



Foto: Cecilia Rachid

SISTEMAS DE APOYO A LA GESTIÓN FORESTAL: ACTUALIZACIÓN 2021

Ing. Agr. PhD Cecilia Rachid-Casnati¹
 Ing. Agr. Dr Andrés Hirigoyen²
 Ing. Agr. MSc Fabián Varela³

¹Programa de Investigación en Producción Forestal - INIA
²Ingeniería agroambiental - Universidad Tecnológica del Uruguay, ITR centro Sur
³Programador en Desarrollo

Los sistemas de soporte a la toma de decisiones son herramientas indispensables en cultivos de largo plazo, como es el caso de las plantaciones forestales. INIA pone a disposición de productores, asesores, estudiantes y agentes gubernamentales una nueva versión de simuladores forestales y sistemas de apoyo a la gestión para *Eucalyptus grandis* y *Pinus taeda*, así como nuevas herramientas de simulación a nivel de parcela y múltiples rodales para ambas especies y *Eucalyptus dunnii*.

SISTEMAS DE APOYO A LA GESTIÓN

El manejo de cultivos de mediano y largo plazo y alta inversión inicial, como son los forestales, requiere conocer o estimar con alta exactitud, la producción y rentabilidad a futuro. Contar con herramientas de simulación de los cultivos bajo diferentes situaciones de manejo o sitio, permite a los tomadores de decisiones gestionar los recursos mediante la simulación de escenarios que pueden ser valorados económicamente, reduciendo la incertidumbre a futuro (Figura 1).

El Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal de INIA, con el apoyo de empresas forestales nacionales, viene desarrollando simuladores de crecimiento y sistemas de apoyo a la gestión desde 2003. A partir del desarrollo del primer sistema de apoyo a la gestión (SAG) SAG grandis, por Ricardo Methol (2003), se han desarrollado y/o actualizado simuladores para otras especies: *E. globulus* (Methol, 2005), *E. dunnii* (Methol, 2008), *Pinus taeda* (Rachid & Hirigoyen, 2014) y actualizaciones de *E. globulus* y *E. dunnii* (Hirigoyen, 2015).

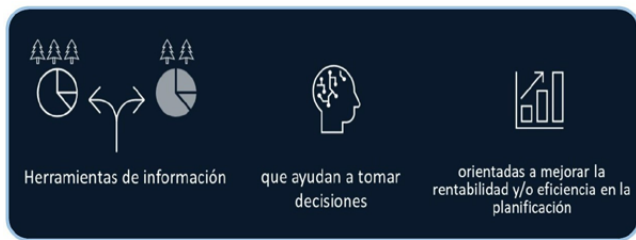


Figura 1 - Utilidad de sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

A su vez, desde 2014, los simuladores se ofrecen de forma gratuita en ambiente web, desde donde se pueden realizar simulaciones y descargar resultados tanto en formato de planilla de cálculo como en PDF.

PLATAFORMA ACTUALIZADA Y NUEVAS HERRAMIENTAS

La nueva versión, disponible desde 2021, incluye: 1) un nuevo sitio web, 2) acceso a las versiones anteriores de los sistemas de apoyo a la gestión, 3) SAG grandis y SAG taeda actualizados, 4) nueva herramienta “Multirodal”, 5) nueva herramienta “Infopar”, 6) link de acceso a bibliografía y glosario. Estos puntos se detallan a continuación.

1 - Sitio web renovado

Se ingresa de la forma habitual por la página de INIA: www.inia.uy, Productos y Servicios Alertas y Herramientas, o a través de <http://www.iniaforestaluy.com/sag/>. El usuario debe registrarse al ingresar por primera vez al sistema, o utilizando el usuario y contraseña habitual (Figura 2).

2 - Menú de acceso

Se presenta un menú de acceso a todas las herramientas, incluyendo el acceso a versiones anteriores (Figura 3).

