



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1474

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





CUBICACIÓN FORESTAL NAVARRA 3.0: Incorporación de más modelos y simulación de crecimientos.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, F. (1), MOLINA, C. (2), GOICOECHEA, M. (3), PRIMICIA, I. (2) Y HERNANDO, S. (2)

(1) Fora Forest Technologies SLL, Campus Duques de Soria s/n, 42004 Soria.

(2) Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural. Gobierno de Navarra.

(3) Gestión Ambiental de Navarra (GAN-NIK). Padre Adoáin 219 bajo, 31015 Pamplona

Resumen

Uno de los programas de trabajo incluidos en la Agenda Forestal de Navarra (instrumento de desarrollo de la estrategia forestal navarra) persigue la mejora de las herramientas y conocimientos de Gestión Forestal Sostenible, que, a su vez, permite optimizar la movilización y venta de madera. Esta medida se abordó en el proyecto europeo iFORWOOD “Innovación en la movilización y la transformación de la madera pirenaica”, resultando en el desarrollo y publicación de la aplicación Cubica, que ha ido actualizándose y mejorándose hasta llegar a la versión actual, 3.0.

La aplicación, utilizable por el sector forestal en abierto, consta de una base de datos recopilatoria de diferentes tipos de herramientas de cubicación: coeficientes mórficos, tarifas de 1 o 2 entradas y ecuaciones de perfil de fuste. Además, Cubica permite elegir de manera sencilla la ecuación de cubicación más adecuada en función de la especie, localización y objetivos. En resumen, la aplicación posibilita: (i) la utilización de diferentes herramientas de cubicación, incluyendo las de última generación basadas en perfiles de fuste y que ofrecen la posibilidad de clasificar por productos; (ii) seguridad en los cálculos; (iii) normalización de las salidas de información; (iv) publicitar al sector herramientas de cubicación contrastadas en Navarra.

Palabras clave

Aplicación, ecuaciones de cubicación, modelización, perfil de fuste, planificación forestal.

1. Introducción

La transferencia de conocimiento ha sido uno de los pilares fundamentales en las bases del desarrollo de Cubicación Forestal Navarra (PÉREZ-RODRÍGUEZ et al. 2022). El desarrollo de esta aplicación que se inició en el 2019 ha ido mejorándose constantemente. Estas mejoras se pueden resumir en añadir nuevos tipos de ecuaciones, pero también de funcionalidades, ya que se ha priorizado facilitar la experiencia del usuario en su uso. Por ello se permite guardar proyectos para poder abrirlos posteriormente, o importar o exportar datos en formato CSV. Pero además de las mejoras dispuestas para el usuario, también se disponen mejoras



para los administradores de la aplicación, los cuales puedes gestionar la información a transferir de manera sencilla y sin necesidad de depender de desarrollos o conocimientos informáticos.

Si bien las mejoras mencionadas son importantes, en esta versión 3.0 se ha ido un paso más adelante y se han implementado todos los procesos y controladores para que el usuario pueda realizar simulaciones de crecimiento en aquellas especies de las que se dispongan de ecuaciones. Esta mejora ha supuesto varios retos en el desarrollo, como el de realizar una implementación en la misma aplicación ya desarrollada, sin dificultar su uso o hacerla compleja. En este caso, las versiones anteriores transferían ecuaciones de cubicación con diferentes tipologías y métodos, los cuales puedes verse en PÉREZ-RODRÍGUEZ et al. (2022), con inputs de, sobre todo, árbol individual (diámetro, altura, etc.), pero en esta nueva versión se implementan diagramas de manejo de la densidad y modelos dinámicos de crecimiento, cuyas entradas suelen ser variables de masa como: i) Altura dominante, ii) Área basimétrica, iii) Densidad de pies, etc. Además, cuando se trabaja con simulaciones a futuro en masas forestales, ha de tenerse en cuenta la silvicultura activa o determinación de actuaciones que afectan a la evolución de los árboles. Y aquí también aparecen varios retos, ya que la aplicación puede ser utilizada por usuarios expertos que pueden modificar los parámetros a demanda, pero también hay que tener en cuenta aquellos usuarios que necesitan ser guiados para la obtención de un resultado idóneo a lo que están buscando.

