

# Manual de usuario



**GesMO** © USC 2008

Simulador de crecimiento y  
producción de rodales  
forestales



Unidade de Xestión Forestal Sostible (UXFS)

Escola Politécnica Superior

<http://www.usc.es/uxfs>

**Versión 2.1**

**Octubre de 2012**



**GesMO®**

**Versión 2.1**



**Unidade de Xestión Forestal Sostible (UXFS)**

<http://www.usc.es/uxfs>

Escola Politécnica Superior de Lugo  
Universidade de Santiago de Compostela

José Mario González González  
Fernando Castedo-Dorado  
Ulises Diéguez-Aranda  
Alberto Rojo Alboreca  
Juan Gabriel Álvarez González

© 2008 Universidade de Santiago de Compostela  
Reservados todos los derechos



# Índice

1. Qué es GesMO® .....	1
2. Instalación del programa. Requerimientos del sistema.....	2
3. Ejecución del programa y entrada de datos.....	4
4. Simulaciones .....	8
5. Cortas: claras, corta final y esquemas selvícolas predefinidos .....	10
5.1. Claras .....	11
5.2. Corta final .....	12
5.3. Esquemas selvícolas predefinidos .....	13
6. Clasificación de productos .....	15
7. Cálculo del VAN y la TIR .....	17
8. Desagregación.....	24
9. Informes y gráficas.....	28
10. Bibliografía .....	31
Anexo I: Modelos implementados y limitaciones a su uso .....	32
Anexo II: Metodología de simulación del efecto de las claras en la distribución diamétrica.....	35
Bibliografía .....	36
Anexo III: Evaluación económica: VAN y TIR.....	37
El interés .....	37
Criterios de evaluación de proyectos .....	39
Bibliografía .....	40



# 1. Qué es GesMO®

GesMO® (acrónimo de “Gestión por Modelos”) es un simulador de crecimiento y producción que permite estimar el crecimiento de las variables de un rodal forestal (p. ej., altura dominante, área basimétrica, volumen, biomasa o carbono acumulado) a lo largo de su vida, considerando distintas opciones de tratamientos selvícolas. Para ello, GesMO® integra las funciones ajustadas en distintos modelos de crecimiento siguiendo un esquema lógico de planificación de actuaciones selvícolas. Además, permite realizar la desagregación de la producción del rodal por clases diamétricas y clasificar por destinos comerciales los productos que se pueden obtener, así como evaluar económicamente la opción selvícola elegida mediante el cálculo del VAN y la TIR.

La actual versión 2.1 de GesMO® incluye los modelos de crecimiento elaborados en el seno del grupo de investigación *Unidade de Xestión Forestal Sostible* (UXFS), de la Universidad de Santiago de Compostela, para rodales regulares de Galicia de las especies *Betula alba*, *Pinus pinaster* (regiones costera e interior), *Pinus radiata*, *Pinus sylvestris* y *Quercus robur*. Además, el programa se ha concebido como una plataforma estándar en la que se podrán implementar en el futuro nuevos modelos de crecimiento de rodal que se vayan elaborando para las especies forestales que interesen.

En los siguientes apartados se describen las funcionalidades de este simulador y cómo utilizarlas. Se quiere hacer hincapié en que antes de realizar proyecciones en un rodal de una determinada especie es recomendable leer atentamente las restricciones de aplicación del modelo concreto a utilizar, cuya referencia se incluye en el Anexo I de este manual, en la que se puede encontrar también información sobre su estructura.

GesMO® se ha implementado mediante la biblioteca de clases **.NET Framework** de Microsoft®. Para el diseño de los componentes software de este proyecto se ha seguido una metodología orientada a objetos, lo que permite una alta reutilización de todos los ensamblados generados.

Este software se presenta “TAL CUAL”, sin ningún tipo de garantía, explícita o implícita. Además, está sujeto a los cambios que puedan realizar los autores que lo han desarrollado sin notificación previa.

