

ARTÍCULO ORIGINAL

Aplicación WEB para el análisis y simulación del aprovechamiento de la madera

WEB application to the analysis and simulation of improvement of wood

José Luís Martínez Cantón¹, Fidel Cándano Acosta², Yudel García Quintana³

¹Master en Ciencias en Nuevas Tecnologías para la Educación, Profesor Asistente. Banco Financiero Internacional S.A., Pinar del Río, Cuba. Teléfono: 77-8153. Dirección particular: Calle Gerardo Medina Edificio 2, apto 9, entre A y Calle Los Pinos, Reparto: Hermanos Cruz, Pinar del Río, Cuba. Teléfono: 778153 Correo electrónico: josel@bfi.com.cu

²Doctor en Ciencias Forestales, Profesor Titular, Instituto de Ciencias Agrarias y Ambientales, Universidad de Mato Grosso (UFMT), Brasil, fcandano23@gmail.com

³Doctor en Ciencias Forestales, Profesor Auxiliar, Universidad de Pinar del Río (UPR), Cuba. Correo electrónico: ygarcia@af.upr.ed.cu

RESUMEN

Partiendo de la baja eficiencia en el aprovechamiento de la madera en bosques de Pinar del Río, la escasa utilización de las nuevas tecnologías y la no integración entre las diferentes materias que permitan lograr una eficiente gestión, se elaboró una aplicación Web para la simulación, procesamiento y toma de decisiones en el aprovechamiento de la madera en plantaciones, que constituye una herramienta de trabajo en el entorno empresarial y en el proceso educativo de estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal. La aplicación (FOREST) está soportada sobre Microsoft Visual Studio 2008, utiliza C# como lenguaje, y Access como sistema gestor de bases de datos. Está integrada por tres módulos de trabajo: Evaluación del

potencial de madera, costos del sistema de aprovechamiento y análisis financiero de todo el proceso. La evaluación del potencial de madera en pie permite a partir del inventario de un área seleccionada y la aplicación de los niveles de precio y los volúmenes de los surtidos de madera en el mercado, conocer el valor del bosque. En el análisis de los costos de aprovechamiento se define cuánto cuesta el proceso de cosechar la madera y colocarla en la industria. En la fase del Análisis financiero se calculan indicadores económicos que permiten definir la viabilidad económica y la rentabilidad de la inversión, y a partir de los resultados obtenidos facilita la toma de decisiones.

Palabras clave: Cosecha, Potencial de madera, Aprovechamiento forestal, Eficiencia económica, Costos unitarios.

ABSTRACT

On the basis of the low efficiency in the use of wood in forests of Pinar del Rio, the limited use of new technologies and the integration between the different subjects to achieve an efficient management, was developed a Web application to the simulation processing and decision making in the use of wood in plantations, which is a working tool in the business environment and in the learning process of students of forestry engineering. The application (FOREST) is supported on Microsoft Visual Studio 2008, uses C# as a language, and Access as a database management system. It is composed of three modules of work: Assessment of the potential of wood, Costs of the system of management and financial analysis of the process. The assessment of the potential of lumber insight from the inventory of a selected area and the application of price levels and volumes of the assortment of wood in the market the value of the forest. The analysis of the costs of use defines how much the process of harvesting wood and places it in the industry. In the phase of the financial analysis are calculated economic indicators that allow to define the economic viability and profitability of investment, and from the results facilitates decision-making.

Key words: harvest, potential of wood, forest exploitation, economic efficiency, unit costs.

INTRODUCCIÓN

El sistema de aprovechamiento de la madera es la combinación de máquinas y herramientas, obreros (operadores y ayudantes) y métodos de cosecha para realizar las diferentes operaciones que posibilitan que la madera cortada llegue a la industria para su

transformación. En la medida que se sea capaz de hacer una mejor elección habrá mayores beneficios económicos, ambientales y sociales.

