

Nota Técnica

---

## EucaTool®: aplicación web para estimar el crecimiento y la producción de plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill. en Galicia

Rojo-Alboreca A.<sup>1,\*</sup>, García-Villabrille J.D.<sup>1</sup>, Pérez-Rodríguez F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Unidade de Xestión Forestal Sostible, Departamento de Enxeñaría Agroforestal, Escola Politécnica Superior, Universidade de Santiago de Compostela, C/ Benigno Ledo s/n, Campus Universitario, 27002 Lugo*

<sup>2</sup> *Centro de Investigación de Montanha (CIMO). Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança (Portugal).*

\*Autor para correspondencia: [alberto.rojo@usc.es](mailto:alberto.rojo@usc.es)

---

### Resumen

**EucaTool**® es una aplicación gratuita de software “en la nube” que ha sido desarrollada para estimar el crecimiento y la producción de plantaciones de brinzales y clonales de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) de primer turno en Galicia. La aplicación se ha diseñado para poner a disposición de propietarios, empresas y gestores forestales la posibilidad de calcular de forma muy sencilla el volumen y la biomasa de dichas plantaciones a partir de datos de árboles individuales o de datos de rodal, así como una estimación de su crecimiento y producción futura (indicando la edad óptima de corta por máxima renta en especie) a partir de la medición de solamente cuatro variables medias del rodal: edad, número de árboles por hectárea, altura dominante y área basimétrica. **EucaTool**® implementa un modelo dinámico de crecimiento y producción válido para plantaciones clonales y no clonales de primer turno de la especie en la región y que integra diferentes módulos o funciones de transición para la altura dominante (curvas de calidad de la estación), número de pies por hectárea (función de mortalidad) y área basimétrica, junto con ecuaciones o tarifas de cubicación y de biomasa. Puede accederse a **EucaTool**® desde cualquier dispositivo con conexión a internet desde la dirección: <http://app.eucatool.com> Además, toda la información relativa al uso de la aplicación está publicada en una web ligada al aplicativo: <http://www.eucatool.com>

**Palabras clave:** biomasa, brinzal, clones, eucalipto azul

---

## 1. Introducción

La adecuada simulación del crecimiento y la producción de los rodales forestales en función de diferentes escenarios (tratamientos selvícolas), junto con una adecuada estimación de los diferentes productos o servicios que pueden generar (volumen, biomasa, contenido de carbono, etc.), permite a los gestores forestales tomar decisiones correctas para aplicar acciones dirigidas a la sostenibilidad de sus montes. Para ello resulta fundamental contar con modelos forestales de crecimiento y producción que, además, deben ser sencillos de utilizar.

En España se han desarrollado en las últimas décadas diferentes modelos forestales de crecimiento y producción, recopilados en Bravo *et al.* (2011). Dichos modelos normalmente incluyen una serie de complejas ecuaciones y las correspondientes relaciones entre las mismas, por lo que no resultan fáciles de utilizar en la práctica. Además, muy pocos de esos modelos están implementados en programas informáticos que permitan a los usuarios finales utilizarlos de forma sencilla, siendo algunas de las excepciones más notables el simulador GesMO<sup>®</sup> (Diéguez-Aranda *et al.*, 2009) y la plataforma web SIMANFOR (Bravo *et al.*, 2012).

Por otra parte, el eucalipto azul (*Eucalyptus globulus* Labill.) es una de las especies forestales más importantes de España en términos de producción, calculándose que anualmente se cortan entre 3,5 y 4 millones de m<sup>3</sup> con corteza solamente en Galicia (CONFEMADERA, 2013). Esto significa que las plantaciones gallegas de *E. globulus* suponen casi el 38% del volumen total (de todas las especies forestales) aprovechado anualmente en España (MAGRAMA, 2012). Además, esta especie es la principal fuente de fibra corta de celulosa (la de mayor calidad) en la Unión Europea, siendo España y Portugal los principales productores de BEKP (*bleached eucalypt kraft pulp*).

Recientemente se ha elaborado un modelo dinámico de crecimiento y producción para las plantaciones de brinzales y clonales de *Eucalyptus globulus* de primer turno en Galicia (García-Villabrille, 2015). Este modelo, que incluye como novedad su validez para los nuevos materiales de reproducción clonales, sustituye a los anteriores modelos existentes para la especie en España, que se consideran limitados y previos a la problemática sanitaria actual de la especie, además de que no están disponibles en ningún simulador informático. Para facilitar su uso por los potenciales usuarios (propietarios, empresas, administración, científicos, docentes, estudiantes, etc.), este nuevo modelo de crecimiento y producción para *E. globulus* ha sido implementado en una aplicación web (“en la nube”) gratuita y sencilla de utilizar denominada **EucaTool**<sup>®</sup>, a la que se puede acceder desde

<http://app.eucatool.com>

El objetivo de este trabajo es presentar las utilidades del software y explicar cómo utilizar **EucaTool**<sup>®</sup>.

