

# Factores de mayor incidencia en la rentabilidad de plantaciones de *E. grandis* (1ª parte)

Ing. Agr. Ricardo Methol<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

Existen numerosos factores que inciden en la rentabilidad de proyectos forestales en su fase primaria. En términos generales, dichos factores pueden agruparse en tres categorías: (i) factores del sitio; (ii) factores económicos y de mercado y (iii) factores de manejo (silvicultura).

Cuando se planifican proyectos forestales, el propietario o técnico forestal a cargo puede incidir en la elección del sitio a utilizar. Las características de sitio que tienen mayor incidencia en la rentabilidad a obtener son la productividad potencial y la distancia a los mercados (por su incidencia en los costos de transporte). Otros aspectos importantes del sitio son la proporción de superficie aprovechable, las características del tapiz y la topografía.

Con respecto a los factores económicos y de mercado, las posibilidades de incidencia a nivel individual son escasas, limitándose básicamente a la reducción de los costos asociados a las distintas faenas silviculturales (plantación, poda, raleo, cosecha) mediante esquemas de manejo eficientes y/o a través de econo-

mías de escala. Sin embargo, los factores económicos de mayor incidencia en la rentabilidad tales como los precios de venta y los costos de insumos y servicios son virtualmente inmanejables a nivel de individuo o empresa.

Los factores de manejo (densidad de plantación, frecuencia e intensidad de podas y raleos, edad de rotación) son claramente los más directamente manejables. Sin embargo, al momento de tomar decisiones de manejo, normalmente no se conoce con exactitud la magnitud de las respuestas que los distintos tratamientos posibles tendrán en el crecimiento de los rodales, lo que hace difícil determinar las opciones más rentables.

Una manera de estimar el efecto que determinado manejo tendrá en el crecimiento del rodal es mediante registros de rodales sometidos a distintos manejos (por ejemplo, datos de parcelas permanentes o de inventario) o mediante ensayos en los que se comparen distintos manejos. Sin embargo, las alternativas registradas o evaluadas se limitarían a un número reducido de opciones, resultando difícil analizar situacio-

nes intermedias distintas de las existentes.

Una forma más efectiva de obtener estimaciones de crecimiento bajo distintos manejos es utilizando modelos de simulación de crecimiento. Estos modelos deben desarrollarse a partir de bases de datos extensas, provenientes de parcelas permanentes y ensayos instalados en distintos sitios y sometidos a varios tipos de manejo. El programa Nacional Forestal (PNF) del INIA ha desarrollado un modelo de simulación de crecimiento para *E. grandis* que será de uso público en los próximos meses, una vez que se finalice su ajuste con los datos de las últimas mediciones disponibles. Para utilizar dicho modelo, deben ingresarse algunos datos dasométricos básicos tales como altura dominante, área basal, número de árboles por hectárea, edad, zona, etc. A partir de esa información puede proyectarse el crecimiento futuro bajo distintos esquemas de raleos, pudiéndose realizar estimaciones de volúmenes comerciales por tipo de traza y análisis económicos. En la siguiente sección se describe este modelo y posteriormente se ejemplifica su uso analizándose variaciones en diversos factores

<sup>1</sup> INIA Tacuarembó

de sitio, económicos y de manejo. En base a los resultados simulados se identifican los factores de mayor incidencia en el resultado económico de plantaciones de *E. grandis* y se resumen las principales tendencias observadas.

**DESCRIPCIÓN DEL MODELO**

El modelo desarrollado está compuesto por una serie de ecuaciones que permiten proyectar el desarrollo de las distintas variables de rodal (altura, área basal, etc.). Para automatizar los cálculos y a la vez facilitar su uso a nivel de usuario, el modelo se implementó en Excel utilizando el lenguaje de programación que este programa dispone (VBA). A continuación se muestran las distintas pantallas que aparecen al ir ejecutando el simulador, explicándose los *inputs* requeridos en las diversas etapas y los *outputs* generados.

Al abrir el programa se crea una barra de herramientas y un archivo en blanco con los encabezados para las variables principales y las celdas en las que se ingresan los inputs (Figura 1).

