala con un r^2 superior a 0,90.

El modelo para estimar el tiempo en la tala de árboles quedó conformado del siguiente modo:

$$T_c = 5.02195 + 0.031267 * (cd^2)$$

Donde:

Tc. Tiempo empleado en el ciclo de trabajo de la motosierra en la tala de árboles, (min).

a y b: coeficientes del modelo

cd: clase diamétrica, (cm).

El modelo que aparece en la figura 1, recoge los parámetros estadísticos que conforman su confiabilidad con r^2 igual a 0,96, un error estándar pequeño y una probabilidad de 0,000, a partir de este modelo se estimó los tiempos del ciclo, el cual permite determinar los rendimientos con las diferentes clases diamétricas y también puede emplearse para predecir los rendimientos en condiciones parecidas con estas máquinas.

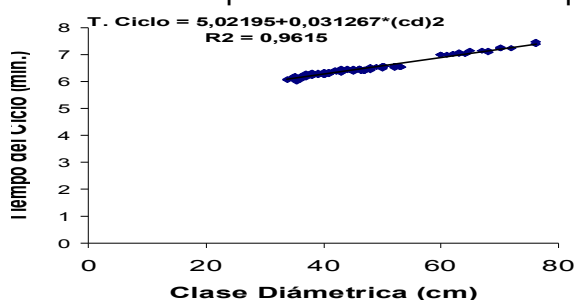


Figura 1. Demostración de la confiabilidad del modelo estadístico para estimar el tiempo del ciclo a partir de la clase diamétrica.

Productividad en la tala de madera con motosierra Sthill

A partir del modelo matemático se estimó los valores de tiempo para la tala de árboles, mostrando un aumento en el tiempo con el incremento de las clases diamétricas, lo cual coincide con lo planteado por Cándano (1998), sin embargo este aumento es superior en

comparación, debido a los elevados valores de diámetros que presentan las especies en esta formación boscosa.

Los rendimientos obtenidos en la tala incrementan su valor con el aumento de la clase diamétrica, este resultado coincide con lo planteado por Cándano (1998). Esto ocurre porque para la tala de un metro cúbico con árboles de clase diamétrica de 20 cm. los operadores tendrán que realizar 5 movimientos entre árboles y en la clase diamétrica 40 cm con un solo movimiento obtienen igual rendimiento.

Costo de explotación de la motosierra Sthil- en la tala de madera

La Motosierra utilizada para la tala de madera tuvo un costo de explotación de 6,89 \$/h con un operador más un ayudante, el 3 por ciento pertenecen a los costos de propiedad, el 13 por ciento a costos de operación y el 84 por ciento a costos de labor, estos valores difieren del obtenido por Cándano (1998), el cual tuvo un costo de 3,71 \$/h, pero hay que tener en cuenta que su evaluación fue realizada en *Pinus caribaea*.

Costos de la tala de madera

Los costos obtenidos en la tala disminuyen su valor con el aumento de la clase diamétrica.

El mayor incremento del costo de la motosierra, no solo está dado por la clase diamétrica, sino por su bajo rendimiento influenciado por la no planificación del aprovechamiento forestal con antelación a su ejecución, teniendo en cuenta el censo poblacional y el conocimiento de los árboles a talar.

Racionalización de los costos en función de la distancia óptima de extracción de madera

El costo de tala de madera para una clase diamétrica promedio de 45 cm fue de 2.06 \$/m³. Teniendo en cuenta el diámetro mínimo de corta determinado para la especie *Calophyllum utile* (Sardina, 2007), el cual fue de 49 cm con un costo de 1,76 \$/m³.

El comportamiento del rendimiento en ambos casos fue de 3.35 m³/h y 3.92 m³/h respectivamente. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Valores de rendimiento y costo de la operación de tala de madera con clase diamétrica real y diámetro mínimo de corta.

Indicadores	45 cm (Real)	49 cm (DMC)
Rendimiento (m3/h)	3,35	3,92
Costo (\$/m3)	2,06	1,76

Perímetro de la superficie impactada por la copa

Al analizar los resultados de la correlación de matriz, se obtuvo que la clase diamétrica es una variable predictora significativa para la estimación del perímetro de la superficie impactada por la copa. Este resultado coincide con los obtenidos por Álvarez (2004) para la

estimación del perímetro de la copa en tres especies forestales (*Cedrela odorata*, *Zanthoxylum martinicense* y *Guarea guara*)

El modelo para estimar el tiempo en la tala de árboles quedó conformado del siguiente modo:

$$P_{\text{copa}} = 7.8322 + 0.198068 * (cd)$$

Donde:

Pc. Perímetro de la superficie impactada por la copa (m).

a y b: coeficientes del modelo

cd: clase diamétrica, (cm.)

El modelo que aparece en la Figura 2, recoge los parámetros estadísticos que conforman su confiabilidad con r^2 igual a 0.96, un error estándar pequeño y una probabilidad de 0.000.

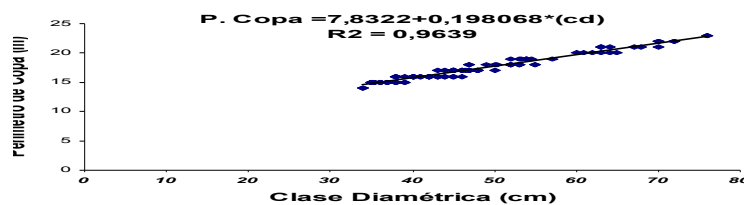


Figura 2. Demostración de la confiabilidad del modelo estadístico para estimar perímetro de la superficie impactada por la copa.

