

ESTUDIO DE RENDIMIENTOS EN EXPLOTACIONES DE EUCALIPTO EN LA PROVINCIA DE HUELVA

ALAEJOS, J.(1); DOMINGO, J.(1); CAMACHO, J.V.(4); CAMACHO, V. (2); RUIZ, J. (3)

(1) Dpto. CC. Agroforestales. E.P.S. La Rábida. Universidad de Huelva. 21819-Palos de la Frontera. Huelva.

(2) Ayuntamiento de Almonte. Oficina de Agricultura Ganadería y Actividades Forestales. Pza. Virgen del Rocío 1. 21730. Almonte (Huelva).

(3) Riegosur S.A.. Avda. Blas Infante nº 6-9ª. 41000 Sevilla

(4) Ibersilva S.A.. Edº Peña Flamenca. Avda. Andalucía s/n. 21003. Huelva

RESUMEN

El objetivo de este estudio es establecer diferentes modelos matemáticos para dar una aproximación de los rendimientos obtenidos en las explotaciones de eucalipto de la provincia de Huelva. Estos rendimientos han sido relacionados con distintas variables propias del monte y de la organización de los trabajos.

Las variables estudiadas han sido: la pendiente, la distancia de desembosque y la densidad de masa. Asimismo, las operaciones consideradas fueron básicamente el procesado de la madera y el desembosque.

Palabras clave: aprovechamientos forestales maderables; eucalipto; rendimientos; desembosque.

SUMMARY

This research work aims to establish some mathematical models, in order to give an estimation to clearcutting efficiency in Eucalyptus stands in the province of Huelva. These working yields have been related to different forest variables, as well as the types of working setups.

The variables analyzed have been: slope, logging distance and felling density. The operations taken in account were basically trunk processing and logging.

Key words: timber productions; Eucalyptus; work efficiency; logging.

INTRODUCCIÓN

La presente comunicación refleja los datos de un estudio realizado por alumnos de Ingeniería Técnica Forestal como base para la realización de su trabajo Fin de Carrera coordinado dentro del Departamento de Ciencias Agroforestales de la Universidad de Huelva.

Los objetivos perseguidos en dicho estudio eran establecer las posibles relaciones matemáticas existentes entre los rendimientos de las operaciones que tienen lugar en las explotaciones de madera en los eucaliptares de la provincia de Huelva y algunos parámetros que caracterizan dichas explotaciones, tales como densidad de masa, pendiente del terreno y distancia media de desembosque.

Dichas relaciones, establecidas por métodos estadísticos, pueden servir como un instrumento de ayuda a la hora de que el gestor tenga que realizar la planificación de la ejecución de una obra, así como una herramienta que permita determinar cuando va a ser más aconsejable recurrir a diferentes técnicas o distinto tipo de maquinaria para realizar las operaciones del aprovechamiento maderero.

No obstante, los resultados que se pueden extraer del presente estudio van a estar limitados a la hora de su interpretación por dos motivos principales:

- 1.- Los rendimientos de las operaciones del aprovechamiento vienen muy enmarcados por las características de las masas donde los mismos tienen lugar, de forma que hay que tener especial cuidado al intentar extrapolar los datos a otras masas, aunque en principio pueda parecer que presenten caracteres similares. De esta forma los datos del estudio serán aplicables en cortas a hecho en montes de eucaliptos, por lo que se considera que podrían ser aplicados, con las debidas correcciones, a otras masas de eucalipto, tales como las existentes en las Cornisa Cantábrica y Galicia.
- 2.- La amplitud de los valores tomados como variables del estudio no ocupa un rango

excesivamente amplio, motivado por las propias características de los montes y por la forma de realizarse los aprovechamientos. Por este motivo, la extrapolación de los resultados fuera de los límites de trabajo puede originar errores (WONNACOTT, 1992) y debe realizarse con prudencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona del estudio

La zona del estudio abarca cuatro montes todos ellos poblados con *Eucalyptus globulus* y pertenecientes a la provincia de Huelva. En el Cuadro I se reflejan la cabida y situación de los mismos:

Cuadro I. Relación de montes

Monte	Termino Municipal	Cabida forestal (Ha)	Pendientes máx.
El Rastrojal	Calañas	82,56	≈ 15%
Los Cavales	Almonaster	275,58	≈ 20%
Los Infantes	Aracena	218,00	> 35%
Prado del Lobo	Aracena	220,61	> 35%

En cuanto a la vegetación todos los montes están plantados con *Eucalyptus globulus* existiendo otras especies acompañantes, destacando dentro del estrato arbóreo *Quercus ilex*, *Olea europaea* y *Eucalyptus camaldulensis*. Las densidades de plantación varían desde 625 pies/ha a 830 pies/ha según se hayan utilizado marcos de plantación de 4 x 4 m o de 4 x 3 m. respectivamente.