Una vez completados los inputs de las principales variables (edad, zona, etc.) y definida la edad final hasta la cual se desea hacer la simulación, se debe presionar Ejecutar. El programa despliega un formulario (Figura 2) en el cual se ingresa la edad de los raleos a simular y el número de árboles por hectárea a ser dejados luego de cada raleo.

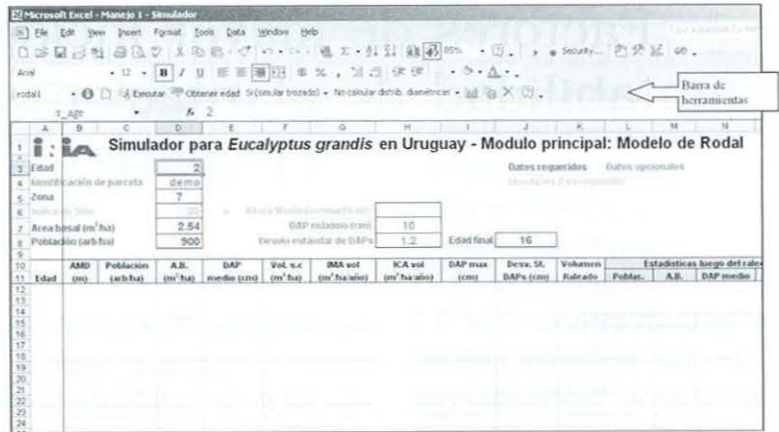


Figura 1: Archivo en blanco generado al abrir el programa y barra de herramientas para su ejecución.

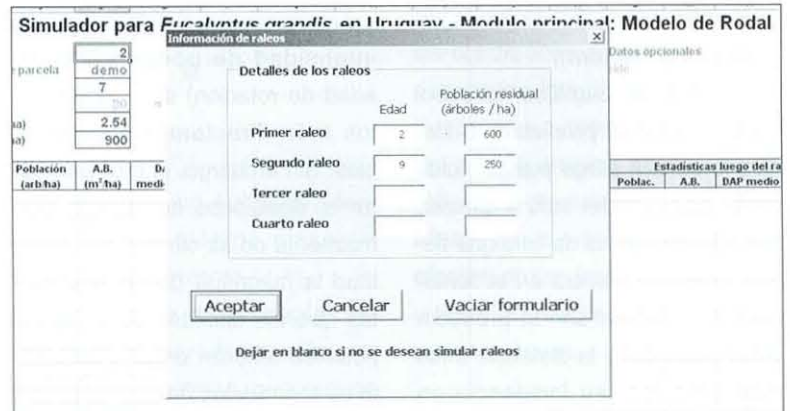


Figura 2: Formulario en donde se ingresan los raleos a simular.

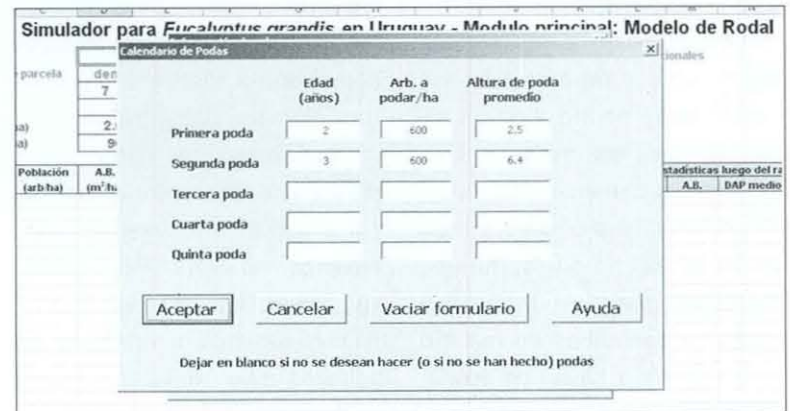


Figura 3: Formulario donde se ingresan los detalles del calendario de podas.