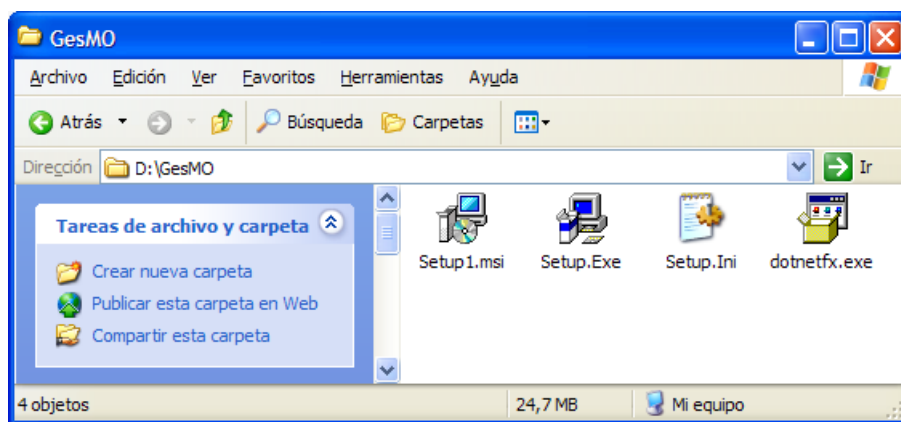
## 2. Instalación del programa. Requerimientos del sistema

El programa puede instalarse sobre los sistemas operativos Windows ME, Windows NT 4, Windows 2000, Windows XP, Windows Vista y Windows 7. El hardware requerido es el siguiente:

- ✓ PC con procesador a 300 MHz (recomendable 500 MHz).
- ✓ 64 MB de memoria RAM (recomendable 128 MB).
- ✓ 100 MB de espacio libre en disco duro.
- ✓ Monitor de color (256 colores) y resolución mínima de 800x600 píxeles.

La versión 2.1 de GesMO® puede descargarse gratuitamente de la página Web del grupo de investigación *Unidade de Xestión Forestal Sostible* (UXFS) de la Universidad de Santiago de Compostela (<http://www.usc.es/uxfs>).

Para la instalación del programa es necesario acceder a la unidad de CD-ROM (o a la carpeta donde se hayan extraído los archivos descargados de Internet) y explorar su contenido (figura 1).



**Figura 1.** Contenido de la carpeta del CD-ROM que incluye los archivos de instalación de GesMO® 2.1 o de la carpeta en la que se hayan extraído los mismos al descargarlos de Internet.

A continuación se debe ejecutar el archivo **Setup.exe**, que instalará GesMO® 2.1 siguiendo las instrucciones pertinentes del asistente (figura 2). Por defecto, el programa se instalará en la carpeta "C:\Archivos de programa\UXFS\GesMO".



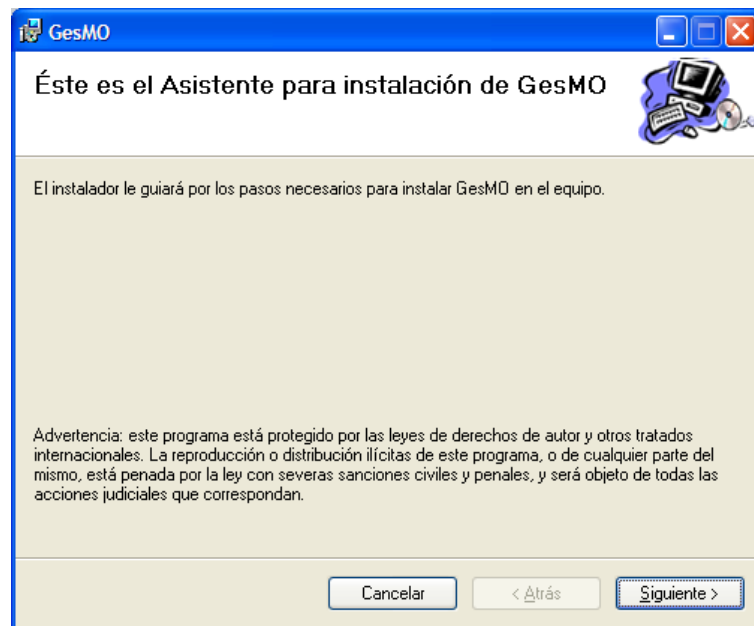


Figura 2. Asistente para la instalación de GesMO® 2.1.