## 2. Características de EucaTool®

### 2.1 Características técnicas

**EucaTool®** es una aplicación gratuita de software “en la nube” que ha sido desarrollada para estimar el crecimiento y la producción de plantaciones clonales y no clonales de primer turno de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) en Galicia.

La aplicación implementa un modelo dinámico de crecimiento y producción, que se puede clasificar como de rodal, dinámico, determinístico y empírico, elaborado a partir de tres mediciones de una red de 128 parcelas repartidas por toda el área de distribución de la especie en Galicia, así como del análisis de 87 árboles tipo (García-Villabrille, 2015). El modelo integra diferentes módulos o funciones de transición para la altura dominante (curvas de calidad de la estación), número de pies por hectárea (función de mortalidad) y área basimétrica, junto con funciones o ecuaciones de salida (tarifas de cubicación y de biomasa). Todas las ecuaciones del modelo fueron ajustadas mediante el software R (R Core Team, 2014).

**EucaTool®** ha sido programado en Visual Studio Web 2012 Express, utilizando la tecnología MVC, así como los lenguajes C# y XML (para modelos, controladores y configuración) y Razor, HTML, Javascript y CSS (para las visualizaciones). El idioma de la aplicación es el español.

### 2.2 Instalación y requerimientos

**EucaTool®** es un aplicativo desarrollado en la nube, esto es, de acceso mediante cualquier dispositivo con conexión a internet (ordenadores fijos, portátiles, teléfonos móviles, smartphones, tablets, etc.) a un servidor, por lo que no es necesaria ninguna instalación específica. Puede accederse de forma gratuita al mismo desde: <http://app.eucatool.com>

El acceso ha de ser realizado mediante un navegador, de los cuales hay compatibilidad con los más importantes (Chrome, Firefox, Opera, Safari), pero puede haber ciertas incompatibilidades con Internet Explorer.

**EucaTool®** ha sido desarrollado en colaboración con la compañía VSonCloud S.L.

### 2.3 Condiciones de uso

Este aplicativo ha sido desarrollado para estimar el crecimiento y la producción de rodales regulares de plantaciones clonales y no clonales de primera rotación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) en Galicia, con edades entre 3 y 21 años, alturas dominantes de hasta 40 m y diámetros hasta 70 cm (rango de los datos utilizados para elaborar el modelo dinámico que implementa).

Este aplicativo se presenta "tal cual", sin ningún tipo de garantía, explícita o implícita. Además, está sujeto a los cambios o traducciones a otros idiomas que puedan realizar los autores que lo han desarrollado, sin notificación previa.

Los autores no se responsabilizan de la incorrecta utilización, interpretación y uso de los resultados obtenidos por **EucaTool**<sup>®</sup>.

### 3. Utilización de **EucaTool**<sup>®</sup>

#### 3.1 Menú principal

Toda la información relativa al uso de la aplicación está publicada en una web ligada al aplicativo (<http://www.eucatool.com>), desde la cual se puede descargar el “Manual de uso de **EucaTool**<sup>®</sup> 1.0”.

Una vez que el usuario accede a **EucaTool**<sup>®</sup> aparece el "Menú principal" con las siguientes opciones (*Figura 1*):

- Cálculos mediante datos individuales de árboles: que a su vez se divide en:
  - Datos de árboles: botón de acceso al formulario para introducir o importar datos de pies individuales.
  - Datos de clases diamétricas: botón de acceso al formulario para introducir los datos de árboles agrupados en clases diamétricas.
- Cálculos mediante datos medios de rodales.

