



Foto: Gustavo Balmelli

# REGLO: herramienta para la predicción del rebrote de cepas en *E. globulus* y para el análisis del resultado económico esperado en la siguiente rotación

Ing. Agr. Dr. Gustavo Balmelli<sup>1</sup>, Lic. MSc. Pilar Gasparri<sup>1</sup>,  
Ing. Agr. Dr. Andrés Hirigoyen<sup>1</sup>, Lic. PhD. Virginia Morales<sup>2</sup>,  
Ing. Agr. PhD. Cecilia Rachid-Casnati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Investigación en Producción Forestal - INIA

<sup>2</sup>Centro Universitario de Tacuarembó - Udelar

REGLO es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para plantaciones de *Eucalyptus globulus* próximas a ser cosechadas. Permite predecir el porcentaje de cepas que rebrotará y estimar el resultado económico esperado en la siguiente rotación mediante el manejo de rebrotes o mediante replantación, contribuyendo, por tanto, a optimizar el manejo de la plantación.

## INTRODUCCIÓN

El *Eucalyptus globulus* es la especie *premium* para producción de celulosa, por lo que ha sido ampliamente plantada en la región sureste para exportación. Sin embargo, la alta susceptibilidad a *Teratosphaeria nubilosa*, patógeno que genera importantes daños en plantaciones jóvenes, ha llevado a su sustitución por otras especies, como *E. dunnii* y *E. smithii*. El cambio de especie es una decisión crítica para la empresa

forestal, ya que la madera de las especies alternativas generalmente tiene menor valor y menor demanda exterior, lo que puede generar menores ingresos y/o pérdida de mercados. El cambio de especie también implica mayores costos (preparación del suelo, plantación y mantenimiento inicial) que el manejo de rebrotes. La decisión de mantener la especie en la siguiente rotación (manejo de rebrotes) o replantar (cambio de especie) debería tomarse antes de la cosecha.



Sistemas de Apoyo a la Gestión Forestal



Figura 1 - Ventana de ingreso a los Sistemas de Apoyo a la Gestión Forestal y menú con las herramientas disponibles.

Tanto en plantaciones de buena productividad como en plantaciones con pobre sobrevivencia y/o pobre crecimiento, la decisión de manejar los rebrotes o replantar es fácil de tomar. Sin embargo, en la mayoría de los casos, es decir, en plantaciones que llegan a la cosecha con una población y/o un estado sanitario intermedio, la decisión es bastante difícil. El problema radica en la dificultad para predecir la sobrevivencia de las cepas y por lo tanto estimar la población que se tendrá en la siguiente rotación, lo que determina en buena medida la productividad de los rebrotes.

Dado que no existía información del efecto de diferentes factores (sitio, material genético, edad, estado sanitario, maquinaria de cosecha, manejo de los residuos) sobre la capacidad de rebrote de las cepas, se realizó una tesis de maestría para generar dicha información y ajustar un modelo predictivo que permitiera estimar la sobrevivencia de cepas en base a las características de la plantación a cosechar. A su vez, dado que la decisión del manejo a realizar luego de la cosecha depende de la rentabilidad esperada para el manejo de los rebrotes en relación a la replantación, dicho modelo fue integrado a un flujo de fondos con el fin de facilitar el análisis del resultado económico esperado con diferentes alternativas productivas. Finalmente se generó una versión web de la herramienta y se la incorporó como módulo independiente (REGLO) a los Sistemas de Apoyo a la Gestión Forestal en la página web de INIA. ¿Cómo se accede a la herramienta REGLO? En la página web de INIA se accede a los “Sistemas de Apoyo a la Gestión Forestal” o directamente en el siguiente enlace:



Estas herramientas son de libre uso, ingresando con un usuario y una contraseña (la primera vez debe registrarse para obtener un nombre de usuario y una contraseña) (Figura 1).

**DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA REGLO**

REGLO se compone de dos módulos: Rebrotos de cepas y Análisis económico.

**Módulo Rebrotos de cepas**

Este módulo permite calcular el volumen comercial de madera de una plantación que se va a cosechar; predecir, en base a características productivas y sanitarias de la plantación, el porcentaje de cepas que rebrotará y estimar la productividad esperada en la siguiente rotación mediante el manejo de los rebrotes.

El usuario debe ingresar información del estado de la plantación previo a la cosecha. Para esto se puede descargar una planilla tipo donde se ingresan los datos (DAP, altura y presencia o ausencia de canchros en la corteza) de todos los árboles en pie en parcelas representativas de la plantación (Figura 2).