3 - SAG grandis Y SAG taeda actualizados

Se basan en ecuaciones de crecimiento desarrolladas en base a una tesis de doctorado culminada en 2016 y

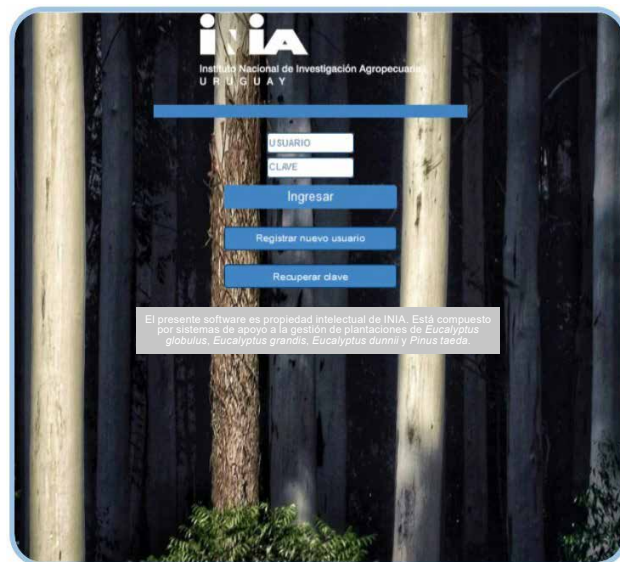


Figura 2 - Ingreso a la página de log-in.

se pueden consultar según la Tabla 1. A estos se les adjuntan los simuladores de crecimiento y mortalidad de *E. dunnii* 2015 y *E. globulus* 2015 anteriormente disponibles.

Los SAG permiten la simulación y análisis económico de un ciclo productivo en tres pasos que se describen a continuación.

a - Simulación de crecimiento: ingresando las variables a la edad inicial del rodal y la edad final deseada, así como raleos (hasta cuatro), si la opción lo permite. Conjuntamente con las proyecciones, puede visualizarse la distribución diamétrica a la cosecha y de los raleos (Figura 4).

b - Simulación de trozados: se deben ingresar las especificaciones de diámetros mínimos y largo de trozas de las categorías de interés para obtener diferentes productos (Figura 5).



Figura 3 - Menú de selección de herramientas.



Figura 4 - Pantalla de resultados de simulación de crecimiento.

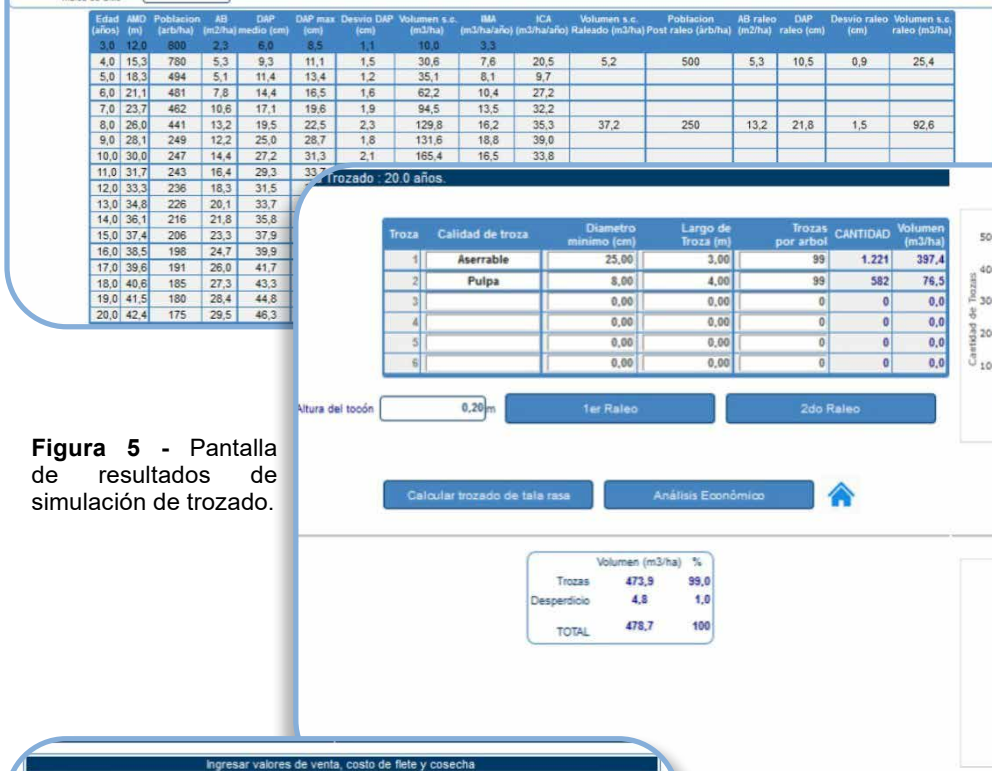
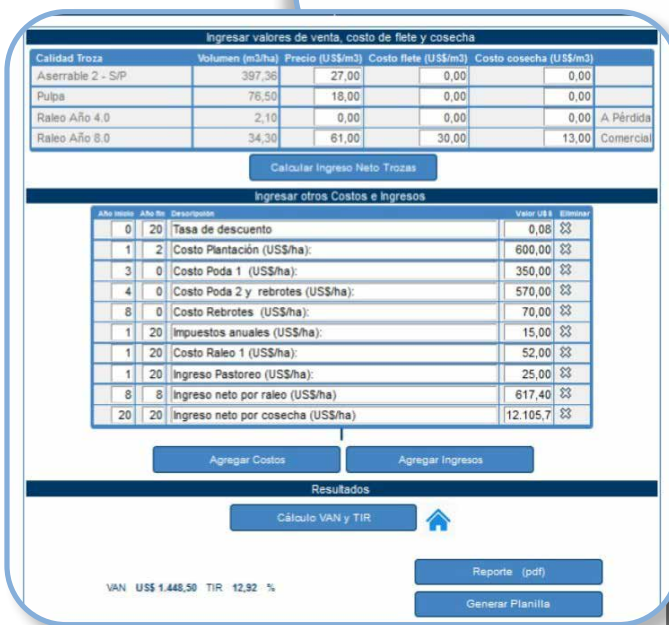