En el momento de realizarse la explotación del monte, la edad de la masa era de 11 años. También mencionar que todos los pies son de segunda corta. En el cuadro II se detallan las existencias de madera en el momento de realizarse el aprovechamiento.

Cuadro II. Volumen maderable

MONTE	VOLUMEN MADERABLE	
	Total (m ³)	Por Ha (m ³ /ha)
El Rastrojal	2.532	42,2
Los Cavales	8.978	54,74
Los Infantes	11.237	73,44
Prado del Lobo	16.255	51,60

A continuación se van a mencionar brevemente las distintas fases de la explotación, así como la forma de realización de cada una de las mismas. De cada una de estas fases, en sus distintas variantes, será posteriormente donde se realizará la toma de tiempos para establecer las ecuaciones de rendimiento.

Apeo : El apeo se realiza siempre de forma manual con motosierra. Bien es verdad que las procesadoras utilizadas en la misma explotación tienen la posibilidad de realizar un apeo mecanizado pero la práctica habitual en toda la provincia es realizarlo manualmente, habiéndose realizado estudios donde se demuestra que se obtienen mejores rendimientos, al menos con las procesadoras existentes en la actualidad.

Procesado: Incluyendo las operaciones de desramado, tronzado y apilado. Se realiza tanto de forma manual como mediante el empleo de procesadoras. La utilización de una u otra técnica depende fundamentalmente de la pendiente, estableciéndose el óptimo del trabajo con procesadora en pendientes menores del 15%.

Desembosque : El desembosque hasta cargadero se realiza de tres maneras: con tractor forestal arrastrador (skidder), con autocargador y mediante “carga directa” en montes con pendientes

muy suaves.

Por otra parte los factores con los que se pretende relacionar las operaciones anteriores van a ser: pendiente (%), densidad de masa (m^3/ha) y distancia de desembosque.

Diseño del muestreo

Previo a la toma de los datos se dividieron los montes en distintas zonas con pendientes homogéneas, hallando en cada una de las mismas su pendiente media. Las pendientes medias halladas fluctuaron desde un valor máximo del 40% hasta un valor mínimo del 10%.

Para la estimación de la densidad, en primer lugar se zonificó el monte en diversas áreas en función de su densidad, teniendo en cuenta los diámetros, altura, marco de plantación y el número de chirpiales en cada cepa.

En cada una de las zonas se tomaron parcelas circulares de 8 m de radio ($200 m^2$ de superficie) en las cuales se midieron todos los diámetros de los eucaliptos. Una vez sacado el diámetro medio de la parcela se tomó un árbol tipo que se apeo y se tronizó, al objeto de proceder a su cubicación. El volumen de este árbol medio se multiplica por el número de arboles de la parcela, con lo que finalmente se pudo estimar el volumen de madera correspondiente a cada zona.

Toma de datos

Para la toma de datos, y después de sopesar los pros y los contras de distintos tipos de mediciones, se optó por tomar los tiempos totales de cada una de las labores en las zonas ya establecidas.

De esta manera los tiempos empleados en cada operación (apeo, procesado y desembosque) serán tomados en los partes diarios realizados por los motoserrietas y maquinistas. En estos partes están reflejados, además de las horas de trabajo, los tiempos de paro que, en especial en la maquinaria, tienen lugar en la explotación, motivados tanto por problemas mecánicos, repostajes, operaciones de mantenimiento u otros.

Los datos de los tiempos empleados en cada zona se relacionan con la cantidad de madera sacada en cada una de las mismas. Estas cantidades se obtienen en fábrica, donde se pesan y cubican todos los camiones que llegan, consiguiendo de esta manera la cifra exacta de la madera obtenida en cada área.

En el cuadro III se relacionan los datos obtenidos para una de las operaciones medidas, en este caso tiempos para cada una de las zonas donde se ha realizado desembosque con skidder. De igual forma se han obtenido datos similares para el resto de operaciones contempladas en el presente estudio. Estas son: procesado manual, procesado mecanizado y desembosque con autocargador. No obstante los datos obtenidos no van a ser reflejados en esta comunicación, donde tan solo se reflejarán las ecuaciones que de ellos se obtengan.

