

MODELO PARA EVALUAR PRODUCCION DE
OLEORRESINA

César Alarcón Araya (*)

RESUMEN

El simulador "Resina", descrito en este trabajo, permite evaluar técnica y económicamente la viabilidad del proceso de resinación por exudación en plantaciones de *Pinus radiata* (D. Don) (1).

La visualización económica se logra mediante las salidas del simulador. Se pueden analizar en detalle la productividad de la mano de obra, la organización y en especial los costos e ingresos del proceso de resinación para las principales fuentes de variación de costos. Estos son: el intervalo de tiempo entre cortes (tiempo entre una incisión y otra), y las características del bosque, dando origen a diferentes casos de resinación.

Los resultados obtenidos con el modelo, permiten al planificador analizar y sensibilizar su proyecto (por precio del producto y pago al propietario de bosque), para decidir si incorpora o no la resinación a su negocio de producción de madera.

ABSTRACT

The "Resin" simulator described in this report provides a means for evaluating the technical and economic feasibility of obtaining resin from *Pinus radiata* (1) plantations by an exudation process.

The economic visualization is attained by the simulator's outputs. A detailed analysis of labour, productivity, organization, cost and revenues can be made for the main sources of cost variation such as: the time-lap between cuts (time between one incision and another), and the forest characteristics that give different schemes of resination.

The results provided by the model allow the planner to analyze and make sensibility adjustments according to the prices and terms to the landowner, so as to decide whether or not to incorporate resination to the business of lumber production.

This work also mentions how the technical coefficients used by the simulator were obtained from a previous labour productivity study. An organization example is shown using "Resin".

(1) Desarrollado por Alarcón, C. y Bosch, A. 1986, con algunas modificaciones funcionales.

(*) Ingeniero Forestal. Gerencia Técnica. Instituto Forestal. Huérfanos 554 Piso 3, Santiago - Chile.

INTRODUCCION

La industria elaboradora de productos derivados de la resina tiene como materia prima fundamental la oleorresina, producida y contenida en algunas especies de la familia Pinaceae.

Estos productos incluyen la oleorresina bruta, la colofonia, la trementina y una amplia variedad de productos químicos derivados, especialmente monoterpenos obtenidos de esta última, los cuales son de amplio consumo en la industria de jabones, impresión y estucos para papel.

Este trabajo considera y analiza, el proceso de exudación de árboles vivos, el cual consiste en recolectar la oleorresina que fluye desde el interior del árbol a través de incisiones (cortes) practicados en el fuste ("gum naval stores"). Esta forma de resinación es una operación intensiva en mano de obra.

La unidad de intervención a nivel de árbol, mediante cortes (o incisiones) se denomina cara, de tal modo que la suma de sus anchos no sobrepase el DAP del árbol (que equivale aproximadamente a un tercio del perímetro del árbol). Esta última exigencia determina el que exista un número máximo de caras posibles de acuerdo con el rango diamétrico. Así árboles con un DAP de 24 a 35,9 cm sólo podrán tener dos caras y entre 36,0 a 47,9 cms de DAP contendrán 3 caras.

Desde el punto de vista económico, el éxito de la resinación depende en gran medida de la productividad de la mano de obra, es decir del tiempo requerido para la ejecución de las distintas actividades asociadas al proceso de resinación, como también de la organización del personal que origina el más alto porcentaje de los costos operacionales de esta faena.

La faena de resinación comprende las siguientes actividades, que se realizan en forma secuencial, tanto para rodales como para árboles: preparación del árbol, ejecución del primer corte, fijación de la primera bolsa receptora, ejecución de 5 a 7 cortes ascendentes, fijación de la segunda bolsa receptora, continuación de los cortes ascendentes y, finalmente, cosecha.

METODOLOGIA

El enfoque técnico del modelo se resuelve considerando varios algoritmos y relaciones derivadas de estudios parciales (ALARCON, C. y BOSCH, A. 1986), en lo referente a:

- 1) Productividad de la mano de obra.
- 2) Organización de las faenas de resinación.
- 3) Funciones de producción para árboles de dos y tres caras sometidos a resinación. (1)
- 4) Otras relaciones para el desarrollo lógico-secuencial.