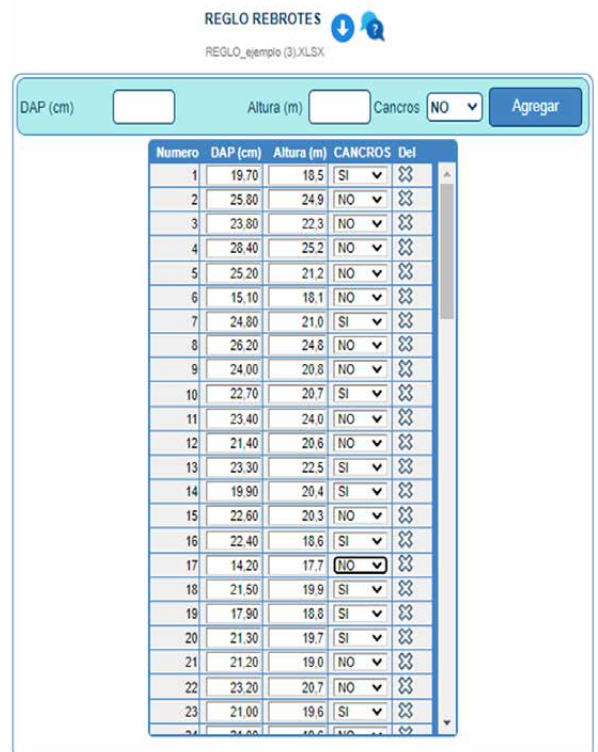


Figura 2 - Pantalla para el ingreso de datos de parcelas establecidas en plantaciones a cosechar.



Área de parcela (m2)   
 Edad de la plantación   
 Fuente de semilla   
 Máquina de cosecha   
 Pérdidas por T. Nubilosa en la 2da rotación   
 Mortalidad en la 2da rotación

Plantación a cosechar	
Árboles en pie/ha	920
Área Basal (m2/ha)	26,91
AMD (m)	21,97
Volúmen comercial (m3/ha)	185,57
IMA (m3/ha/año)	15,5
DAPs >14cm	84,78%
Cancros	18,48%
Siguiete rotación como rebrotes	
% esperado de cepas vivas	93,54%
IMA esperado en 2da rotación (m3/ha/año)	9,3

**Figura 3** - Pantalla para el ingreso de datos de la plantación a cosechar y de resultados, tanto de la plantación actual como esperados en la siguiente rotación como rebrotes.

También debe ingresar información general de la plantación, como edad, material genético y tipo de cosechadora a utilizar. Con esta información REGLO estima los resultados de la plantación actual (número de árboles por hectárea, área basal, altura media dominante, volumen comercial) y los resultados esperados en la siguiente rotación como rebrotes (% de cepas vivas e incremento medio anual) (Figura 3).

REGLO predice, en base a características productivas y sanitarias de la plantación, el porcentaje de cepas que rebrotará y estima la productividad esperada en la siguiente rotación mediante el manejo de los rebrotes.

### Módulo de Análisis económico

Este módulo permite estimar y comparar la rentabilidad de diferentes alternativas (manejo de rebrotes o replantación) para la siguiente rotación.

El usuario debe especificar la especie y el manejo de la siguiente rotación, el costo de cosecha y carga (USD/m<sup>3</sup>), el costo del flete (USD/m<sup>3</sup>/km) y la distancia al punto de venta (km), el turno de corta y la productividad esperada (m<sup>3</sup>/ha/año) y el precio de venta de la madera (USD/m<sup>3</sup>). También debe especificar si desea incluir o no el valor residual de la plantación para una siguiente rotación (Figura 4).

Posteriormente, debe completar el flujo de fondos, ingresando los costos (USD/ha efectiva) de instalación y manejo, administración, caminería e impuestos generales. Con dicha información REGLO calcula los costos totales y los ingresos por la venta de madera y calcula los indicadores de resultado económico: VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno) para la alternativa analizada (Figura 5).

**ALTERNATIVA 1**

Información inicial

Año de plantación

Manejo de la siguiente rotación

Especie

Costo de oportunidad (%)

Costo de cosecha y carga (USD/m3)

Costo de flete (USD/m3/km)

Distancia al punto de venta (km)

Turno de corta (años)

IMA esperado (m3/ha/año)

Precio madera en puerto (USD/m3)

Incluir ingresos por valor residual ?

**Figura 4** - Pantalla para el ingreso de datos para el análisis económico.

Tipo	Desde año	Hasta año	Detalle del concepto (Costo / Ingreso)	Valor US\$/ha
COSTO	0	0	Instalación	60
COSTO	3	3	Manejo	150
COSTO	0	11	Administración	30
COSTO	0	11	Impuestos generales	10
COSTO	11	11	Caminería	150
COSTO	11	11	Costo de cosecha y carga	2.148
COSTO	11	11	Flete	1.547
COSTO	11	11	Impuestos IRAE	0
COSTO	11	11	Impuestos INIA	10
INGRESO	11	11	Ingresos por venta de madera	6.138

**VAN 477 TIR 18,00%**

**Figura 5** - Pantalla con el flujo de fondos (costos e ingresos) e indicadores de resultado económico esperado (VAN y TIR) para la alternativa analizada.

