

Foto: INIA

SAG TAEDA 2025: una herramienta actualizada para estimaciones a turno final

Ing. Agr. Dr. Andrés Hirigoyen¹
Ing. Agr. PhD. Cecilia Rachid-Casnati¹
Ing Agr. MSc. Fabián Varela²

¹ Sistema Forestal - INIA
² Programador en Desarrollo FV

El objetivo principal de los sistemas de apoyo a la gestión forestal (SAG) es proporcionar una herramienta para el manejo informado y eficiente de plantaciones en Uruguay. La actualización de la base de datos utilizada en los SAG es esencial para garantizar que los modelos de predicción y proyección sean relevantes y útiles para la gestión forestal sostenible. En este artículo se informa sobre las características de la base de datos utilizada para ajustar las ecuaciones que conforman el nuevo SAG taeda 2025 y la importancia de esta actualización.

SISTEMA DE APOYO A LA GESTIÓN DE P. TAEDA

SAG taeda está dirigido a productores forestales, técnicos y otros actores involucrados en la gestión de plantaciones de *Pinus taeda*. El sistema puede ser utilizado para tomar decisiones informadas sobre el manejo de las plantaciones, desde la planificación de la plantación hasta la cosecha y el aprovechamiento de

la madera. Los SAG combinan modelos matemáticos y simulaciones con datos de campo y otras fuentes de información para proyectar el crecimiento, rendimiento y otros aspectos de los bosques bajo diferentes escenarios de manejo. Se ofrece una descripción más completa de este sistema en el siguiente acceso:

Acceda **AQUÍ**



Los SAG permiten a los usuarios:

- **Simular el crecimiento:** el sistema de modelos de crecimiento incluido en SAG taeda permite a los usuarios proyectar el desarrollo de las plantaciones a lo largo del tiempo, considerando diferentes condiciones y prácticas de manejo.
- **Planificar el trozado:** el simulador de trozado ayuda a los usuarios a optimizar el aprovechamiento de la madera, determinando el momento óptimo para la cosecha y el tipo de productos que se pueden obtener.
- **Evaluar económicamente:** el sistema incluye herramientas para el análisis económico de las plantaciones, lo que permite a los usuarios evaluar la rentabilidad de diferentes escenarios de manejo.

USOS Y POTENCIALIDADES DE LOS SAG

- **Planificación forestal:** los SAG pueden colaborar en el diseño de planes de manejo a largo plazo que maximicen los beneficios del bosque. Pueden simular diferentes opciones de manejo y la aplicación de tratamientos silvícolas, para evaluar sus impactos en el crecimiento del bosque, la producción de madera, la distribución de biomásas y carbono, así como el retorno económico.

- **Toma de decisiones operativas:** los SAG también pueden ser utilizados para tomar decisiones más específicas y a corto plazo, como la programación de las talas y la selección de áreas para tratamientos silvícolas. Al simular los efectos de diferentes opciones se pueden identificar las estrategias más eficientes y rentables.

- **Optimización del aprovechamiento de la madera:** los SAG pueden ayudar a optimizar el aprovechamiento de la madera al simular diferentes escenarios de cosecha y trozado. Esto permite determinar el momento óptimo para la tala, el tipo de productos que se pueden obtener y la mejor manera de procesar la madera para maximizar su valor.

- **Monitoreo y seguimiento:** los SAG pueden emplearse para monitorear el estado del bosque y realizar un seguimiento de su evolución a lo largo del tiempo. Al comparar los resultados reales con las predicciones del modelo, se pueden identificar posibles problemas y ajustar los planes de manejo en consecuencia.

¿POR QUÉ ES NECESARIA LA ACTUALIZACIÓN?

A pesar de sus potencialidades, los SAG enfrentan algunos desafíos, como la necesidad de datos de alta calidad, la complejidad de los modelos y la incertidumbre asociada a las predicciones. Sin embargo, el avance de la tecnología y la investigación



Foto: INIA

científica están superando estos desafíos, lo que abre nuevas oportunidades para el desarrollo y la aplicación de SAG más precisos y eficientes.

La actualización de la base de datos utilizada en los SAG es fundamental para mantener la precisión y relevancia de los modelos de predicción en varias áreas:

Dinámica de los bosques: los bosques son sistemas dinámicos que evolucionan constantemente debido a factores como el crecimiento de los árboles, los cambios en las condiciones ambientales (clima, suelo, etc.), las perturbaciones naturales (incendios, plagas, enfermedades), mejora genética, y las actividades de manejo forestal. Los modelos de predicción, basados en datos históricos, pueden perder precisión si no se actualizan para reflejar estos cambios.