#### 3.2. Cálculos mediante datos de árboles

**EucaTool**<sup>®</sup> incluye tres opciones para realizar estimaciones de volumen y biomasa utilizando datos de árboles:

- a) Introducir datos de árboles individuales pie a pie (seleccionando la casilla de verificación “Introducir datos pie a pie” dentro de “Datos de árboles”). En este caso se requiere información del diámetro normal (cm) y de la altura total (m) de cada árbol individual.
- b) Importar datos de árboles individuales (seleccionando la casilla de verificación “Importar datos” dentro de “Datos de árboles”). En este caso se despliega el panel de importación, compuesto por un cuadro de introducción de texto, donde el usuario puede arrastrar o pegar los datos (en formato ASCII y separados por tabulaciones). Seguidamente se ha de seleccionar la tipología de datos que se han importado: diámetros (cm) y alturas (m) de todos los pies; diámetros y solamente algunas alturas; o únicamente diámetros. En los casos en los que los datos estén incompletos (no se especifican todas las alturas), es necesario añadir dos variables más: altura dominante (m) y diámetro dominante (cm) del rodal de origen de los datos, para que el programa pueda estimar las alturas no introducidas (mediante una relación h-d generalizada).
- c) Introducir datos de clases diamétricas (activando la casilla “Datos de clases diamétricas”). En este caso se requiere información del diámetro normal medio (cm), de la altura total media (m) y del número de pies/ha de cada una de las clases diamétricas.

Figura 1. “Menú principal” de EucaTool®.

Una vez que el usuario completa la información requerida en cualquiera de los tres casos, los datos introducidos o importados se van incluyendo en la lista de árboles o de clases diamétricas, en la que aparecen dichos datos de partida y también las siguientes variables de volumen y biomasa calculadas por el programa, cuyo significado concreto puede igualmente conocerse colocando el ratón encima de cada una de ellas:

- vcc: volumen con corteza ( $m^3$ )
- vsc: volumen sin corteza ( $m^3$ )
- wl: biomasa de hojas (kg)
- wt: biomasa de ramillos (kg)
- wbr: biomasa de ramas (kg)
- ww: biomasa de madera (kg)
- wb: biomasa de corteza (kg)

Además, se van sumando los volúmenes ( $m^3$ ) y los pesos secos de fustes y total (kg), de árboles o clases diamétricas según el caso, en la fila resumen (de color verde), como se muestra en la Figura 2. Es posible limpiar el listado de manera total (pulsando el botón “Limpiar Formulario”, o de manera parcial, seleccionando los pies o las clases diamétricas que se desean eliminar y pulsando posteriormente el botón “Borrar seleccionados”).

**Cubicación por pies de eucalipto**

Introducir datos pie a pie  Importar datos

Volumen total (m <sup>3</sup> )		Peso seco de fustes (kg)					Peso seco total (kg)				
1,18		539,787					724,908				
Sel	Id	d	h	vcc	vsc	wl	wt	wbr	ww	wb	
<input type="checkbox"/>	1	15,2	17,3	0,132	0,111	3,899	1,697	6,985	60,054	7,524	
<input type="checkbox"/>	2	13,3	15,4	0,089	0,075	3,253	1,411	5,4	40,855	5,409	
<input type="checkbox"/>	3	16,1	17,855	0,152	0,129	4,215	1,837	7,805	69,278	8,594	
<input type="checkbox"/>	4	12,4	16,2	0,082	0,069	2,958	1,281	4,717	38,353	4,809	
<input type="checkbox"/>	5	12,7	15,2	0,08	0,067	3,056	1,324	4,94	36,989	4,891	
<input type="checkbox"/>	6	14,8	17,232	0,124	0,105	3,761	1,635	6,635	56,958	7,112	
<input type="checkbox"/>	7	17,2	18,319	0,178	0,151	4,611	2,012	8,865	80,566	9,959	
<input type="checkbox"/>	8	14,0	16,3	0,105	0,088	3,488	1,515	5,961	48,09	6,177	
<input type="checkbox"/>	9	16,3	18,1	0,158	0,134	4,287	1,868	7,993	72,047	8,873	
<input type="checkbox"/>	10	12,8	14,9	0,08	0,067	3,089	1,339	5,015	36,597	4,921	

Proyecto: AGL2010-22308-CO2-01. Modelización del crecimiento y la producción de plantaciones clonales y de brinzales de *Eucalyptus globulus* Labill. del INO de España.

Unidad de Xestión Forestal Sostible (UXFS). Escola Politécnica Superior (Universidade de Santiago de Compostela). Campus universitario s/n. 27002 Lugo (España). Grupo de Referencia Competitiva del SUG 2008-2009, 2011-2013 y 2014-2017. Ayuda concedida por la Consellería de Cultura, Educación e O.U. (Xunta de Galicia) y cofinanciada con fondos FEDER.

XUNTA DE GALICIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN E INNOVACIÓN.