GesMO® 2.1 requiere que se haya instalado previamente en el equipo la versión 1.1 de la biblioteca de clases de Microsoft® **.NET Framework** (incluso aunque se disponga de una versión posterior); en caso contrario aparecerá un cuadro de diálogo advirtiéndole de esta necesidad (figura 3). Si sucede esto último y se hace clic en el botón **Sí**, el programa buscará dicha biblioteca de clases en Internet; no obstante, se recomienda hacer clic en el botón **No** e instalar la versión 1.1 de la biblioteca de clases de Microsoft® **.NET Framework** mediante el archivo ejecutable **dotnetfx.exe**, que se suministra junto con los restantes archivos de instalación de GesMO® 2.1 y que se encuentra ubicado en la misma carpeta que éstos (figura 1). Una vez instalada en el equipo la versión adecuada de la biblioteca de clases de Microsoft® **.NET Framework** será necesario ejecutar de nuevo el programa de instalación de GesMO® 2.1 haciendo clic en el archivo **Setup.exe**.

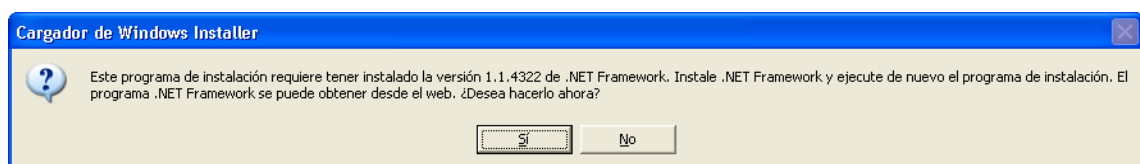
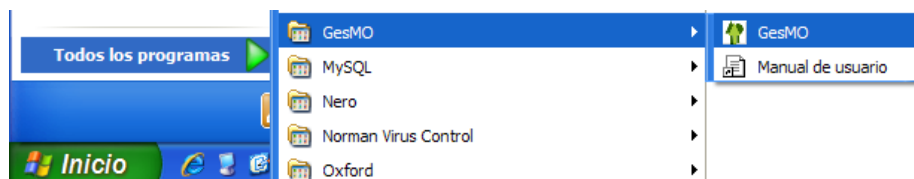


Figura 3. Cuadro de diálogo que advierte sobre la necesidad de tener instalada la versión 1.1 de la biblioteca de clases de Microsoft® **.NET Framework** antes de instalar GesMO® 2.1.