Con respecto a desarrollos similares de simuladores de crecimiento, nos encontramos FlorNEXt®, que permite hacer simulaciones de crecimiento a través de una página web (PÉREZ-RODRÍGUEZ et al. 2016), o Eucatool® (ROJO-ALBORECA et al. 2015). Además, también podemos encontrar proyectos open source como ApkFor© para generar simuladores de crecimiento para entorno Android (PÉREZ-RODRÍGUEZ et al 2017) o ForestMTIS que permite generar simuladores web (GÓMEZ-GARCÍA et al. 2018).

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo ha sido la implementación de más tipologías de ecuaciones y simulaciones de crecimiento en Cubicación Forestal Navarra para poder divulgar, transferir y facilitar el uso de las ecuaciones que actualmente posee la administración forestal de la Comunidad Foral de Navarra.

3. Metodología

Las simulaciones de crecimiento suponen estimar los crecimientos que la masa forestal tendrá en un horizonte dado. Para ello, gracias a las relaciones fundamentales podemos estimar la evolución, por ejemplo, en altura, diámetro dominante o área basimétrica, obtener la mortalidad de pies o establecer la relación del diámetro medio con el diámetro medio cuadrático necesario para parametrizar la distribución Weibull que nos dará el número de pies por clases diamétrica. Esto último posibilita la aplicación de cálculos a la hora de determinar una clara (por lo bajo, alto o sistemática), obteniendo los inputs post tratamiento

para seguir con la simulación.

Para poder facilitar los procesos de simulación se ha desarrollado una librería de masas regulares en las que se pueden hacer llamadas mediante procedimientos. Esto se hace automáticamente a través de la aplicación con las implementaciones ya desarrolladas, en la que el usuario puede fácilmente introducir los inputs, y la aplicación hace la llamada a la librería para ejecutar todos los procedimientos y devolver los resultados tabulares y gráficos.

4. Resultados

El acceso a esta versión 3.0 se hace a través de la URL: <https://administracionelectronica.navarra.es/CubicacionMadera/>, donde está alojada. Al igual que en versiones anteriores, la aplicación se adapta completamente al tipo de ecuación que el usuario elige. Así pues, si la especie elegida tiene diagramas de manejo de la densidad añadidos por el administrador en la base de datos, éstos podrán ser elegidos en el panel de ecuaciones (Figura 1). Si alguno de ellos es elegido, en el panel de inputs se le pedirán al usuario los datos necesarios para poder realizar estas simulaciones, que, por lo general son: i) altura o diámetro dominante, ii) densidad, iii) área basimétrica, vi) edad de la masa. En caso de que no se tenga la edad, se puede añadir el Índice de Sitio, en cuyo caso, la edad será calculada antes de iniciar la simulación.