El costo del sistema de aprovechamiento es la forma más general de medir la eficiencia de un aprovechamiento. Este cálculo incluye indicadores como la productividad, el rendimiento, el consumo de energía por unidad producida, dando la posibilidad que podamos planificar todos los recursos necesarios para el proceso y además nos permita simular y seleccionar alternativas que resulten más convenientes. En la medida que podamos hacer un aprovechamiento con mayor eficiencia, en esa misma medida la rentabilidad de la empresa se incrementará y tendrá más posibilidades de triunfo. Este aspecto es abordado en varias investigaciones realizadas (Dykstra, 2003; FAO, 1979; Greene & McNeel, 1991; Lanford & Stokes, 1992; Sessions & Huat, 1989; Stokes & Watson, 1989).

Los citados autores han trabajado la temática abordada de forma no integradora. Se puede citar la publicación realizada por Cabrera (2004) que aborda lo relacionado con el valor del bosque en pie, otros autores como Sessions (1992), Cándano (1998) entre otros, publicaron trabajos direccionados para la evaluación de los costos del aprovechamiento, faltando el análisis integral que permita relacionar valor de la madera en el bosque y los costos de los sistemas de aprovechamiento para determinar la magnitud de los criterios económicos como la relación costo-beneficio, el valor neto actual y tomar decisiones si es favorable o no realizar el aprovechamiento de madera en función de los costos del proceso y el ingreso neto de las empresas por la venta de la producción.

A pesar de no tener grandes extensiones, el fomento de los bosques en Cuba en las últimas décadas es notable, la cobertura forestal es aproximadamente la cuarta parte del territorio. Simultáneamente se aprecia un incremento anual en los volúmenes de madera a aprovechar y este aprovechamiento ha sido un reflejo de lo ocurrido en el plano internacional referente al nivel de impactos negativos que han empobrecido a los ecosistemas forestales (Cabrera, 2004).

A tales efectos, y partiendo de la situación problemática dada por la *baja eficiencia del aprovechamiento de madera en plantaciones de Pinar del Río*, se propone una herramienta de trabajo para ser utilizada en un entorno empresarial y en el proceso educativo de estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal, que permita la simulación, procesamiento y toma de decisiones para la planificación del aprovechamiento de la madera en plantaciones. Para ello se diseñó una base de datos para el procesamiento de datos de inventarios, así como la información relacionada con la productividad de las operaciones, los costos de explotación o utilización de las máquinas y los costos de construcción de caminos, y se diseñó además una aplicación Web que permite: suministrar herramientas de edición, visualización y de intercambio de información, estimar el valor del potencial de madera en pie, a partir de las informaciones registradas en el inventario de campo y el precio actual de la madera en el mercado, calcular los costos de las tecnologías de aprovechamiento forestal, así como los

costos de construcción de caminos y costos unitarios, optimizar los costos de los sistemas de cosecha de la madera, a partir de las diferentes operaciones y actividades, y aplicar indicadores económico-financieros que permitan definir la viabilidad económica y la rentabilidad de la inversión, y a partir de los resultados obtenidos facilitar la toma de decisiones, es decir, invertir o no en el proyecto, seleccionar otra área a aprovechar ó disminuir los costos de aprovechamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la herramienta propuesta (FOREST) se decidió la utilización de una aplicación Web como soporte para la interfase, y un sistema de gestión de bases de datos relacional para el procesamiento de la información que utiliza el sistema.

El sistema se diseñó y desarrolló en una PC de la Sucursal BFI de Pinar del Río, con las siguientes características de Hardware y Software (se mencionan solo aquellos que se relacionan con el proyecto en cuestión).

- *Hardware* para su diseño y desarrollo:

Procesador: Intel Pentium 4, 2800 MHz.

Memoria: 512 MB DDR SDRAM

Disco Duro: 80 Ghz

Unidad de Respaldo: CD- RW

Monitor: Resolución SVGA (1024 x 768) píxeles.

- *Software*:

Sistema Operativo: Windows XP Professional con SP2 o superior.

Microsoft Access 2003 (sistema de gestión de bases de datos).

Microsoft Visual Studio 2008 (entorno de desarrollo)

Además se utilizó el framework 2.0 para aplicaciones Web ASP.Net y como lenguaje de programación se decidió por C#, siendo el lenguaje diseñado por Microsoft para su plataforma .NET.

Esta herramienta de trabajo (FOREST) está encaminada fundamentalmente al aprendizaje de los estudiantes del 4to año de la carrera Ingeniería Forestal, y estudiantes de Postgrado y Maestría. Se recibirá como tema de estudio en las asignaturas Aprovechamiento Forestal y Práctica Forestal IV; sin embargo, en su conjunto integrará las disciplinas Ordenación Forestal, Economía Forestal y Aprovechamiento e Industria Forestal.