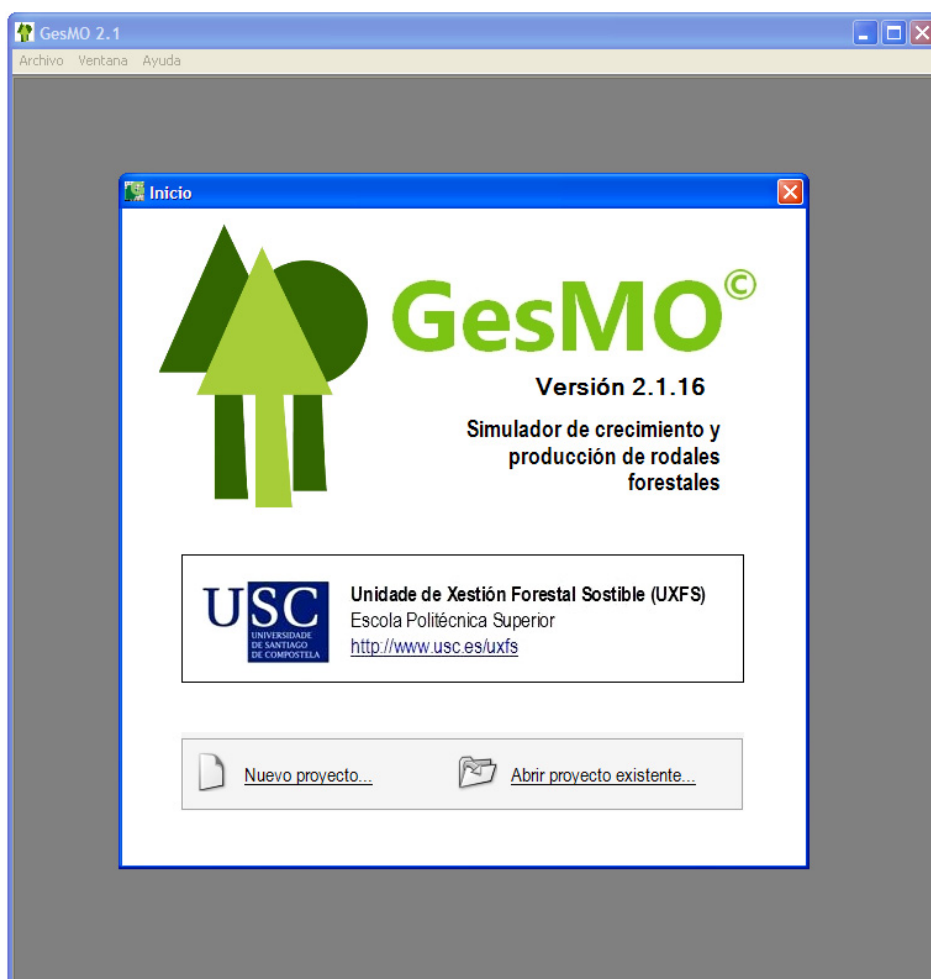
### 3. Ejecución del programa y entrada de datos

Ejecutar el programa desde el botón **Inicio** de Windows como se muestra en la figura 4. Si se crea un acceso directo en el escritorio puede ejecutarse directamente el programa desde esa ubicación.



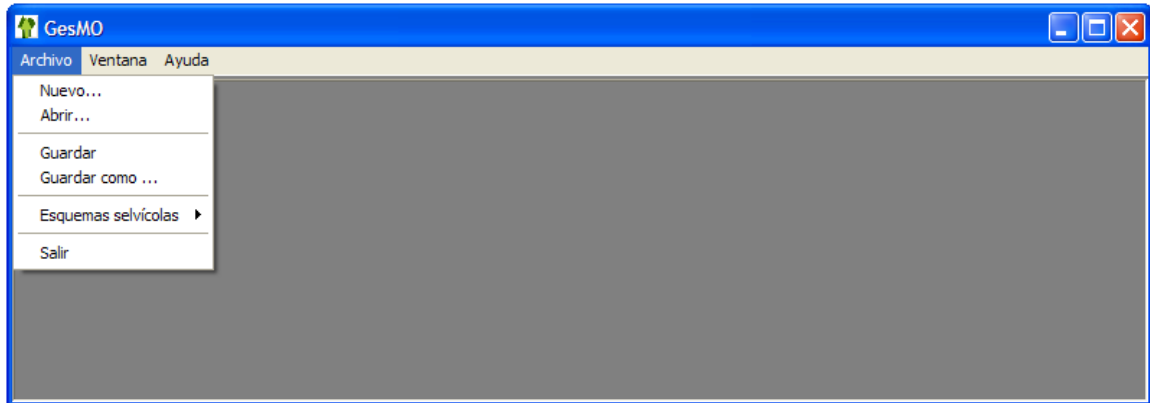
**Figura 4.** Ejecución del programa GesMO® 2.1 desde el botón **Inicio** de Windows XP.

Aparecerá entonces la ventana **Inicio** de GesMO® 2.1 sobre la pantalla principal del programa, tal como se muestra en la figura 5.