Simulador E. grandis - Especificación de trozado

Orden	Descripción	Diámetro mínimo (cm)	Largo de la troza (m)	Podada	Máximo de trozas/arb	Precio (US\$/m3)	Flete (US\$/m3)
1	Podada > 36	36	3	<input checked="" type="checkbox"/>	99	52.5	5
2	§(poda > 36)	36	3	<input type="checkbox"/>	99	35	5
3	Podada 28-36	28	3	<input checked="" type="checkbox"/>	99	37.5	5
4	§(poda 28-36)	28	3	<input type="checkbox"/>	99	25	5
5	Podada 20-28	20	3	<input checked="" type="checkbox"/>	99	27	5
6	§(poda 20-28)	20	3	<input type="checkbox"/>	99	18	5
7	Pulpa	8	4.4	<input type="checkbox"/>	99	19	12
8				<input type="checkbox"/>			

Hacer análisis económico

Altura de tocón(m): 0.3

Altura promedio última poda (m): 5.4

Aceptar << Anterior (raleos y podas) Vaciar formulario Ayuda

Figura 4: Formulario en donde se ingresan los tipos de trozas a producir.

Costos asumidos

Tasa de descuento: 0.09

Precio de la tierra (US\$/ha): 600

Costo anual de administración (US\$/ha): 15

Costo de establecimiento (año 0): 300

Costo de mantenimiento (año 1): 100

Aceptar Cancelar << Anterior (trozas) Otros costos o ingresos Vaciar formulario Ayuda

Edad	Arb/ha	US\$/arb
2	600	0.05
3	600	0.1

Edad	Tipo	Costo unitario	Unidad
2	A pérdida	25	ha
3	Comercial	9	m3

Costo de Cosecha: 7 / m3

Figura 5: Formulario en donde se ingresan los costos más relevantes.

Microsoft Excel - Manejo 1 - Simulador

Simulador para *Eucalyptus grandis* en Uruguay - Modulo principal: Modelo de Rodal

Edad	AMD (m)	Populación (arb/ha)	A.B. (m²/ha)	DAP medio (cm)	Vol. s.c. (m³/ha.año)	IMA vol (m³/ha.año)	ICA vol (m³/ha.año)	DAP max (cm)	Deriv. S.C. DAPs (cm)	Volumen Raleo	Estadísticas luego del raleo			
											Populac.	A.B.	DAP medio	
12	2	79	900	2.5	6.0	0.2	4.1	10.0	1.2	1.1	600	2.2	6.8	
13	3	11.5	299	5.5	10.9	2.5	8.6	18.2	14.9	1.7				
14	4	14.7	595	9.6	14.4	5.6	14.2	30.3	19.1	2.3				
15	5	17.8	889	13.7	17.2	9.7	19.2	39.1	22.5	2.9				
16	6	20.6	583	17.5	19.5	13.4	23.3	43.9	25.5	3.4				
17	7	23.2	576	20.6	21.4	19.3	26.3	44.8	28.1	3.9				
18	8	25.7	568	23.2	22.0	22.6	28.5	43.4	30.2	4.4				
19	9	27.8	561	25.3	22.9	28.2	29.8	40.5	31.9	4.9	115.6	290	14.2	26.9
20	10	30.0	248	18.8	29.4	19.1	30.9	40.5	33.9	2				
21	11	31.9	245	19	31.4	20.3	31.5	39.2	36.1	2.4				
22	12	33.7	243	20.6	33	26.1	31.8	34.9	27.9	2.6				
23	13	35.4	240	22.2	34.2	29.2	31.9	31.1	39.4	3.3				
24	14	36.9	238	23.2	35.3	32.5	31.4	27.3	40.5	3.7				
25	15	38.3	236	24.1	36.1	34.4	30.9	23.9	41.5	4.1				
26	16	39.6	233	24.7	36.7	36.1	30.3	20.9	42.2	4.5				
27														

Figura 6: Al finalizar la ejecución, la planilla se completa con los valores estimados de las variables en cada año hasta la edad de corte.

Luego de ingresar los datos de raleo, el programa despliega un formulario en donde se ingresa el calendario de podas (Figura 3).