Productividad de la Mano de Obra

Para determinar la productividad de la mano de obra se efectuaron mediciones del tiempo de trabajo durante todo el desarrollo de una faena de resinación. Se aplicó el método "mediciones de tiempos parciales" (KLAGGES, R. 1982). Consiste en medir y registrar la duración de cada tarea dentro de cada una de las actividades de trabajo.

Las actividades en estudio corresponden a cada una de las etapas principales del proceso de resinación y se asocian a tiempos directamente productivos.

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| a) Preparación del árbol | d) Ejecución del corte ascendente |
| b) Ejecución del primer corte | e) Cosecha |
| c) Fijación de la bolsa receptora | |

(1) En la V Región

Los tiempos indirectamente productivos son aquellos que se emplean (o se pierden) en la ejecución de tareas que conducen a la realización de cada una de las actividades definidas.

Los coeficientes técnicos de tiempos de trabajo (1) que se muestran en la Tabla 1 se relacionan con cada unidad de producción aislada, es decir, influyen los llamados tiempos directamente productivos y algunos de los tiempos indirectamente productivos (que pueden imputarse a un árbol). Se diferencian para árboles de dos y tres caras.

- (1) Con validez estadística, muestra inicial $n_1 = 60$, con recálculo y una dispersión significativa en torno al promedio o tolerancia fijada (error 10%).

TABLA 1
COEFICIENTES TECNICOS DE TIEMPOS DE TRABAJO
DE APLICACION GENERAL

Actividad	Tareas	Coeficientes Técnicos (seg/árbol)	
		Promedio para árboles de dos caras	Promedio para árboles de tres caras
Preparación del Arbol	Desrame Desbaste y Alisado	48,70 61,62	50,42 93,65
	Traslado	$12,07 \times f_t$ $C_1 = 110,32 + 12,07 \times f_t$	$12,07 \times f_t$ $D_1 = 144,07 + 12,0 \times f_t$
Ejecución del primer corte	Corte, zona estimulante y aplicación estimulante	68,58	114,62
	Traslado	$9,48 \times f_t$ $C_2 = 68,58 + 9,48 \times f_t$	$9,48 \times f_t$ $D_2 = 114,62 + 9,48 \times f_t$
Fijación de la bolsa receptora	Fijación de la bolsa	33,12	52,03
	Traslado	$9,09 \times f_t$ $C_3 = 33,12 + 9,09 \times f_t$	$9,09 \times f_t$ $D_3 = 52,03 + 9,09 \times f_t$
Ejecución del corte ascendente	Corte y aplicación de estimulante	45,70	80,87
	Traslado	$5,82 \times f_t$ $C_4 = 45,70 + 5,82 \times f_t$	$5,82 \times f_t$ $D_4 = 80,87 + 5,82 \times f_t$
Cosecha	Recolección, transporte y envasado	113,26 $C_5 = 113,26$	169,89 $D_5 = 169,89$

- (1) f_t , se define como el espaciamiento medio de los árboles que van a ser resinados en un rodal dividido por el espaciamiento medio correspondiente a la densidad de resinación para la cual se efectuó el muestreo.

Rendimientos de la mano de obra

Los coeficientes técnicos de tiempos de trabajo así calculados, permiten determinar en términos generales, los rendimientos de la mano de obra por actividad en jornadas por hectárea, aplicando las ecuaciones que se indican en la Tabla 2.

TABLA 2

RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA EN LA FAENA DE RESINACION

Actividad	Nombre	Rendimiento de la Mano de Obra (Jornada/Hectarea)
1	Preparación	$R_1 = \frac{1}{3.600H} [C_1 X_2 + D_1 X_3]$
2	Primer corte	$R_2 = \frac{1}{3.600H} [C_2 X_2 + D_2 X_3]$
3	Bolsa receptora	$R_3 = \frac{1}{3.600H} [C_3 X_2 + D_3 X_3]$
4	Corte ascendente	$R_4 = \frac{NCC}{3.600H} [C_4 X_2 + D_4 X_3]$
5	Cosecha	$R_5 = \frac{1}{3.600H} [C_5 X_2 + D_5 X_3]$

Donde:

R_i = Rendimiento de mano de obra para la actividad i (Jornada/ha)
 C_i = Coeficiente técnico de trabajo para árboles con 2 caras en la actividad i.
 D_i = Coeficiente técnico de trabajo para árboles con 3 caras en la actividad i.
 x_2 = Densidad de resinación para árboles de 2 caras (árb/ha).
 x_3 = Densidad de resinación para árboles de 3 caras (árb/ha).