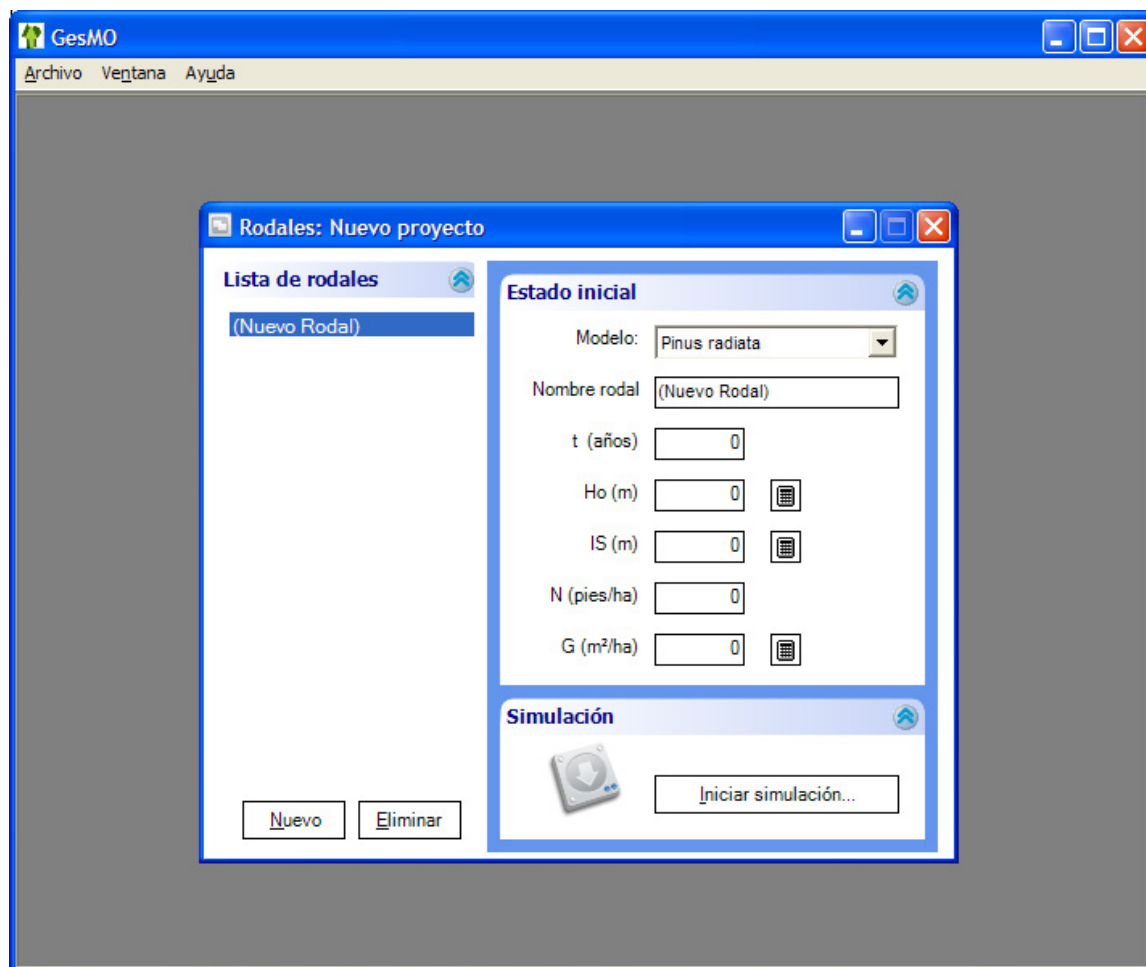
**Figura 5.** Ventana **Inicio** de GesMO® 2.1 sobre la pantalla principal del programa.

A partir de esta pantalla se puede empezar a trabajar con el programa de dos maneras: se puede elegir [Nuevo proyecto...](#) o [Abrir proyecto existente...](#) directamente sobre la ventana **Inicio**, o bien se puede cerrar esta ventana y desplegar, en la esquina superior izquierda, el menú **Archivo**, en el que se pueden seleccionar las opciones **Nuevo...** o **Abrir...** (figura 6).