Al presionar Aceptar, se despliega un formulario en donde se definen los tipos de trozas a producir (Figura 4). El esquema de trozado ingresado se utiliza tanto para los raleos comerciales como para la cosecha final.

Para la caracterización de las trozas debe definirse el diámetro mínimo (sin corteza) aceptado en cada categoría, el largo de las trozas y si la troza debe estar podada o no. También se puede limitar el número de trozas a obtener en cada árbol para determinada categoría de trozas (por defecto esto no está limitado, utilizándose un valor de 99). Los costos de flete pueden variar entre categorías de trozas si el destino de las mismas es diferente (por ejemplo trozas para pulpa o para aserrío). Posteriormente aparece un formulario donde se ingresan los costos principales (Figura 5).

Otros costos o ingresos, como por ejemplo el ingreso por cobro de subsidio, pueden ingresarse presionando el botón correspondiente. Al finalizar el ingreso de todos los datos requeridos aparecen los valores proyectados de las distintas variables en cada año (Figura 6).

Como se observa en la Figura 6, el modelo proyecta para cada año los valores de altura media dominante (AMD), árboles por hectárea, área basal, DAP medio, volumen total, incrementos medio

y corriente anuales (IMA e ICA) en volumen total, así como los volúmenes extraídos y remanentes en cada raleo. Asimismo, se calculan dos indicadores de resultado económico, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). El VAN es un indicador de la magnitud de las ganancias, expresada en términos absolutos, por encima de una tasa de descuento determinada. La tasa de descuento representa el costo de oportunidad de tener el capital invertido en el proyecto analizado en vez de tenerlo en proyectos o inversiones alternativas, y su definición puede involucrar cierta subjetividad. Cuando se trabaja con créditos, la tasa de descuento puede estar determinada por la tasa de interés del crédito más un adicional por concepto de riesgo. Valores positivos del VAN indican ganancias superiores a las obtenibles bajo la tasa de descuento considerada. La TIR es un indicador de la rentabilidad del proyecto en términos relativos, pero no permite cuantificar ni comparar la magnitud de las ganancias obtenidas en proyectos alternativos. Una inversión de 1\$ que produzca una ganancia neta de 1\$ en un año tendría una TIR de 100% a pesar de que la magnitud de la ganancia es mínima. Mientras tanto una inversión de 100\$ que genere una ganancia neta de 10\$ tendría una TIR de 10% pero la magnitud de la ganancia (VAN) es 10 veces mayor que la de la primer proyecto.

Simulador para <i>Eucalyptus grandis</i> en Uruguay - Volúmenes comerciales												
Parcela	demo		Edad raleo 1	2		Árboles remanentes/ha raleo 1	600					
Edad inicial	2,00		Edad raleo 2	9		Árboles remanentes/ha raleo 2	250					
Edad final	16		Edad raleo 3			Árboles remanentes/ha raleo 3						
Proviene del módulo	Rodal1		Edad raleo 4			Árboles remanentes/ha raleo 4						
Cosecha final												
Prioridad	Tipo de troza	Díametro min. s.c. (cm)	Longitud (m)	Poidada (S/N)	Máximo de tozas/árbol	Precio (US\$/m <sup>3</sup> )	Flete (US\$/m <sup>3</sup> )	Total de tozas/ha	Vol. total m <sup>3</sup> /ha (cc)	%		
11	1 Podada > 36	36,0	3	S	99	52,5	5	75	0,388	9,7		
12	2 Sipoda > 36	36,0	3	N	99	35	5					
13	3 Podada 20-36	20,0	3	S	99	37,5	5	365	0,280	99,3		
14	4 Sipoda 20-36	20,0	3	N	99	25	5	274	0,231	63,2		
15	5 Podada 20-28	20,0	3	S	99	27	5	86	0,173	14,9		
16	6 Sipoda 20-28	20,0	3	N	99	18	5	738	0,149	118,9		
17	7 Pulpa	6,0	4,4	N	99	19	12	559	0,029	51,6		
18	8											
Desperdicio								10,4		2,6%		
Total								2097		0,176	368,1	100,0%

Figura 7: Volúmenes comerciales obtenidos a la cosecha desglosados por tipo de troza.