© 2015 Unidade de Xestión Forestal Sostible. Desenvolvido por VScanCloud SL.

**Figura 2.** Ejemplo de una lista de datos de árboles generados por EucaTool® mostrando las estimaciones de variables de árboles importados (las alturas de los árboles 3, 6 y 7 han sido estimados a partir de la altura y el diámetro dominante del rodal).

### 3.3. Cálculos mediante datos de rodal

Cuando se selecciona en el “Menú principal” la opción “Datos de rodal” se abre el formulario “Añadir variables” del rodal, en el que es necesario incluir la siguiente información:

- Edad (años): edad del rodal en el momento de la medición.
- Pies por hectárea: densidad del rodal en el momento actual.
- Altura dominante (m): altura media de los 100 árboles más gruesos por hectárea del rodal.
- Área basimétrica (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>): sumatorio de las secciones normales de todos los árboles por hectárea. Este dato puede ser simulado pulsando en el botón calculadora que está anexo al campo, aunque en ese caso se pueden cometer mayores errores (y el programa pide una confirmación de utilización de ese dato simulado), por lo que es preferible utilizar un dato medido en campo.
- Superficie (ha): tamaño del rodal.



Una vez que se han introducido los datos del rodal en el formulario y se pulsa el botón “Añadir” se procede a la simulación del crecimiento y la producción del rodal, indicando en una tabla el valor de las siguientes variables, año por año y hasta el año 21 (por restricción de los datos experimentales utilizados para ajustar las ecuaciones utilizadas), como se muestra en la *Figura 3*:

- t: edad (años).
- N: número de árboles (pies) por hectárea.
- G: área basimétrica ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ).
- $H_0$ : altura dominante (m).
- VCC: volumen con corteza ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ).
- VSC: volumen sin corteza ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ).
- CM: crecimiento medio anual en volumen con corteza ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ ).
- CC: crecimiento corriente anual en volumen con corteza ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ ).
- B. Hojas: biomasa en peso seco de hojas ( $\text{t ha}^{-1}$ ).
- B. Comb.: biomasa de combustibles o leñas: peso seco de ramas finas + ramas gruesas + ramillos + corteza ( $\text{t ha}^{-1}$ ).
- B. Madera: peso seco de madera en el fuste ( $\text{t ha}^{-1}$ ).
- C. Total: carbono total ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

El significado de las diferentes variables de la tabla también se puede consultar colocando el ratón sobre cada una de ellas.

Encima de la tabla se incluye una clasificación de la calidad de estación del rodal de forma cualitativa (baja, medio-baja, media, media-alta o alta) y cuantitativa (indicando el valor de la altura dominante a la edad de referencia de 7 años).

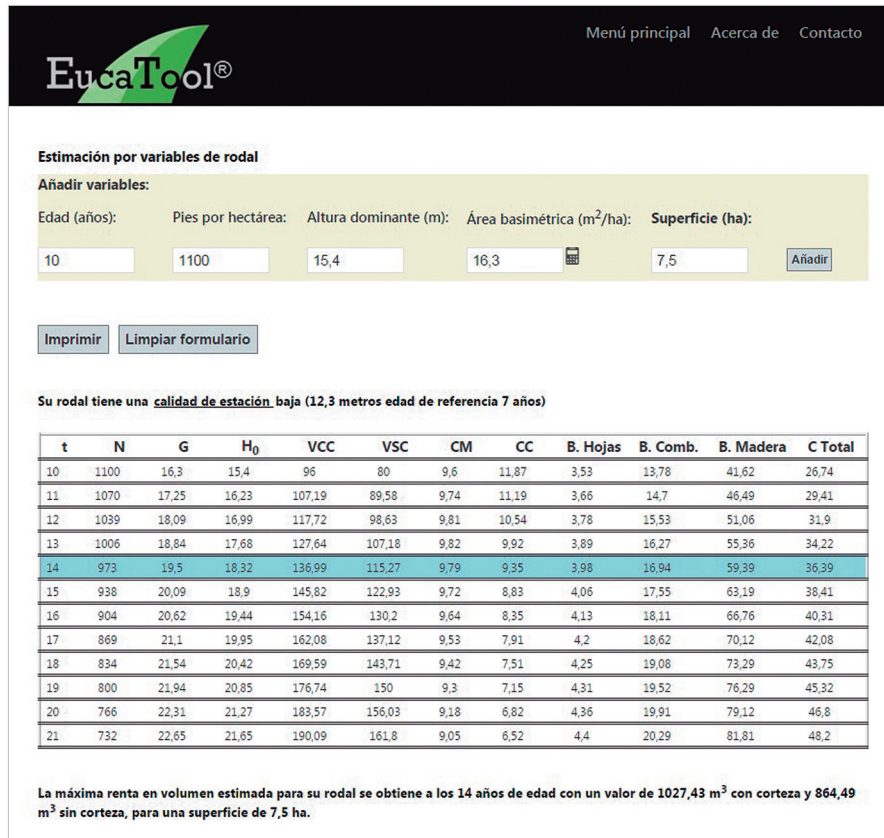
Además, en color azul se indica la fila correspondiente a la edad a la que se produce el turno de máxima renta en especie (para volumen con corteza), que también se especifica debajo de la tabla junto con el volumen con y sin corteza ( $\text{m}^3$ ) a esa edad para la superficie correspondiente.