**Figura 6.** Pantalla principal de GesMO® 2.1 con el menú **Archivo** desplegado.

Seleccionando [Nuevo proyecto...](#) en la ventana **Inicio** (figura 5) o **Nuevo...** en el menú **Archivo** (figura 6), aparecerá la ventana **Rodales** que se muestra en la figura 7. En esta ventana se muestran los tres paneles desplegables (**Lista de rodales**, **Estado inicial** y **Simulación**) en los que se solicita la información inicial que requiere el programa para realizar las simulaciones.





**Figura 7.** Ventana **Rodales** para el inicio de las simulaciones con GesMO® 2.1.

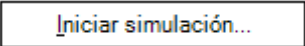
GesMO® 2.1 realiza todas las simulaciones a nivel de rodal, expresando los resultados por hectárea. Se entiende por rodal un espacio forestal de superficie variable en el que existe constancia de características de estación y de masa, es decir, una parte del monte uniforme en cuanto a especie o grupo de especies principales, edad, calidad y estado, independientemente de su extensión y rellenando un recinto simple y homogéneo. El programa permite realizar simulaciones independientes para varios rodales y guardar los resultados para futuras consultas o modificaciones. Para ello, mediante el botón **Nuevo**, se pueden agregar a la **Lista de rodales** tantos rodales como se requieran, que se podrán borrar posteriormente con el botón **Eliminar**. Se puede añadir un nombre o un número identificativo a cada rodal, seleccionándolo de la lista y escribiendo su nombre en la casilla **Nombre rodal** del panel desplegable **Estado inicial**.

Una vez seleccionado un rodal de la lista hay que introducir los valores necesarios para iniciar la simulación en el panel desplegable **Estado inicial**. Para ello se debe seleccionar en el desplegable **Modelo** el modelo a utilizar según la especie que pueble el rodal. La versión 2.1 de GesMO® incluye modelos dinámicos de crecimiento para rodales regulares gallegos de las

especies *Betula alba*, *Pinus pinaster*, *Pinus radiata*, *Pinus sylvestris* y *Quercus robur*. En el caso de *Pinus pinaster* se incluyen dos modelos, uno para la zona interior y otro para la costera de Galicia. En el apartado 1.3 del libro “Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia” (Diéguez-Aranda et al., 2009) se muestran los límites geográficos de las zonas costera e interior definidas para la especie. En el Anexo I de este manual se detallan las publicaciones en las que se describen total o parcialmente los modelos dinámicos de crecimiento que incluye esta versión del simulador, así como las recomendaciones para su correcto uso.

A continuación se deben introducir los valores de las variables de rodal para iniciar la simulación. Las tres primeras variables de entrada del modelo son la edad<sup>1</sup> **t** (en años), la altura dominante<sup>2</sup> **Ho** (en metros) y el índice de sitio<sup>3</sup> **IS** (en metros), que definen la calidad de estación y son utilizadas por la mayoría de las ecuaciones que constituyen los modelos de crecimiento. De entre ellas, es necesario especificar obligatoriamente la edad, siendo optativa la introducción de una de las dos restantes (altura dominante o índice de sitio), pues el programa estima la otra al hacer clic en el botón  correspondiente.

La siguiente variable que debe introducirse es el número de pies por hectárea **N**, siendo opcional introducir posteriormente el área basimétrica **G** (en m<sup>2</sup>/ha) o estimarla mediante el botón  correspondiente, en función de alguna o varias de las variables ya introducidas (las variables que se emplean para estimar el área basimétrica inicial dependen de la especie; ver apartado 4.3 de Diéguez-Aranda et al., 2009, y la Adenda A de fecha 29/10/2012). Sin embargo, siempre que se disponga del valor real del área basimétrica será preferible introducirlo directamente en el programa, ya que su estimación lleva implícito un error debido al modelo utilizado, que puede ser elevado para determinadas combinaciones de las variables que emplee la ecuación de inicialización.

Una vez que se hayan incorporado al programa los valores de todas las variables de entrada, se está en disposición de iniciar la simulación haciendo clic en el botón  del panel desplegable **Simulación**.