Figura 5 - Pantalla de resultados de simulación de trozado.



c - Analizador económico: el usuario debe ingresar los precios de productos, costos de cosecha, así como todos los costos de producción e ingresos adicionales durante el ciclo productivo. Dicha información permite el cálculo de los indicadores económicos VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno) (Figura 6). Puede encontrar una descripción más detallada de la herramienta y su manual de uso en el siguiente acceso:

Acceda **AQUÍ**

Los sistemas de apoyo a la gestión son herramientas de planificación y análisis que permiten simular el crecimiento de un rodal, su cosecha y trozado y análisis económico, orientados al sector productivo pero también a agentes gubernamentales, educativos y académico.

Figura 6 - Pantalla de resultados de análisis económico.

Parcela	Zona	Área (ha)	Edad (años)	AMD (m)	IS (m)	N (árbo/ha)	AB (m ² /ha)	Desvío DAP (cm)	DAP cuad (cm)	Vol sc (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)	Vol sc total (m ³)	Edad final (años)	AMD (m)	N (árbo/ha)	AB (m ² /ha)	DAP cuad (cm)	Desvío DAP (cm)	IMA (m ³ /ha/año)	Vol sc (m ³ /ha)	Vol sc total (m ³)
1a	Z	20	1.3	8.44	33.34	865	3.93	1.38	7.61	13.13	10.1	262	20.0	44.97	442	48.81	37.50	8.40	40.9	818.43	16.368
2b	Z	20	1.9	9.51	31.74	698	5.88	1.64	10.36	22.32	11.7	448	20.0	43.73	374	46.96	39.98	8.22	38.6	772.36	15.447
3f	Z	20	7.3	26.72	32.26	292	14.76	1.98	25.37	151.97	20.8	3.039	20.0	44.13	200	35.77	47.72	6.06	30.2	603.52	12.070
4e	Z	20	7.3	27.77	33.26	542	23.56	4.09	23.53	248.09	34.0	4.961	20.0	44.90	370	41.87	37.86	7.92	35.2	703.23	14.084
5c	Z	20	4.4	18.02	31.53	677	17.63	2.18	18.21	123.35	28.0	2.467	20.0	43.56	414	44.75	37.10	7.46	36.5	729.31	14.586
6i	Z	20	14.5	42.24	36.13	188	24.83	5.16	41.01	389.87	27.6	7.997	20.0	47.06	169	31.53	48.74	6.70	28.3	665.99	11.319

Figura 7 - Ventana de resultados de herramienta “MultiRodal”. Los campos en blanco muestran la información ingresada, en celeste se presenta las estimaciones para el año actual y en gris los valores proyectados a la edad de interés.