La aplicación diseñada estará ubicada en un sitio destinado para ella en el Servidor AGROMAIL del Local de Servidores de la Facultad de Forestal y Agronomía de la Universidad de Pinar del Río, que atiende los servicios WWW entre otros. En las estaciones de trabajo, del Laboratorio de Computación, solo sería necesario colocar el acceso directo a la aplicación Web.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Módulo: Evaluación del potencial de madera.

Para la evaluación del potencial de madera en pie, se actualizan los nomencladores de surtidos y especies de madera. A partir de la información procedente del inventario al área previamente seleccionada, se actualizan aquí las características generales (área total, cantidad de parcelas, área de una parcela y factor o coeficiente de forma) y las características específicas (clase diamétrica, cantidad de árboles por clase y altura promedio comercial). Primeramente, se organizan los árboles por su clase de diámetro. Esta división puede ser en clases de mayor o menor amplitud en función del intervalo entre el mayor o menor valor. Se incluyen la cantidad de árboles para cada clase de diámetro. Utilizando una tabla de volumen o la información de la altura promedio, el diámetro de cada árbol, el coeficiente mórfoico o de forma, se calcula el volumen de cada árbol. Al multiplicarlo por el número de árboles dentro de la clase, se obtiene el volumen por parcelas y aplicando la inferencia se estima el volumen por hectárea y el volumen total del área a aprovechar. Para los efectos del aprovechamiento es muy útil contar con la información del volumen de madera por surtido y para eso hay que auxiliarse de una tabla hecha a su fin. En dependencia de las exigencias del mercado o la industria, el fuste de los árboles puede utilizarse para trozas destinadas a la industria del aserrío, puede venderse como madera rolliza para usos diversos, para leña, entre otras opciones. Cada tipo de surtido tiene un precio dado y es muy importante poder hacer una buena clasificación para poder vender a los mejores precios (*Figura 1*).

Aplicar Precios en el área a evaluar

Nombre Área a Evaluar: Tipo de Madera:

Área total a aprovechar (ha): Cantidad de parcelas: Área de una parcela (m2): Factor de forma:

Volumen Promedio Trozas 1: Trozas 2: Rolliza: Leña:

Precios Trozas 1: Trozas 2: Rolliza: Leña:

Valor Total del Potencial Evaluado (\$):	Trozas de 1	Trozas de 2	Rolliza	Leña
<input type="text" value="27,487,500.00"/>	<input type="text" value="11,412,500.00"/>	<input type="text" value="15,211,500.00"/>	<input type="text" value="827,000.00"/>	<input type="text" value="36,500.00"/>

Figura 1. Interfaz de usuario. Reporte del resultado final de la evaluación del potencial de madera.

Módulo: Costo del sistema de aprovechamiento.

El módulo de costos del sistema de aprovechamiento consiste en realizar una secuencia de operaciones que permiten calcular el costo de todo el proceso de aprovechamiento, incluyendo una optimización de dicho costo.

- *Costos de explotación.*

Primeramente se realiza una evaluación tecnológica explotativa del equipamiento, que permite calcular el costo de explotación o utilización de las máquinas (se actualizan en un nomenclador de equipos), así como su rendimiento. Por costos de explotación entendemos costos de propiedad o fijos (costo de depreciación, costo de interés, costo de seguro y costo de impuesto), costos de operación (costo de combustible, costo de lubricante, costo de reparación y mantenimiento, costo de otros materiales) y costos de labor o de mano de obra (salarios directos que reciben los operadores de las máquinas y los ayudantes, adicionando a estos los costos indirectos de las cargas sociales, como beneficios, supervisión y seguridad).

- *Costos de construcción de caminos y patios de carga.*

El concepto de costos de caminos y patios de carga (acopiaderos), está referido a los que cuesta construir los caminos y patios de carga. Aquí se definen además las actividades a desarrollar durante el proceso de aprovechamiento (planificación, limpieza de faja, terraplén, formación, drenaje, perfilado y patios de carga), las sub-actividades dentro de cada actividad y la normativa, y se recalculan los costos de propiedad, operación y labor.