---

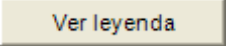
<sup>1</sup> La edad utilizada se puede considerar como edad de plantación (si bien sólo en el caso de *Pinus radiata* y *Pinus sylvestris* la totalidad de los rodales en los que recogieron los datos correspondieron a plantaciones), asumiendo que habitualmente la altura del tocón utilizada para la determinación de la edad (20-30 cm) corresponde, aproximadamente, a la de las plantas procedentes de vivero que se usan al realizar la plantación. Para su determinación, si no se conoce la fecha de plantación, deben seleccionarse aleatoriamente dos o tres árboles dominantes y extraer en cada uno de ellos un canutillo con la barrena de Pressler a la altura de 20-30 cm, obteniendo posteriormente la edad como la media del conteo de anillos efectuado en cada árbol.

<sup>2</sup> Aunque existen muchas definiciones de altura dominante, en este trabajo se ha considerado la media de las alturas de los 100 árboles más gruesos (de mayor diámetro normal) por hectárea.

<sup>3</sup> El índice de sitio se define como el valor de la altura dominante (en metros) a una determinada edad de referencia (en años) para un rodal regular de una determinada especie. La edad de referencia elegida para los rodales de *Betula alba*, *Pinus pinaster* (costa e interior) y *Pinus radiata* en Galicia ha sido 20 años, para los de *Pinus sylvestris* 40 años y para los de *Quercus robur* 60 años (ver el apartado 2.3 de Diéguez-Aranda et al., 2009, y la Adenda A de fecha 29/10/2012).

Es posible guardar los valores iniciales de la simulación (y la simulación en sí) de cada rodal en un proyecto de GesMO® 2.1. Para ello, debe elegirse en el menú **Archivo** de la ventana principal (figura 6) una de las siguientes dos opciones: **Guardar** o **Guardar como...**, o cerrar la propia ventana **Rodales**, en cuyo caso aparecerá un cuadro de diálogo que preguntará si se desean guardar los cambios actuales. Mediante cualquiera de estas tres acciones se crea un archivo del tipo \*.gesmo en la carpeta que se seleccione. En cualquier momento se puede recuperar un proyecto guardado a través del menú **Archivo**, opción **Abrir...** de la ventana inicial (figura 6), o mediante el menú **Abrir proyecto existente...** de la ventana **Inicio** de GesMO® 2.1 (figura 5), seleccionando el archivo de la carpeta correspondiente.

## 4. Simulaciones

Al iniciar una simulación se abre la ventana **Simulación** (figura 8), en la que se muestra una tabla numérica que informa sobre la evolución con la edad de las principales variables del rodal para el modelo seleccionado. En el encabezado de la tabla se sitúan los nombres de las variables de entrada del rodal, así como de la masa principal antes de clara, extraída, después de clara y total. En el cuerpo de la tabla aparecen los datos referidos a dichas variables para las distintas edades de proyección, que en principio corresponderán exclusivamente a los valores iniciales introducidos en el paso anterior (ventana **Rodales**), y que formarán la primera fila de la tabla. Las variables incluidas, cuyo significado y unidades pueden consultarse en pantalla haciendo clic en el botón  de la esquina inferior derecha de la ventana, son las siguientes:

**t** = edad (años).

**Ho** = altura dominante (m).

**N** = número de pies por hectárea de la masa principal antes de clara.

**dg** = diámetro medio cuadrático de la masa principal antes de clara (cm).

**IH** = índice de Hart-Becking antes de clara (%), asumiendo una distribución de los árboles en marco real o malla cuadrada.