4 - Herramienta “MultiRodal”

Se trata de una herramienta de proyección de crecimiento, mortalidad y volumen de madera para simulación de múltiples rodales (sin raleos) en forma simultánea, con el fin de realizar estimaciones de volumen a nivel predial de forma práctica. Dicha herramienta está disponible para *Eucalyptus grandis* y *Pinus taeda*, los cuales utilizan las nuevas ecuaciones de crecimiento, y también para *Eucalyptus dunnii* el cual emplea las ecuaciones de crecimiento de 2015. Para su uso se debe cargar una lista de parcelas, el área que representa en el predio e información inicial. El sistema estimará el volumen actual y realizará la proyección a la edad deseada. También cuenta con un menú de ayuda y posibilidad de descargar una planilla tipo para la carga masiva de registros (Figura 7).

5 - Herramienta “InfoPar”

Estima volúmenes individuales y la producción de madera total de una parcela, a partir de una lista de

díametros, alturas, edad y área de la parcela. Facilita la obtención de información requerida para inicializar los simuladores de crecimiento SAG grandis, SAG dunnii y SAG taeda, además de calcular las principales variables de interés para cualquier parcela de inventario. Al igual que la herramienta anterior, también cuenta con botones de ayuda y descarga de planilla tipo para la carga masiva de datos (Figura 8).

6 - Link de acceso a bibliografía y glosario

Así como la herramienta web, las ecuaciones que componen los simuladores de todas las especies e información orientativa sobre las bases de datos sobre las cuales se ajustaron las ecuaciones, son de interés para quienes deben realizar análisis cuantitativos utilizando o no la herramienta web. Dicha información está en su mayoría publicada en literatura científica y medios de difusión y es de acceso mediante links en el sitio web (Figura 9).

ID	DAP (cm)	Altura (m)	AB (m ²)	Vol Total s/c (m ³)
1	34.60	18.0	0.09	0.62
2	24.20	17.0	0.05	0.31
3	30.50	17.7	0.07	0.48
4	21.60	16.7	0.04	0.26
5	30.00	17.7	0.07	0.47
6	33.10	17.9	0.09	0.57
7	23.90	17.0	0.04	0.30
8	27.10	17.4	0.06	0.39
9	31.70	17.8	0.08	0.52
10	30.20	17.7	0.07	0.48
11	21.30	16.6	0.04	0.25
12	33.40	17.9	0.09	0.58
13	27.10	17.4	0.06	0.39
14	30.20	17.7	0.07	0.48
15	28.20	17.5	0.06	0.42
16	27.40	17.4	0.06	0.39
17	30.50	17.7	0.07	0.48
18	35.70	18.1	0.10	0.66
19	23.00	16.9	0.04	0.28

DAP medio (cm)	28,45
DMD (cm)	34,3
Altura total media (m)	17,43
AB(m ² /ha)	52,97
Población (arb/ha)	812
Lista de árboles seleccionados para estimar IS	12
Volumen (m ³ /ha)	352,82
IMA (m ³ /ha/año)	27,1
Desvío std (cm)	4,54
DAP máximo (cm)	36,30
DAP mínimo (cm)	12,10

Figura 8 - Ventana de resultados de herramienta “InfoPar”.

iForest
Biogeosciences and Forestry

Research Article
doi: 10.3832/ffor2926-012
vol. 12, pp. 237-245

Using soil-based and physiographic variables to improve stand growth equations in Uruguayan forest plantations

Cecilia Rachid-Casna¹,
Euan G Mason²,
Richard C Woollons¹

SISTEMA DE APOYO A LA GESTIÓN DE PLANTACIONES DE EUCALIPTUS GLOBULUS Actualización 2014

¹Ing Agr. Andrés Hirigoyen
²Ing Agr. Fabián Varela

¹Programa Nacional de Producción Forestal
²Programador

«SAG TAEDA»: SISTEMA DE APOYO A LA GESTIÓN DE PLANTACIONES DE *Pinus taeda*

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA
URUGUAY

224
Diciembre 2011
SERIE TÉCNICA
INIA

Fig. 2 - Relative diameter (quotient between an objective diameter and the diameter at breast height) against relative height (quotient between height to an objective diameter and total tree height) for *Eucalyptus grandis* (a) and *E. dunnii* (b) in Uruguay.

iForest 14: 127-136

Figura 9 - Información disponible en el sitio web.

INFORMACIÓN SOBRE LOS SISTEMAS ACTUALIZADOS

Para los sistemas actualizados para *E. grandis* y *P. taeda* específicamente, se presenta una tabla-guía para la consulta de las publicaciones donde se han documentado las ecuaciones e información de base (Tabla 1).