Estas ecuaciones para calcular la productividad de la mano de obra se incorporaron al simulador "Resina".

El objetivo de la organización es conocer el número necesario de trabajadores permanentes y el tiempo requerido para ejecutar todas las actividades secuenciales que componen el proceso de resinación, considerando diferentes características como superficie, densidad de resinación, poda, número de caras, número de cortes ascendentes, e intervalo de tiempo entre cortes.

Organización del personal

Para los efectos de organización del personal se adoptó como criterio, mantener un número no decreciente de trabajadores durante todo el desarrollo de una faena de resinación, con el propósito de favorecer su estabilidad laboral durante este período, lo que redundará en una mayor eficiencia en el proceso.

Para asignar el trabajo al personal se toma como base la unidad llamada cara, ya que facilita el pago a trato del trabajo, que se fija de acuerdo con el número de caras trabajadas por cada operario. La forma de pago por cara trabajada es la más conveniente, ya que evita el tener que estimar el número de caras por hectárea.

La organización del personal se realiza en función de la actividad que ocupa la mayor parte del tiempo total de la mano de obra. Esta actividad corresponde a la ejecución de los cortes ascendentes, debido a que es necesario estimular constantemente nuevas zonas en cada cara para mantener un flujo de oleoresina. De esta forma, cada nuevo corte ascendente se debe realizar en un plazo máximo determinado que sea igual para cada corte ascendente. Este plazo se fijó en 14 días (de los cuales 10 ó 12 son días hábiles, si se consideran 1 ó 2 días de descanso a la semana respectivamente), que corresponde a la duración del intervalo de tiempo entre cortes usado actualmente en las faenas de resinación.

El número diario de trabajadores requeridos para la ejecución de los cortes ascendentes se calcula de la siguiente manera:

$$TCA = \frac{R_4 \cdot S}{DH}$$

TCA = Número diario de trabajadores requeridos para ejecutar la actividad de cortes ascendentes.

R_4 = Rendimiento de mano de obra (jorn/ha) en la actividad de cortes ascendentes.

S = Superficie de resinación (ha).

DH = Días hábiles del intervalo de tiempo entre cortes de 14 días. Adquiere los valores 10 y 12.

El valor obtenido de TCA se hace también extensivo a las actividades restantes de preparación del árbol, ejecución del primer corte, fijación de la bolsa receptora y cosecha. Esto se efectúa para cumplir con el objetivo de mantener un número no decreciente de trabajadores durante toda la faena. Luego se calcula el número de días requeridos para realizar cada una de estas últimas actividades, que se caracterizan por ser independientes de la duración del intervalo de tiempo entre cortes. El número de días requeridos, que puede ser mayor o menor a 14 días, se calcula de la siguiente manera:

$$DIRE_i = \frac{R_i \cdot S}{TCA}$$

Donde:

DIRE_i = Número de días requeridos para ejecutar la actividad i (donde i = 1, 2, 3 y 5).

R_i = Rendimiento de mano de obra (Jornada/ha) para la actividad i (donde i = 1, 2, 3 y 5).

S = Superficie de resinación (ha)