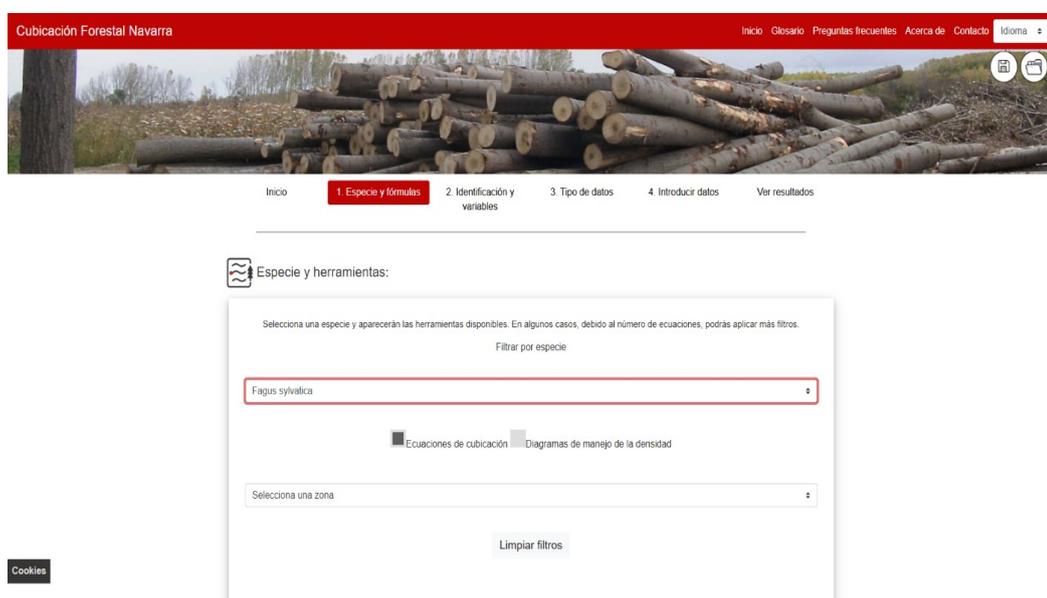
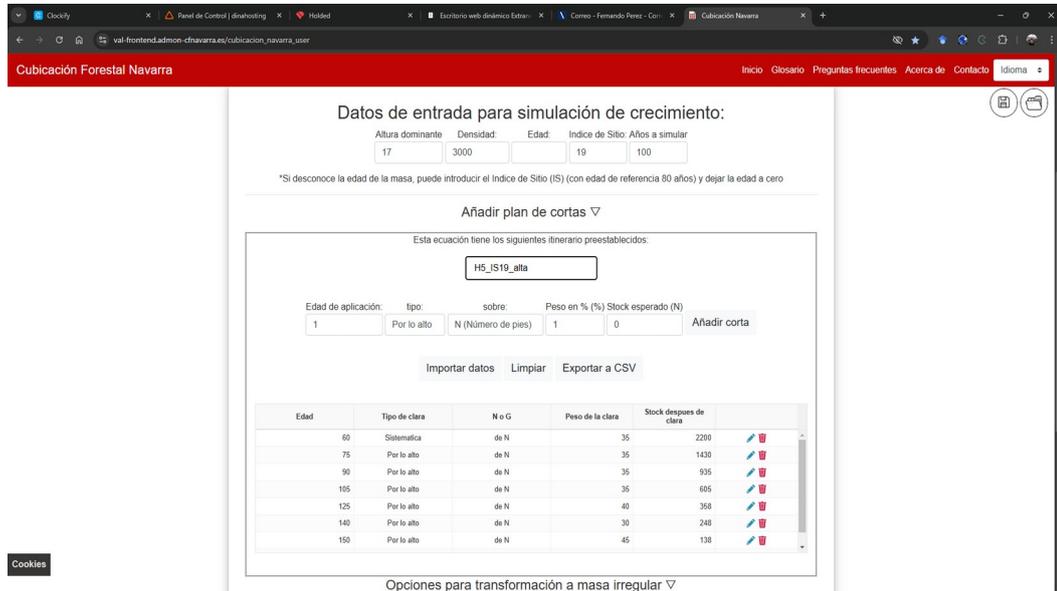


Figura 1. En este pantallazo de la aplicación se muestra que al elegir una especie que posee ecuaciones de simulación de crecimiento, se habilita el checkbox “Diagrama de manejo de la densidad”, que permitirá acceder a ellas.

Por otra parte, se habilita la posibilidad de añadir itinerarios selvícolas. En este caso, el usuario tiene total libertad para poner el itinerario que desee; sin embargo, también podrá seleccionar aquéllo que los administradores establezcan para cada una de las ecuaciones. En estos itinerarios se establece la edad en la que se va a

realizar el tratamiento, que puede ser clara por lo bajo, sistemática o por lo alto, además del peso de ésta, en base a la densidad o área basimétrica (porcentaje de árboles o área basimétrica a extraer). Además, se puede establecer un número de pies mínimo objetivo, con el fin de limitar pesos excesivos en las cortas. Un ejemplo de estos itinerarios se puede observar en la Figura 2.



Datos de entrada para simulación de crecimiento:

Altura dominante: 17 Densidad: 3000 Edad: 19 Índice de Sitio: Años a simular: 100

*Si desconoce la edad de la masa, puede introducir el Índice de Sitio (IS) (con edad de referencia 80 años) y dejar la edad a cero

Añadir plan de cortas ▾

Esta ecuación tiene los siguientes itinerario preestablecidos:

H5_IS19_alta

Edad de aplicación: 1 tipo: Por lo alto sobre: N (Número de pies) Peso en % (Stock esperado (N)): 1 Añadir corta

Importar datos Limpiar Exportar a CSV

Edad	Tipo de clara	N o G	Peso de la clara	Stock después de clara
60	Sistemática	de N	35	2200
75	Por lo alto	de N	35	1430
90	Por lo alto	de N	35	935
105	Por lo alto	de N	35	605
125	Por lo alto	de N	40	358
140	Por lo alto	de N	30	248
150	Por lo alto	de N	45	138

Opciones para transformación a masa irregular ▾

Figura 2. En este pantallazo se muestra que, al elegir una ecuación de simulación de crecimientos, los formularios se adaptan a los inputs necesarios. En este caso el usuario también podrá seleccionar/modificar o crear un itinerario de cortas.