Además del volumen total, el modelo estima volúmenes comerciales por tipo de troza y el volumen no utilizable (desperdicio), tanto al turno final como en los raleos (Figura 7).

Como puede observarse, el modelo permite comparar numerosas variantes de manejo y estructuras de costos, lo cual permite tomar decisiones con mayores elementos de lo que sería posible sin disponer de esta herramienta. Las aplicaciones potenciales del modelo desarrollado son numerosas, pudiéndose distinguir aplicaciones directas e indirectas. Como ejemplos de aplicaciones directas pueden mencionarse:

- Definición del calendario de raleos, densidad a dejar a turno final, largo de rotación, etc. Esto se realiza mediante la comparación de varias alternativas posibles y la elección de aquellas que muestren los mejores resultados económicos y/o que sean menos afectadas por variaciones en los precios y/o costos.

- Comparación de inversiones potenciales en sitios diferentes. Para esto debe conocerse el potencial de crecimiento de los sitios (índices de sitio) y la distancia de los mismos a los puntos de comercialización (costos de flete)

- Actualización de inventarios forestales. Si se dispone de un inventario realizado anteriormente, puede proyectarse el crecimiento de las distintas parcelas hasta el momento actual.

- Comparación de sistemas de trozado alternativos y elección de aquel que genere los mayores ingresos. Esto puede basarse tanto en datos proyectados como en datos reales de rodales próximos a ser cosechados. En el segundo caso las estimaciones serán de mayor precisión. Para el caso de rodales próximos a la cosecha, pueden ingresarse los datos de altura y DAP de árboles individuales medidos en parcelas de área conocida, con lo que la simulación del trozado será aun más exacta.

Como aplicaciones indirectas del modelo pueden mencionarse:

- Estimación de flujos totales de madera a ser producidos por varios rodales de una compañía o región. Para esto se requiere combinar las proyecciones de los distintos rodales de *E. grandis* y tabular los volúmenes totales o comerciales a ser producidos en cada año. Ponderando los volúmenes de cada rodal con el área que cada uno de ellos representa, pueden estimarse los volúmenes totales a obtenerse en cada año. Esta información permitiría orientar la planificación de cosechas, por ejemplo para poder cumplir con determinadas metas de abastecimiento de madera para una industria procesadora. Sin embargo, para poder optimizar la ges-

tión de las cosechas considerando simultáneamente varios factores (para los que se puedan establecer restricciones o metas) se requiere de modelos de planificación más complejos (*estate models*). Los modelos de simulación como el presentado constituyen un elemento necesario para los modelos de planificación.

- Estimación de biomasa y secuestro de carbono. Los outputs del modelo presentado pueden utilizarse como inputs de modelos de partición de biomasa en los distintos componentes del rodal (tronco, ramas, hojas, raíces, etc.) para así poder estimar valores totales de biomasa y carbono.

Si se dispusiera de modelos similares para otras especies plantadas en Uruguay sería posi-

ble además, determinar la especie más apropiada para un sitio determinado, o bien comparar proyectos forestales que involucren distintas especies. Modelos similares para *P. taeda* y *E. globulus* se irán desarrollando a medida que se vaya disponiendo de información suficiente de parcelas permanentes y ensayos de estas especies.

En la siguiente sección se evaluarán varios factores que inciden en la rentabilidad de plantaciones de *E. grandis* utilizándose el modelo descrito. Del análisis de los resultados obtenidos pueden identificarse los factores de mayor impacto y establecerse algunas tendencias generales que pueden ser útiles para el gerenciamiento de plantaciones de esta especie.

Continuará...



**"Hay un tiempo para plantar  
y otro para cosechar"**

**El Madero SRL - Figueroa 1136, Rivera**  
 Tel. 06223048 - 06231569 Cel. 099823512 - 099822694  
 Email. labsjfd@adinet.com.uy