Los SAG pueden colaborar en el diseño de planes de manejo a largo plazo que maximicen los beneficios del bosque.

Nuevos conocimientos y tecnologías: la investigación forestal y el desarrollo de nuevas tecnologías (como sensores remotos y herramientas de análisis de datos) generan continuamente nuevos conocimientos sobre el funcionamiento de los bosques y sobre técnicas de manejo más eficientes. La actualización de la base de datos permite incorporar esta información a los modelos para mejorar su capacidad de predicción.

Cambio climático: el cambio climático está alterando las condiciones ambientales en muchas regiones del mundo, lo que puede afectar el crecimiento y la productividad de los bosques. Los modelos de predicción deben ser actualizados para tener en cuenta estos cambios y permitir adaptar estrategias de manejo.

La actualización de la base de datos es crucial por varias razones:

- **Mayor precisión:** los modelos actualizados reflejan mejor la realidad de los bosques y los nuevos conocimientos científicos, lo que resulta en predicciones más precisas sobre crecimiento, rendimiento y otros aspectos forestales.
- **Optimización del manejo:** con predicciones más precisas, los gestores pueden ajustar sus prácticas de manejo (talas, regeneración, tratamientos silvícolas) para maximizar los beneficios económicos.
- **Eficiencia en la toma de decisiones:** la información actualizada facilita la toma de decisiones al proporcionar una visión más clara del estado y la evolución de los bosques.
- **Mejora continua:** la actualización constante de la base de datos permite que los modelos de predicción mejoren su calidad y precisión con el tiempo.

ACTUALIZACIONES Y MEJORAS

SAG taeda se desarrolló inicialmente en 2014 (Rachid e Hirigoyen, 2014 [Acceda AQUÍ](#)) y durante el 2021 las ecuaciones de crecimiento se actualizaron incorporando información hasta los 16 años de edad y las herramientas Infopar y Multirodal [Acceda AQUÍ](#).

Cuadro 1 - Ubicación de las parcelas según grupos CONEAT.

Grupos	Número de parcelas
2	203
7	1.032
8	192
G	39
Otros	1.271
Total	2.737

Cuadro 2 - Descripción de las principales variables dasométricas.

	Promedio	Mín	Máx
Altura media dominante ¹ (AMD, m)	14,9	2,19	32,9
Edad (años)	9,87	2	29,5
Diámetro cuadrático medio (Dg, cm)	25,7	2,68	59,2
Área basal (AB, m ² /ha)	25,7	0,1	61,6
Población (N, árb/ha)	508	80	1400
Índice de Sitio ² (IS, m)	21,7	13,8	27,4
Altura total media (Ht, m)	14,4	2,14	32,3

¹Se calcula como la altura promedio de los 100 árboles de mayor DAP de la hectárea a la edad clave de 15 años.

²Se asume como la AMD a los 15 años.

En el período comprendido entre agosto 2023 y diciembre 2024 se incorporaron mejoras en los simuladores de ciclo completo para permitir un análisis más detallado de la información productiva por clases diamétricas y también la estimación de biomasa aérea [Acceda AQUÍ](#). Adicionalmente, se incorporaron herramientas relacionadas con el manejo silvicultural como un índice de densidad y diagramas de manejo de densidad [Acceda AQUÍ](#).

En 2025, la base de datos de información de crecimiento experimenta una actualización significativa, que incluye el ajuste de nuevas ecuaciones y la adición de datos de zonas geográficas que no estaban representadas anteriormente, específicamente los suelos pertenecientes a los grupos CONEAT 2 (Cuadro 1). Se destaca especialmente el amplio rango de edades de las plantaciones registradas y la variabilidad de sitios, registrándose un índice de sitio promedio de casi 22 m (Cuadro 2). Esta base se conforma por 2.737 parcelas con al menos dos mediciones.