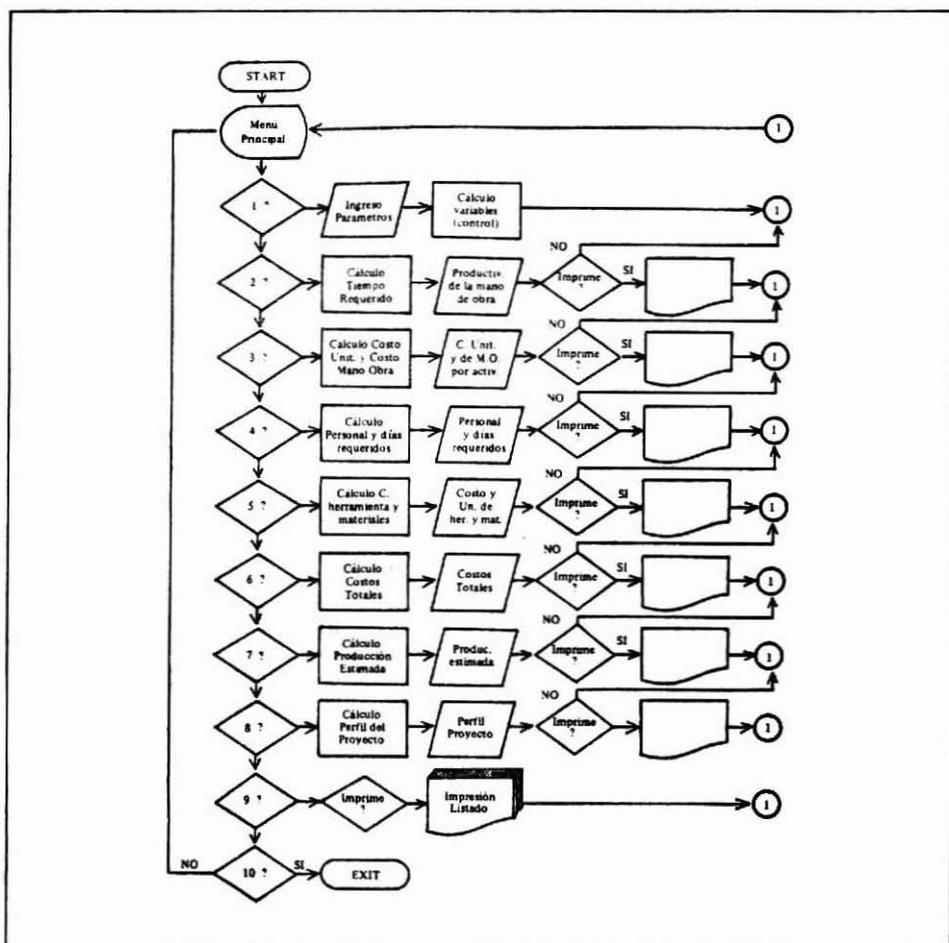
TCA = Número diario de trabajadores requeridos para ejecutar la actividad de cortes ascendentes.

Una vez que se conoce el número de trabajadores para una situación de resinación determinada, se asigna por trabajador la herramienta apropiada para cada tarea dentro de cada actividad de trabajo y la cantidad de material necesario, que es función del número de caras y del número de cortes totales que corresponda realizar en una faena.

A continuación se presenta una síntesis descriptiva del simulador "Resina" y luego se analiza un ejemplo de cálculo del número de trabajadores y el número de días requeridos, así como la asignación de las herramientas y los materiales necesarios.

SIMULADOR RESINA

El simulador dispone de varios módulos insertos en un menú principal, con una secuencia de procedimiento lógico, que permite evaluar un proyecto de resinación, como se aprecia en el siguiente diagrama:



El simulador aborda los problemas técnicos y económicos que se presentan al practicar la resinación.

Después de cada evaluación, "Resina" genera información (variables de respuesta) relativas a la productividad de la mano de obra, costos unitarios, costos de la mano de obra, personal requerido, costos y unidades requeridas de herramientas y materiales, costos totales, producción estimada y finalmente la rentabilidad del proyecto.

"Resina" fue diseñado, permitiendo al usuario efectuar dos tipos de evaluaciones económicas: a) el empresario se encuentra ejecutando parte del proyecto; b) quiere analizar la factibilidad de realizarlo. Esta flexibilidad de operación está en estrecha relación con las necesidades del usuario. En relación a esta estructura, la descripción general de "Resina" se subdivide en dos grandes etapas presentadas a continuación.

- 1) Los módulos 1, 2 y 3 del diagrama anterior, son los elementos que generan la información básica para la evaluación económica. El módulo 1 corresponde a la información ingresada por el usuario: tipo de cambio (\$/US\$), sabe del negocio (si, no), meses de resinación, sueldo mensual a pagar (\$), superficie (ha), tiene poda (si, no), antecedentes del rodal (tabla de rodal o estimación de densidad de resinación y el valor porcentual de participación de árboles con 2 y 3 caras).