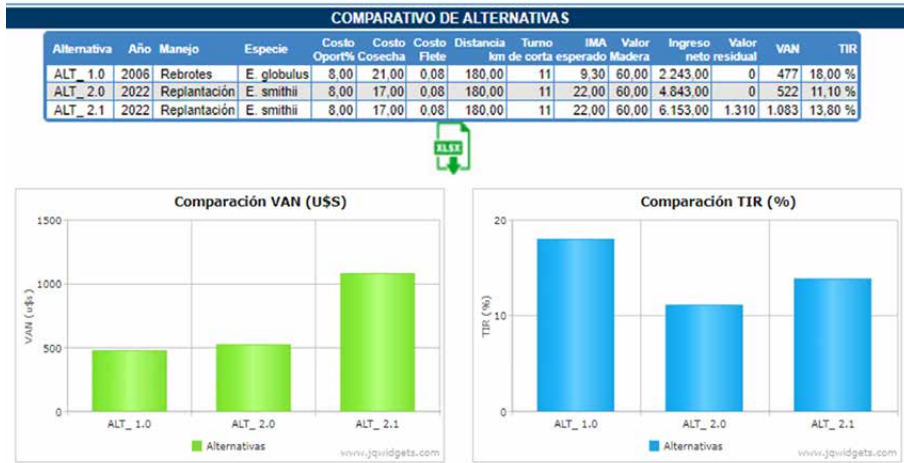


Figura 6 - Pantalla con el cuadro comparativo de las diferentes alternativas analizadas y con el gráfico de los indicadores económicos.

### COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS

Cuando se calcula el resultado económico (mediante el botón “Ejecutar cálculos”) REGLO genera automáticamente un cuadro que resume las características de la alternativa analizada y gráficas con los indicadores de rentabilidad (VAN y TIR). Al realizar un nuevo análisis, por ejemplo para una alternativa diferente, se actualizan tanto el cuadro resumen como las gráficas de indicadores económicos, lo que facilita la comparación de las diferentes alternativas analizadas (Figura 6).

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

REGLO también permite realizar análisis de sensibilidad, es decir, simular diferentes escenarios, para estimar el impacto de eventuales cambios en los factores de producción sobre el resultado económico esperado. En otras palabras, se puede analizar el efecto de escenarios más favorables o desfavorables, por ejemplo una mayor o menor productividad, un mayor o menor valor de la madera en el mercado, etc. (Figura 7).

#### Sistemas de Apoyo a la Gestión Forestal



Figura 7 - Análisis del efecto de diferentes productividades sobre el resultado económico esperado.



REGLO permite estimar y comparar la rentabilidad de diferentes alternativas (manejo de rebrotes o replantación) para la siguiente rotación.

La estimación del resultado económico esperado facilita la comparación de diferentes alternativas y permite tomar las decisiones más adecuadas para la siguiente rotación. A su vez, la posibilidad de evaluar eventuales cambios en los factores productivos, permite conocer el impacto sobre el resultado económico de la alternativa analizada o conocer el impacto relativo sobre diferentes alternativas.

Finalmente, el módulo de análisis económico puede utilizarse para nuevas plantaciones, es decir, ser utilizado por productores agropecuarios e inversores en general que estén considerando la posibilidad de forestar, con cualquier especie y en cualquier región del país.

## CONSIDERACIONES FINALES

REGLO fue certificada en 2021 por el proceso CERTEC.Agro, incorporando mediante evaluadores externos el punto de vista de los potenciales usuarios.

Se espera que el uso de REGLO por parte de productores de *E. globulus* facilite la toma de decisiones sobre el manejo de la siguiente rotación y permita hacerlo con antelación, mejorando la planificación y ejecución de las actividades de cosecha, preparación del suelo y/o plantación.

## AGRADECIMIENTOS

A las empresas Forestal Atlántico Sur, Iberpapel y Redalco, y a sus profesionales y técnicos, que permitieron el acceso a las plantaciones y brindaron la información necesaria para desarrollar esta herramienta.

## REFERENCIAS

Gasparri, P. 2019. Modelo predictivo de sobrevivencia de cepas de *Eucalyptus globulus* y evaluación financiera para diferentes alternativas de manejo. Tesis Magister en Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. 71 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/29256>.



Figura 8 - Rebrotes de *E. globulus* a los nueve meses de la cosecha.