Foto: INIA

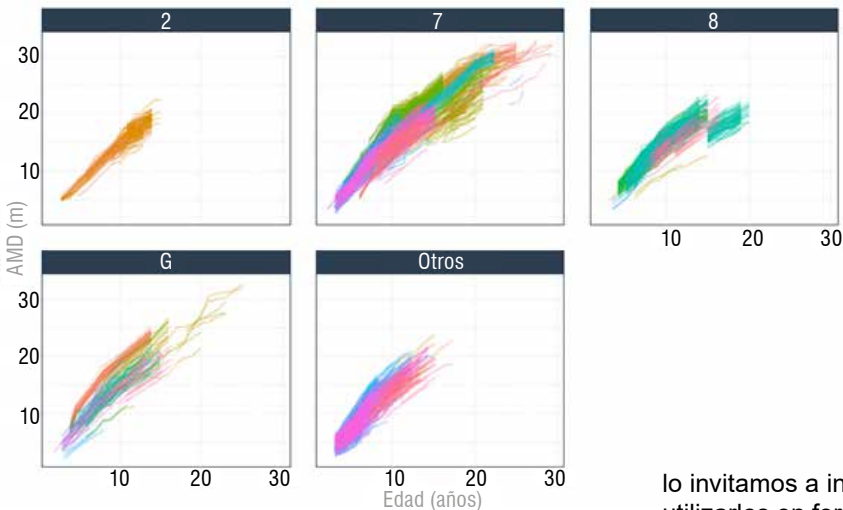


Figura 1 - Altura media dominante según grupo CONEAT.

En las figuras 1 y 2 se observan las trayectorias para la altura media dominante y el área basal respectivamente, para cada una de las parcelas incluidas en la base según grupo CONEAT. Las parcelas con rangos etarios que representan ciclos completos de rotación se concentran en los suelos de los grupos 7 y algunas parcelas en los grupos G, seguidos por parcelas en los grupos 8.

Los modelos ajustados a partir de esta nueva base de datos cubren los rangos de edades y las densidades poblacionales que se manejan para *P. taeda* en nuestro país.

DISPONIBILIDAD DE SAG TAEDA 2025

La versión actualizada del simulador SAG taeda quedará disponible a fines de marzo. En la víspera de su incorporación se enviará un correo a los usuarios para notificarles de la actualización inmediata de este simulador, quedando la versión actual (SAG taeda 2020) aún disponible en la sección "Versiones anteriores" del sitio.

Dadas las sucesivas mejoras y modificaciones de los SAG forestales de INIA, incluyendo SAG taeda, se encuentra en elaboración una nueva publicación que reúne los conceptos básicos para el uso de los simuladores, su descripción y guía de uso. Dicha publicación se complementará con fichas descriptivas de las ecuaciones que conforman los sistemas e información sobre la calidad de ajuste.

Si aún no conoce los sistemas de apoyo a la gestión forestal de INIA,

lo invitamos a ingresar aquí (www.iniaforestaluy.com) y utilizarlos en forma totalmente gratuita.

AGRADECIMIENTOS

INIA agradece especialmente a las empresas del sector privado que colaboran activamente con el desarrollo de los simuladores a través del aporte de información de crecimiento y cubicación que complementan a los ensayos de INIA, así como también con pruebas de los simuladores y retroalimentación sobre su funcionamiento.

En la versión 2025 se incorpora información de zonas geográficas que no estaban representadas hasta el momento. Además, se cubren los rangos de edades y las densidades poblacionales que se manejan para *P. taeda* en nuestro país.

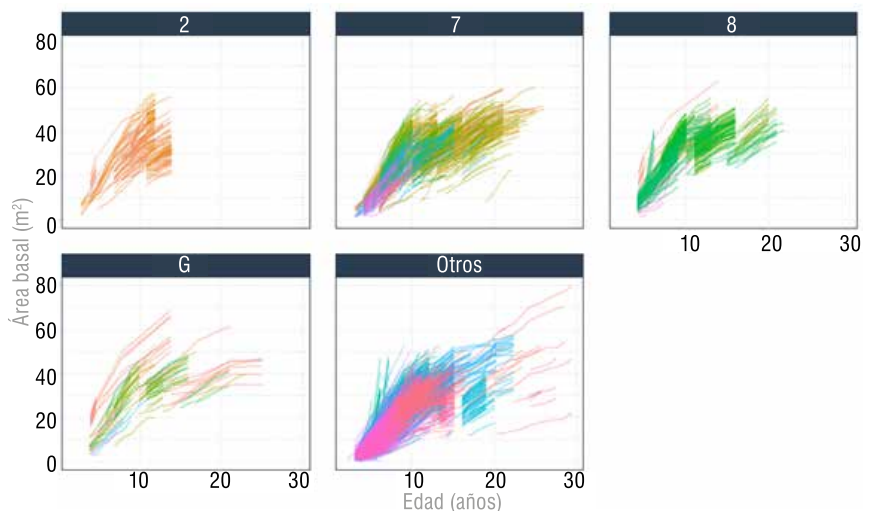


Figura 2 - Área basal por hectárea según grupos CONEAT.