HERRAMIENTAS EN MEJORA CONTINUA

Los simuladores son herramientas en permanente mejora y renovación. La cobertura de las diversas especies en el abanico de suelos de prioridad forestal, el efecto sobre el crecimiento de los manejos poblacionales y cortas intermedias e información de turno final para algunas especies, son aspectos que ya están siendo abordados en vista a próximas versiones de la herramienta.

En ese sentido, el *feedback* de los usuarios es muy importante no solo para conocer las dificultades de uso y mejora de las prestaciones de la herramienta, sino también para la discusión y mejora de la precisión de los resultados bajo diversas situaciones. Para ello, el correo de contacto es contactosag@inia.org.uy.

Buscando la mejora continua se incorpora la herramienta InfoPar para estimación de información faltante en una parcela de inventario, y la herramienta Multirodal de simulación de crecimiento de varias parcelas o rodales en simultáneo.

Tabla 1 - Guía para la consulta de las ecuaciones usadas en los simuladores actualizados y características principales de set de datos de ajuste.

Variable o algoritmo	Herramienta	Referencia y acceso a de las ecuaciones	
		<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Pinus taeda</i>
Volumen por hectárea	SAG y multirodal	Methol, R. 2003. SAG grandis: Sistema de apoyo a la gestión de plantaciones de <i>Eucalyptus grandis</i> . Montevideo: INIA. 42 p. (Serie Técnica; 131). Acceda AQUÍ 	Ecuación aún no publicada.
Área basal post raleo	SAG		Rachid, C., Hirigoyen, A. 2015. SAG taeda: Sistema de apoyo a la gestión de plantaciones de <i>Pinus taeda</i> . Montevideo: INIA. 22p. (Serie Técnica; 224). Acceda AQUÍ 
Distribución diamétrica	SAG		
Altura total individual	SAG e Infopar		
Ahusamiento	SAG	Rachid, C. ; Mason, E.G.; Wollons, R.C.; Resquin, F. 2014. Volume and taper equations for <i>P. taeda</i> (L) and <i>E. grandis</i> (Hill ex. Maiden). Agrociencia. 18:47-60. Acceda AQUÍ 	Acceda AQUÍ 
Volumen total individual	Infopar		
Crecimiento altura media dominante	SAG y multirodal	Rachid-Casnati C, Mason EG, Woollons RC (2019). Using soil-based and physiographic variables to improve stand growth equations in Uruguayan forest plantations. iForest 12: 237-245. - doi: 10.3832/ifer2926-012. Acceda AQUÍ 	Acceda AQUÍ 
Crecimiento área basal			
Crecimiento del desvío estándar de diámetros			
Crecimiento de diámetro máximo			
Evolución de mortalidad		Hybrid mensurational-physiological models for <i>Pinus taeda</i> and <i>Eucalyptus grandis</i> in Uruguay. (2016). University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. Pp 220. Acceda AQUÍ 	

EQUIPO DE DESARROLLO DE LA INFORMACIÓN BASE DE INIA

Para el desarrollo del acervo de información de crecimiento, manejo y genética de diversas especies en todo el país, del cual se nutren los SAG, trabaja un numeroso equipo del Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal: Fernando Resquín, Gustavo Balmelli, Roberto Scoz, Pablo Núñez, Federico Rodríguez, Wilfredo González, Marcelo Alfonso, Sebastián Inthamoussu, Santiago García, Andrés Hirigoyen y Cecilia Rachid.

AGRADECIMIENTOS

A las empresas forestales que han brindado información y *feedback* en diversos momentos de este largo camino: UPM-Forestal Oriental, GMO-Timbertec, GFP-Cambium, Montes del Plata, Grupo Forestal, Agroempresa Forestal, COFUSA

Esta herramienta de uso gratuito, ha sido certificada en 2021 por el proceso CERTECAgro, asegurando, mediante evaluadores externos, que se incorpore la perspectiva de los potenciales usuarios de los desarrollos.

y Forestal Atlántico Sur, y a los profesionales y técnicos de dichas empresas que han colaborado con su trabajo y *expertise*. También agradecemos a los numerosos pasantes y tesisistas de diversos centros educativos que han contribuido con mediciones y trabajo de campo. A Sebastián Suárez (estudiante IGAP), Filomena Pintos (estudiante IGAP) que han realizado numerosas pruebas de las versiones 2021.