Con estas variables de control que activan a "Resina", los módulos 2 y 3 calculan la productividad de la mano de obra y el costo unitario (\$/cara) que deberá pagar el empresario.

- 2) Mediante la información generada de los módulos antes presentados, "Resina" calcula el personal que se requiere en la resinación y continúa con la evaluación económica en los módulos 5 y 6 para finalmente entregar el perfil del proyecto.

Para lograr estos resultados, el simulador cuenta con una serie de relaciones funcionales, que se activan con los algoritmos y con variables de control generados por el usuario.

UNA APLICACION DE "RESINA"

Con el objeto de mostrar la organización del personal en diferentes situaciones de resinación, se consideran los siguientes datos fijos:

Superficie (ha)	:	100
Cortes ascendentes	:	11
Intervalo de tiempo entre cortes (días)	:	14

Los datos variables que caracterizan los diferentes casos de resinación son las siguientes:

TABLA 3

SITUACIONES DE RESINACION PARA ORGANIZAR EL TRABAJO

Situación	A	B	C	D	E	F	G	H
Densidad de resinación (arb/ha)	400	400	600	600	400	400	600	600
Arboles de dos caras (%)	100	100	100	100	0	0	0	0
Arboles de tres caras (%)	0	0	0	0	100	100	100	100
Existencia de poda	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI

MODELO PARA EVALUAR LA PRODUCCION DE OLEORRESINA

Con los datos fijos y variables de control: superficie (ha), densidad de resinación (arb/ha), árboles de dos caras (%) y de tres caras (%) y existencia de poda, ingresados al simulador "Resina", se obtiene la siguiente información, en orden de importancia.

- a) Número de caras totales que se asignarán a cada trabajador. Esta medida constituye la base para asignar el trabajo al personal, a fin de ejecutar en forma secuencial todas las actividades, efectuar la supervisión del trabajo y el pago a trato.
- b) Número diario de trabajadores requeridos para efectuar todas las actividades secuenciales de trabajo (TCA). Conocido este valor, se contrata el personal y se asignan las herramientas.
- c) Superficie que se asignará a cada trabajador. Conocido este valor se distribuye el personal en el bosque.
- d) Número de días requeridos para la realización de cada actividad en el tiempo total de una faena de resinación. Con esta información se confecciona un calendario de actividades para cumplir con cada una de ellas en un plazo definido y conocer el flujo de costos de toda la faena.

En la siguiente Tabla se presenta el número de trabajadores, la superficie y el número de caras totales requeridas, en las diferentes situaciones de resinación definidas anteriormente.

TABLA 4

NUMERO DE TRABAJADORES, SUPERFICIE Y CARAS REQUERIDAS EN DIFERENTES SITUACIONES DE RESINACION

Concepto	Situación							
	A	B	C	D	E	F	G	H
N° de trabajadores requeridos	9	9	14	14	16	16	23	23
Superf. asignada por trabajador (ha)	11,1	11,1	7,1	7,1	6,3	6,3	4,4	4,4
N° de caras asignadas por trabajador	8889	8889	8572	8572	7500	7500	7826	7826

En las situaciones con 100% de árboles de tres caras se requiere asignar un menor número de caras por trabajador, debido a que se obtiene un menor rendimiento por cara, como consecuencia del mayor espesor de corteza.

El número de días requerido para la realización de cada actividad, en el tiempo total de una faena de resinación en las diferentes situaciones de resinación definidas, se presenta a continuación.

TABLA 5

**NUMERO DE DIAS REQUERIDOS PARA LA REALIZACION
DE CADA ACTIVIDAD**

Actividad	Situación							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Preparación	25,1	15,1	23,9	14,2	18,1	12,3	18,6	12,5
Primer Corte	16,1	16,1	15,1	15,1	14,4	14,4	14,8	14,8
Bolsa receptora	17,3	17,3	16,1	16,1	14,1	14,1	13,8	13,8
Corte ascendente	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0
Cosecha	46,7	46,7	67,4	67,4	39,4	39,4	61,6	61,6
Días hábiles de la faena	215,2	205,2	232,5	222,8	196,0	190,2	218,8	212,7
Meses de la faena	9,8	9,3	10,6	10,1	8,9	8,6	9,9	9,7