Cuadro III. Datos obtenidos para desembosque con tractor forestal

Densidad (m^3/ha)	Pendiente (%)	Distancia media desembosque (m)	Rendimiento ($m^3/jornada$)
35	40	77	42,00
48	35	97	50,03
54	36	77	58,00
77	36	83	56,80
76	34	77	84,00
40	20	77	65,60
42	38	77	51,00
52	30	83	62,00

65	34	97	54,50
55	28	83	64,50

Una vez obtenidos los datos de campo anteriormente reflejados se ha buscado una expresión que nos relacione los rendimientos con los valores de pendiente, densidad y distancia de desembosque.

La función elegida para vincular los valores antes enumerados con los rendimientos es de tipo exponencial. En el análisis de regresión utilizado, se considera como la variable dependiente el rendimiento y como variables independientes: la densidad, la pendiente y la distancia de desembosque.

Este tratamiento estadístico, nos permite buscar la influencia conjunta que tienen los parámetros estudiados (variables explicativas) con el rendimiento, (variable dependiente) sin tener que contemplar una relación entre los mismos. (GUJARATI, 1994)

Resultados

A continuación se relacionan las ecuaciones obtenidas para cada una de las operaciones estudiadas en las explotaciones de eucalipto:

Procesado manual: $Y = 7,396607855 \times d^{-0,406562} \times p^{-0,406562}$

Procesado mecanizado: $Y = 6,720889016 \times d^{0,538723} \times p^{-0,164002}$

Desembosque con skidder: $Y = 1570,62748 \times d^{0,500024} \times p^{-0,483751} \times l^{-0,483751}$

Desembosque con autocargador: $Y = 146,8576623 \times d^{0,073805} \times p^{-0,009412} \times l^{-0,047127}$

Donde:

Y = Rendimiento (en m³ /jornada)

d = Densidad de masa (m³/ha)

P = pendiente (en %)

l = distancia de desembosque (en m)

Resulta más descriptivo el representar las ecuaciones deducidas en forma gráfica. En las gráficas I, II, III y IV se representan los rendimientos del procesado manual, procesado mecanizado, desembosque con skidder y desembosque con autocargador, respectivamente.

Conclusiones

Del estudio realizado, y contando con las limitaciones que sus resultados pueden presentar a la hora de asimilarlo a otros montes diferentes a los eucaliptares de la provincia de Huelva, se pueden extrapolar algunas conclusiones:

1. Los rendimientos obtenidos para las distintas fases de las explotaciones, a la hora de relacionarlos con parámetros característicos del monte y del propio sistema de explotación, tales como pendiente, densidad de masa o longitud de desembosque, presentan una buena adecuación a modelos matemáticos de tipo exponencial.
2. La utilización de los citados modelos matemáticos nos puede servir como herramienta de trabajo a la hora de planificar la explotación en un monte o grupo de montes. De esta manera podemos calcular, con toda la prudencia que la utilización de los modelos matemáticos aconseja, el número de días de máquina o de cuadrillas manuales que nos serán necesarias en la explotación. Asimismo relacionando los tiempos con los costes unitarios podremos tener también una aproximación de los costes globales de la explotación.