- *Costos unitarios.*

El concepto de costo unitario, está referido a los 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 la madera, la extracción hasta los patios de carga superiores, la carga y descarga de la madera, el transporte hasta la industria o centros de consumo y la construcción de caminos y patios de carga. Aquí se definen además las operaciones a desarrollar durante el proceso de aprovechamiento (tala, desrame, troceado, extracción, carga, transporte y construcción de camino y patios de carga).

Una vez calculado el costo del sistema de aprovechamiento (*Figura 2*), la aplicación da la posibilidad de optimizar el mismo. El criterio de óptimo está en el mínimo de la suma del Costo de construcción de caminos y Costo de arrastre). Para eso se utilizó una interacción entre las la expresión para calcular el costo unitario de arrastre (1) y el costo unitario de caminos y patos de carga (2):

$$C_{ua} = \frac{C_{ef} + C_{eop} + C_{elb}}{V * [60 - Tl]} + \frac{da}{V_{rsc}} + T_a + \frac{da}{V_{roc}} + T_d \quad (1)$$

$$C_{uc} = \frac{C_r * (L/10^3) + CL}{V * S * L/10^4} \quad (2)$$

Figura 2. Cálculo de costo.

Como la distancia de arrastre es una función del espaciamiento promedio entre caminos y entre patios, e interviene en el costo de construcción de caminos y también en el costo de arrastre, se utilizó la expresión que sirve de interacción entre ambas operaciones:

$$da = (1/3 * [(0.5 * S)^2 + L^2])^{0.5} + 1/3 * [(0.25 * S)^2 + (0.5 * L)^2]^{0.5} * K \quad (3)$$

La distancia promedio de arrastre que aparece en la expresión (3), contiene el espaciamiento promedio entre caminos (S) y el espaciamiento promedio entre patios (L). Entonces el costo de costo de caminos y el costo de arrastre estarán determinados por estas dos variables. Como son muchas las posibles interacciones, se creó un algoritmo que posibilitara automatizar estos cálculos y determinar el espaciamiento promedio óptimo entre caminos y entre patios de carga, y a su vez una distancia de arrastre que logra un costo mínimo para ambas operaciones.

Una vez calculado el criterio óptimo, se sustituyen los valores obtenidos y se recalculan el costo del arrastre y el costo de construcción de caminos y patios, lo que supone una disminución en el costo del sistema de aprovechamiento (*Figura 3*).

Operación	Productividad (m3/h)	Costo Fijo (\$/m3)	Costo Operación (\$/m3)	Costo Labor (\$/m3)	Costo Total (\$/m3)
Tala	7.28	0.0755	0.7033	1.5714	2.3503
Extraccion	13.34	1.3381	1.2609	0.4115	3.0105
Transporte	10.36	1.9237	1.7066	0.5000	4.1303
Construccion de Caminos y Patios de carga	0.00	0.3206	0.2848	0.1214	0.7268
Totales:		3.6580	3.9555	2.6044	10.2179

Figura 3. Interfaz de usuario. Resumen costos unitarios por operación y costo total del sistema de aprovechamiento después de la optimización.

Suponiendo que el volumen comercial para el área a aprovechar sea de 214.50 m³/ha, el costo del sistema de aprovechamiento a utilizar será de 2 271.47 \$/ha, al multiplicar 10.5896 \$/m³ * 214.50 m³/ha. Después de optimizar el costo, el resultado debe ser inferior, es decir, 2 191.74 \$/ha, lo que equivale a un ahorro de 79.73 \$/ha.

Módulo: Análisis financiero.

El tercero y último módulo de trabajo es el análisis financiero que consiste en calcular indicadores económicos que permitan definir la viabilidad de la inversión. Es decir, si ya se tiene el valor del potencial de madera en pie, y se tiene el costo del sistema de aprovechamiento, se aplican indicadores económicos que permitan si es viable invertir o no, si es necesario seleccionar otra área a aprovechar o si es necesario reducir los costos de aprovechamiento.

Este análisis incluye actualizar la depreciación del equipamiento a utilizar y el valor de la inversión inicial; y comprende además el cálculo del valor actual neto (VAN), el período de recuperación de la inversión (PRA) y la relación costo-beneficio (C/B).