Al resinar un bosque que haya sido podado, el tiempo de preparación disminuye en 10 días hábiles para las situaciones con 100% de árboles de dos caras, y solamente en 6 días hábiles para las situaciones con 100% de árboles de tres caras. Esto se debe a que en este último caso, puesto que existe un mayor número de caras por árbol, cada trabajador necesita efectuar la preparación de un menor número de árboles, de modo que el ahorro de tiempo, es también proporcionalmente menor. El hecho de que el bosque haya sido podado da origen a una mayor disponibilidad de tiempo al comienzo de la actividad de preparación y produce además una disminución de los costos.

De las Tablas anteriores, se deduce que al efectuar un total de 12 cortes, una temporada de resinación puede durar como máximo 10 meses (en bosques con poda). Aproximadamente el 50% del tiempo (5 meses) corresponde al tiempo requerido para realizar los 11 cortes ascendentes. Para corresponder al período del año más adecuado, estos meses deben coincidir con aquellos en que se registre la mayor temperatura media dentro del bosque, que debe superar además los 15°C.

Este análisis, es posible mediante "Resina" el cual determina además los costos, ingresos y rentabilidad del proyecto completo, los que por su extensión no se presentan en este trabajo.

CONSIDERACIONES ACERCA DEL SIMULADOR

Algunos algoritmos que debieran emplearse para alcanzar los objetivos planteados, tienen también limitantes, tales como:

- a) Para la actividad de cosecha, la obtención de los coeficientes técnicos de tiempos, no se efectuó por un muestreo a cada una de las tareas constituyentes, dado que se registró previamente una gran variabilidad de un rodal a otro.
- Esto hace difícil determinar un valor promedio representativo. Estas se obtuvieron y se incorporaron a "Resina", dividiendo el número de jornadas totales de cosecha por el número de caras totales a cosechar (contabilizadas por el capataz de las faenas), de todos los rodales resinados. Se supone que el tiempo promedio de traslado en esta actividad es

directamente proporcional a la densidad de resinación. Por lo que cada coeficiente de tiempo para árboles de dos y tres caras se multiplica por un factor de conversión definido como: $jic = DNR/400$, donde DNR es la densidad de resinación.

- b) El rendimiento de oleorresina producida entre árboles es calculada mediante funciones matemáticas válidas para ciertos períodos del año, número limitado de sitios y situaciones de manejo.
- c) La base de datos con la cual se construyeron las funciones de rendimiento, es de bajo espectro, por cuanto los resultados obtenidos de ella pueden ser aplicados sólo para el universo considerado en la base.
- d) En general, los coeficientes de correlación y el error cuadrático medio de las relaciones funcionales indican una aceptable bondad de ajuste de las ecuaciones a la base de datos.

Sin embargo, considerando estas limitaciones, los resultados que entrega "**Resina**" son de gran utilidad para tomar decisiones respecto a incorporar proyectos de resinación a la actividad del sector forestal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALARCON, C. y BOSCH, A. 1986. Producción de Oleorresina en *Pinus radiata* (D. Don) en la V Región, Organización y Costos del Proceso. Tesis Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile.
2. BLUHM, E. y DIAZ, F. 1964. Resinación en plantaciones de Pino insigne. En: Instituto Forestal. Actas de la reunión sobre investigaciones en productos forestales. Concepción, Chile. Informe Técnico N° 21, pp. 102-108.
3. DIAZ, F. 1963. Resinación en plantaciones de Pino Insigne. Tesis Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción. 139 p.
4. GREENHALGH, P. 1982. The production, marketing and utilization of naval stores. Report of the Tropical Products Institute. Londres. 177 pp.
5. INSTITUTO FORESTAL. 1978. Informe de avance de proyecto de extracción de oleorresina de Pino Radiata chileno. Temporada 1977-1978, Santiago, Chile. 41 p.
6. KLAGGES, R. 1982. Estudio de tiempos y rendimientos. Apuntes de la cátedra de Explotaciones Forestales. Santiago, Universidad de Chile. Fac. de Ciencias Forestales. 46 p.
7. KOSSUTH, S.V. Biomass Chemicals: Improvement in Quality and Quantity.