Una vez introducidos los inputs necesarios y después de hacer clic en el botón de simular, la aplicación ejecutará todos los procedimientos con las opciones seleccionadas, mostrando los resultados de manera tabular y gráfica como se muestra en la Figura 3. Estos resultados se pueden descargar en formato PDF con las secciones que se tengan seleccionadas, en formato imagen, en el caso de los gráficos o en formato CSV, en el caso de las tablas.



Figura 3. Como resultado de una simulación, se obtienen tablas y gráficas que muestran la evolución de la masa o los resultados de los tratamientos aplicados.

4. Discusión

La implementación de simulaciones de crecimiento en Cubicación Forestal Navarra supone dar un paso más en la transferencia del conocimiento generado directamente al usuario que lo necesita. Además, en esta transferencia se han tenido en cuenta las dos partes implicadas: i) la administración, que es la poseedora de las ecuaciones y que las puede administrar fácilmente desde el despliegue de gestión, y ii) el usuario que necesita utilizar esas ecuaciones. A diferencia de otras aplicaciones, como por ejemplo FlorNExT® (PÉREZ-RODRÍGUEZ et al, 2016) o Eucatool (ROJO-ALBORECA et al, 2015), los administradores de la aplicación pueden añadir/editar/eliminar ecuaciones, ya que Cubicación Forestal Navarra se comporta como un repositorio y se han programado muchos tipos diferentes de ecuaciones

Este tipo de aplicaciones sirve para facilitar el uso de metodologías complejas, como puede ser la de desagregación por destinos en el uso de ecuaciones de perfil, o en las simulaciones de crecimiento, donde es necesario parametrizar distribuciones Weibull, entre otras. En ambos casos, las metodologías están totalmente automatizadas y pueden ser utilizadas por cualquier tipo de usuario.

6. Conclusiones

Transferir el conocimiento a través de aplicaciones web como Cubicación Forestal Navarra permite facilitar el uso de metodologías y ecuaciones complejas y hacerlas accesibles a todo tipo de usuarios.

Con la implementación en esta versión 3.0 de las ecuaciones de simulación de crecimiento, se incrementan notablemente las capacidades de la aplicación.



7. Agradecimientos

El aplicativo se enmarca en el proyecto europeo IEFA 092/15 iFORWOOD “Innovación en la movilización y la transformación de la madera pirenaica” que tiene entre sus objetivos el desarrollo de nuevos instrumentos para el conocimiento de los recursos forestales y mejorar la movilización y la venta de madera

8. Bibliografía

GÓMEZ-GARCÍA, E.; AZEVEDO, J. C.; PÉREZ-RODRÍGUEZ, F.; 2018. A compiled project and open-source code to generate web-based forest modelling simulators. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 1-5.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, F.; AZEVEDO, J.; MENENDEZ-MIGUÉLEZ, M.; 2017. ApkFor©, an Android Open-Source Project for research and technology transfer in forest management: Resource communication. *Forest systems*, 26(3), 8.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, F.; NUNES, L.; SIL, Â.; AZEVEDO, J.; 2016. FlorNExT®, a cloud computing application to estimate growth and yield of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) stands in Northeastern Portugal. *Forest Systems*, 25(2).

PÉREZ-RODRÍGUEZ, F.; MOLINA TERRÉN, C.; GOICOECHEA BARRIOS, M.; HERNÁNDEZ GUILLORME, D.; ALONSO PONCE, R.; LIZARRALDE, I.; RODRÍGUEZ PUERTA, F.; 2022. Cubicación Forestal Navarra: aplicación en la nube para facilitar la transferencia y uso de ecuaciones de cubicación forestal. 8º Congreso Forestal Español, Lleida, España.

ROJO-ALBORECA, A.; GARCÍA-VILLABRILLE, J. D.; PÉREZ-RODRÍGUEZ, F.; 2015. EucaTool®, a cloud computing application for estimating the growth and production of *Eucalyptus globulus* Labill. plantations in Galicia (NW Spain). *Forest Systems*, 24(3).