A partir de los resultados obtenidos, la aplicación hace un análisis de estos, considerando si según el VAN, el proyecto es o no económicamente viable; si según el PRA, el proyecto

recupera o no su monto inicial antes del tiempo de aprovechamiento planificado, y si es o no rentable según la relación entre ingresos totales y gastos totales (Figura 4).

% Costo de oportunidad:

Tasa de descuento:

Conceptos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS		549,750.00	549,750.00	549,750.00	549,750.00	549,750.00
GASTOS TOTALES	-761,970.00	225,003.62	225,003.62	225,003.62	225,003.62	225,003.62
Valor de la Inversión:	692,700.00					
Costo de Oportunidad:	69,270.00					
Gastos en Operaciones:		45,002.10	45,002.10	45,002.10	45,002.10	45,002.10
Gastos generales de Administración:		4,500.21	4,500.21	4,500.21	4,500.21	4,500.21
Impuestos:		174,863.43	174,863.43	174,863.43	174,863.43	174,863.43
LIQUIDEZ NETA	-761,970.00	324,746.38	324,746.38	324,746.38	324,746.38	324,746.38
LIQUIDEZ ACUMULADA	-761,970.00	-437,223.62	-112,477.24	212,269.14	537,015.52	861,761.90

Figura 4. Interfaz de usuario. Análisis financiero de la inversión.

CONCLUSIONES

Con la utilización de la herramienta propuesta se obtienen beneficios de carácter social, económico y ambiental. Desde el punto de vista social, esta herramienta permite la preparación de los futuros ingenieros forestales en una visión integradora del proceso de aprovechamiento, que les proporcionará un mayor dominio en su gestión empresarial y posibilita realizar una simulación del proceso de aprovechamiento antes de planificar, permitiendo seleccionar la mejor alternativa de acuerdo con las condiciones actuales del país, siempre en beneficio de la sociedad. Desde el punto de vista económico, permite minimizar el costo del sistema de aprovechamiento, garantizando un costo mínimo y un aumento en la rentabilidad del sistema, y la simulación del proceso de aprovechamiento permite reducir la cantidad de recursos a emplear. Y como impacto ambiental, esta aplicación permite definir la densidad apropiada de caminos y patios de carga, es decir, la cantidad de caminos y patios necesarios para aumentar la eficiencia del aprovechamiento y la simulación del proceso de aprovechamiento contribuye a disminuir el uso indiscriminado de la tecnología y evitar la deforestación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera, J. M. (2004). Estimación del valor real y del valor de mercado en pie de la plantación forestal. Agronomía costarricense, Costa Rica.
- 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.
- Dykstra, D. P. (2003). RILSIM. User's Guide. Software for financial analysis of reduced-impact logging systems. Portland, Oregon, USA.
- FAO. (1979). "Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento". Estudio FAO, *FAO*, 2, 177 p.
- Greene, W. D and J. F. McNeel. (1991). Productivity and cost of sawhead fellerbunchers in the South Forestry Production, *Jun* 41 (3), pp. 21-26.
- Lanford, B. L and B. J. Stokes. (s.f.). "Cost and productivity comparison of two thinning systems", *APA technology*, US, Palpwood Associations, pp. 2.
- Sessions, J. (1992). Cost Control in forest harvesting and road construction. FAO. Forestry paper 99. Rome, Italy. 106 p
- Sessions, J. and Y. Huat (1989): "Optimizan road spacing and equipment allocation simultaneously", *Forest Products Journal*, Oregon, Corvallis, 39(10), pp. 43-46.
- Stokes, B. J; W. F. Watson; A. A., (1989). "Twaddle and I. C. Ira Cameron, Production and cost for in woods flail processing of southern pines", *ASAE paper 89-7592. St. Joseph*, US, MI, American Society of Agricultural Engineers, pp. 24.

Aceptado: julio 2014

Aprobado: octubre 2014

MSc. José Luís Martínez Cantón. Banco Financiero Internacional S.A., Sucursal Pinar del Río, Cuba, Dirección particular: Gerardo Medina Edificio 2, apto 9, entre A y Calle Los Pinos, Reparto: Hermanos Cruz, Correo electrónico: josel@bfi.com.cu Teléfono: 77-8153.