Finalmente, pulsando el botón “Imprimir” se genera un informe de la simulación realizada y se expone en vista preliminar para ser impreso. Con el informe también se genera un código QR para poder acceder a la simulación digital desde cualquier lector QR.

#### 4. Agradecimientos

Este aplicativo se ha realizado dentro del Proyecto de investigación "Modelización del crecimiento y la producción de plantaciones clonales y de brinzales de *Eucalyptus globulus* Labill. del NO de España" (código AGL2010-22308-C02-01), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España y por la Unión Europea mediante el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (programa FEDER) para el periodo 2011-2013.

Los autores también quieren agradecer a la empresa ENCE, Energía & Celulosa, su financiación para ampliar el mencionado proyecto en 2014.



**Figura 3.** Ejemplo de una tabla de resultados de EucaTool® mostrando la simulación de un rodal.

Además, los autores quieren igualmente agradecer a las empresas ENCE, Energía & Celulosa, Grupo Villapol S.A. y ASEFOR Ingeniería Forestal, a la "Asociación de Productores de Madeira de Cerdido" (PROMACER), a la "Federación de Asociaciones de Productores de Madeira de Galiza" (PROMAGAL), a la "Comunidade de Montes de Xinzo de Pontareas" y a propietarios privados de Lugo su colaboración por facilitar la instalación de parcelas en los terrenos que poseen o gestionan y por permitir la corta de árboles tipo para la realización del proyecto.

La "Unidade de Xestión Forestal Sostible" (UXFS) está financiada por la Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia mediante el "Programa de Consolidación e Estructuración de Unidades de Investigación Competitivas, modalidade de Grupos de Referencia Competitiva", para el período 2014-2015.

## 6. Bibliografía

Bravo F., Álvarez-González J.G., del Río M., Barrio M., Bonet J.A., Bravo-Oviedo A., Calama R., Castedo-Dorado F., Crecente-Campo F., Condés S., Diéguez-Aranda U.,



- González-Martínez S.C., Lizarralde I., Nanos N., Madrigal A., Martínez-Millán F.J., Montero G., Ordóñez C., Palahí M., Piqué M., Rodríguez F., Rodríguez-Soalleiro R., Rojo-Alboreca A., Ruiz-Peinado R., Sánchez-González M., Trasobares A., Vázquez-Piqué J. 2011. Growth and yield models in Spain: Historical overview, contemporary examples and perspectives. *Forest Systems* 20(2), 315-328.
- Bravo F., Rodríguez F., Ordóñez C. 2012. A web-based application to simulate alternatives for sustainable forest management: SIMANFOR. *Forest Systems* 21(1), 4-8.
- CONFEMADERA. 2013. Resultados Industria de la Madera de Galicia 2012, 2011, 2010. <http://confemaderagalicia.es/> Consultado el 25 marzo 2015.
- Diéguez-Aranda U., Rojo-Alboreca A., Castedo-Dorado F., Álvarez-González J.G., Barrio-Anta M., Crecente-Campo F., González-González J.M., Pérez-Cruzado C., Rodríguez-Soalleiro R., López-Sánchez C.A., Balboa-Murias M.A., Gorgoso-Varela J.J., Sánchez-Rodríguez F. 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia. 268 pp + CD-Rom.
- García-Villabrille J.D. 2015. Modelización del crecimiento y la producción de plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill. en el NO de España. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 2012. Avance del Anuario estadística Forestal. Madrid. [http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/forestal\\_anuarios\\_todos.aspx/](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/forestal_anuarios_todos.aspx/) Consultado el 25 marzo 2015.
- R Core Team. 2014. R, A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/> Consultado el 25 marzo 2015.