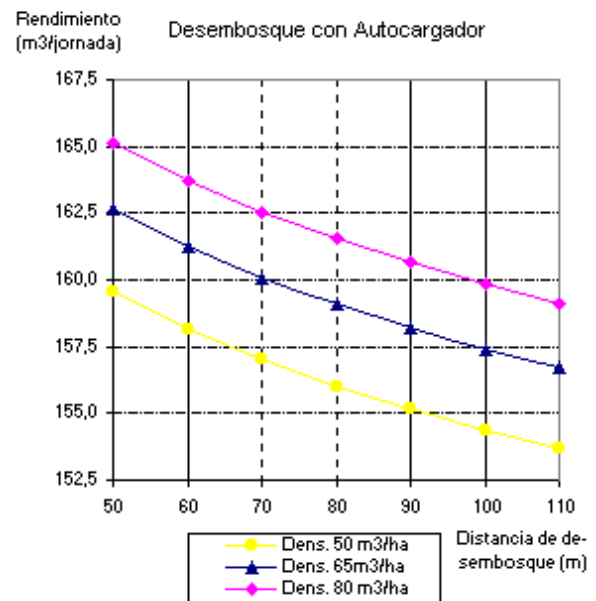
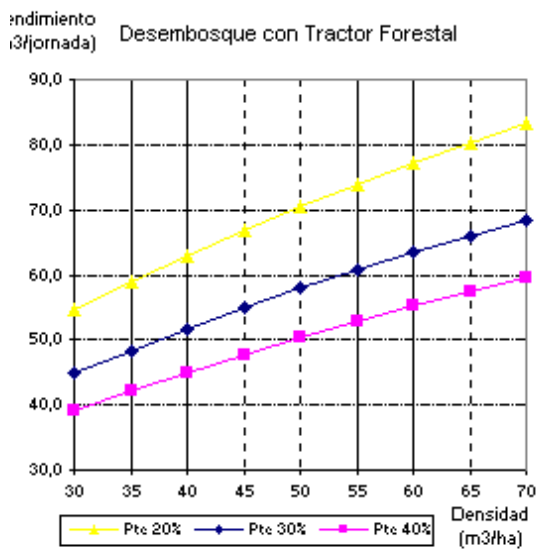
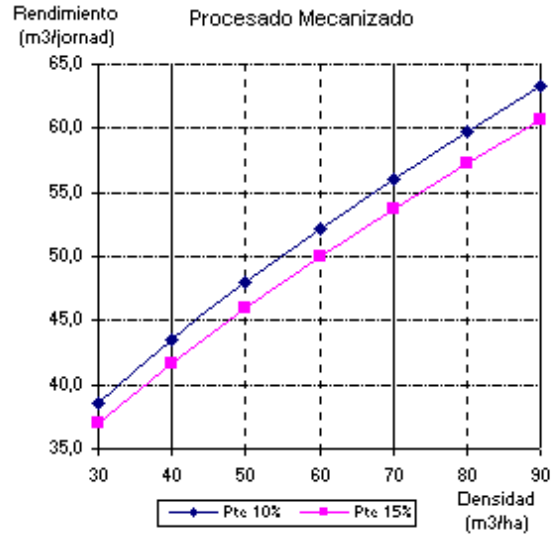
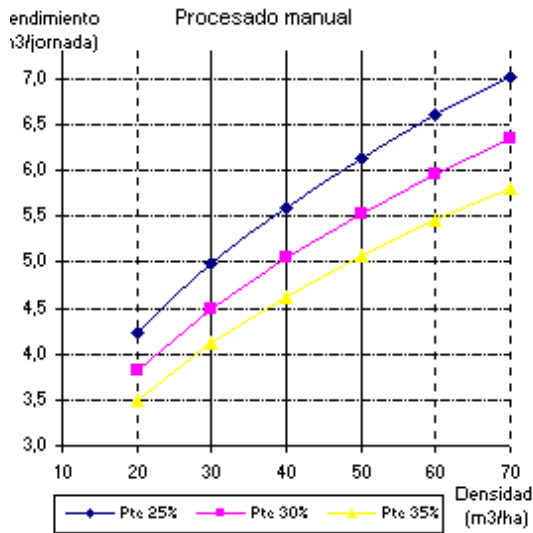
3. Del análisis de los modelos propuestos para el caso del **procesado** se puede determinar que, tanto en el caso de procesado manual como mecanizado, el parámetro más influyente de los estudiados es la densidad. Para el primer caso, a pesar de que pueda realizarse en un rango amplio de pendiente, ésta no es factor altamente limitante para el operario, influyendo más en su rendimiento la distancia que tiene que recorrer con las trozas y el peso de estas, aspectos muy relacionados con la densidad.
Para el caso de procesado mecanizado, la pendiente queda casi reducida a una constante, debido a que la procesadora opera en zonas bastantes llanas (menores del 16%) o en terrazas.
4. En el **desembosque con skidder**, del análisis de los modelos matemáticos propuestos se observa, que el parámetro con mayor incidencia en el rendimiento sigue siendo la densidad, seguido de la pendiente.
5. En cambio en el **desembosque con autocargador** el valor con más peso de los estudiados es la distancia de desembosque, seguido de la densidad. Realmente en este caso el factor más limitante, sería a priori, la colocación de los paquetes, de forma que cada vez que la máquina se estacione pueda llegar con su pluma al mayor número de los mismos. Este factor no ha sido considerado dentro del presente estudio.

Bibliografía

GUJARATI, D; 1992. *Econometria*. Ed Mc. Graw Hill, México D. F. 597 p.

WONNACOTT, T.H. y WONNACOTT, R.J. 1988. *Introducción a la estadística*. Limusa. México, D.F.

GRÁFICOS ANEJOS



Nota: Las gráficas del tractor forestal arrastrador referidas para una longitud de desembosque de 85 m.

Nota: Las gráficas del autocargador están referidas a una pendiente del 10%.