Impactos provocados por la operación de tala de madera a la vegetación

Teniendo en cuenta la cantidad de especies inventariadas antes y después de la operación de tala, la figura 3 muestra que existe diferencia significativa entre estos momentos, con una disminución de la vegetación de 994 especies que representa un 41 % del total. Estos resultados coinciden con Pozo (2007), con una disminución del 39 % del total de especies inventariadas.

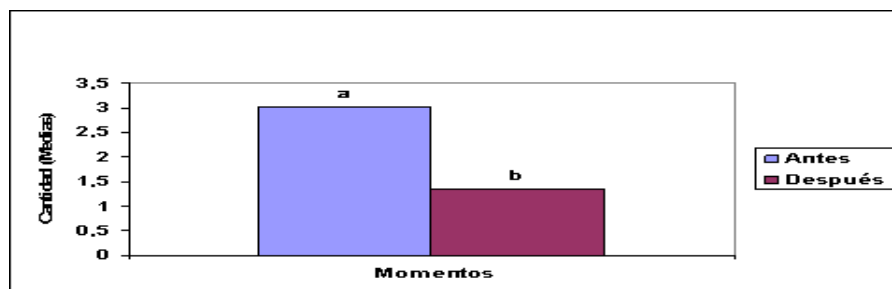


Figura 3. Comportamiento de la cantidad de especies antes y después de la operación de tala (ES- 0.43), representando la significación, según dócima de Duncan con $p < 0.05$.

Daños a la regeneración natural y la masa remanente.

Como se indica en la figura 4, de forma general la regeneración natural (estrato herbáceo) disminuyó un 21,50 % y la masa remanente (estrato arbustivo y arbóreo) en un 10 y 9,50 % respectivamente, las especies que más afectación presentó fue el *Calophyllum utile* y el (*Burchevania tetraphylla*), esto se debe a que existía mayor cantidad de individuos de estas

especies y al talar los árboles fueron las que más daños sufrieron, estos resultados coinciden con los obtenidos por Pozo (2007).

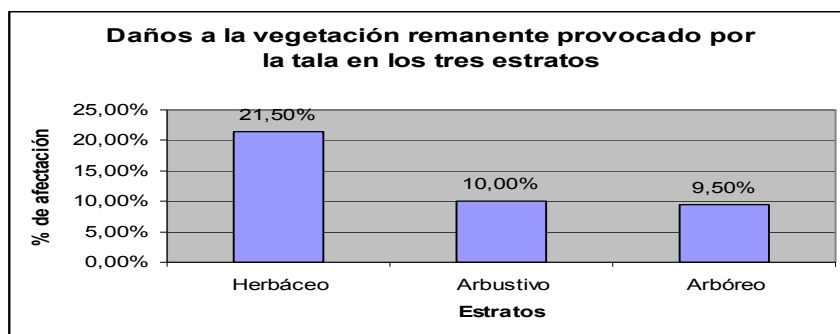


Figura 4. Daños a la vegetación remanente en los diferentes estratos.

Conclusiones.

Los modelos matemáticos para estimar el tiempo del ciclo en función de la clase diamétrica y el perímetro de la superficie de copa para la especie *Calophyllum utile* son $T_c=5.02195+0.031267*(cd^2)$ y $P_c=7.8322+0.198068*(cd)$ respectivamente.

La clase diamétrica óptima teniendo en cuenta el diámetro mínimo de corta que es de 49 cm. para la especie *Calophyllum utile* racionaliza el costo, con una disminución del costo total de 1,30\$/m³.

La vegetación remanente disminuyó en un 41 por ciento, siendo el estrato herbáceo el más afectado con un 21,50 por ciento de daños, seguido del estrato arbustivo y arbóreo con un 10 y 9,50 por ciento respectivamente.

Bibliografía.

- Álvarez, Y. G. (2004). Premisas para mitigar los impactos del aprovechamiento forestal en el área protegida de recursos manejados "mil cumbres" teniendo en cuenta el diagnóstico inicial. Trabajo de diploma en opción al título de ingeniero forestal. Universidad de Pinar del Río.
- Cándano, F. (2004). *Aprovechamiento Forestal*. Editorial Pueblo y Educación. 1ra Ed. Cuba, 160.
- 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. Pinar del Río, 117.
- FAO. (1998). Aprovechamiento forestal compatible con el medio ambiente. Estudio monográfico de explotación forestal.
- Kluender, R. A, B. J. Stokes. (1996). Felling and skidding productivity and harvesting cost in southern pine forests. Joint Conference Canadian Woodlands Forum. Quebec city.
- Osorio B. (2007). Costo e impacto de la operación de extracción de madera en bosques pluvilsilvas de Baracoa. Guantánamo. Tesis en opción al grado de Ingeniero Forestal. Universidad de Guantánamo, 56.

- Pozo, Y. (2007). Impacto a la estructura del bosque provocado por el aprovechamiento forestal en bosques pluvisilvas de montaña en Baracoa. Guantánamo. Tesis en opción de grado Ingeniero Forestal. Universidad de Guantánamo, 62.
- Sardina L. (2007). Determinación de la relación del diámetro con la lignificación de las especies comerciales de los bosques húmedos de Cedrones. Baracoa.

Fecha de recibido: 14 abr. 2014
Fecha de aprobado: 18 jun. 2014