**G** = área basimétrica de la masa principal antes de clara ( $m^2/ha$ ).

**V** = volumen de la masa principal antes de clara ( $m^3/ha$ ).

**W** = biomasa arbórea aérea total de la masa principal antes de clara ( $t/ha$ ).

**C** = carbono secuestrado por la biomasa arbórea aérea total de la masa principal antes de clara ( $t/ha$ ).

**Ne** = número de pies por hectárea de la masa extraída.

**Ge** = área basimétrica de la masa extraída ( $m^2/ha$ ).

**Ve** = volumen de la masa extraída ( $m^3/ha$ ).

**We** = biomasa arbórea aérea total de la masa extraída ( $t/ha$ ).

**Ce** = carbono secuestrado por la biomasa arbórea aérea total de la masa extraída ( $t/ha$ ).

**Np** = número de pies por hectárea de la masa principal después de clara.

**Gp** = área basimétrica de la masa principal después de clara ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ).

**Vp** = volumen de la masa principal después de clara ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ).

**Wp** = biomasa arbórea aérea total de la masa principal después de clara ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Cp** = carbono secuestrado por la biomasa arbórea aérea total de la masa principal después de clara ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Vt** = volumen de la masa total ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ).

**Cm** = crecimiento medio en volumen de la masa total ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ).

**Cc** = crecimiento corriente en volumen de la masa total ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), calculado como el promedio del crecimiento en volumen de la masa total durante los cinco años anteriores a la edad seleccionada.

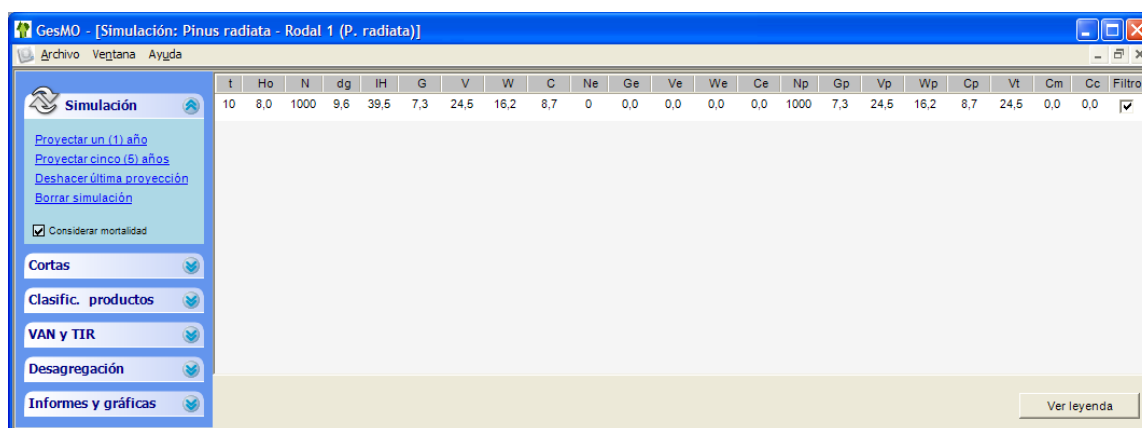


Figura 8. Ventana **Simulación** para un rodal de GesMO® 2.1.

En la parte izquierda de la ventana **Simulación** aparecen las diferentes barras de paneles desplegables que permiten seleccionar y visualizar las opciones de la simulación y de los cálculos que se deseen realizar: **Simulación**, **Cortas**, **Clasific. productos**, **VAN y TIR**, **Desagregación** e **Informes y gráficas**. En un primer momento aparecerá únicamente desplegado el panel **Simulación** (figura 9).

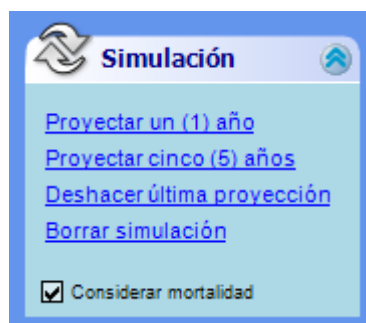


Figura 9. Panel desplegable con las opciones de simulación de GesMO® 2.1.

Aunque el programa realiza internamente simulaciones año a año, es posible hacer que los cálculos se ejecuten automáticamente para un intervalo de 5 años, entendiendo que durante dicho

período no se desea efectuar ninguna operación de clara. Las proyecciones de un año se ejecutan con el comando [Proyectar un \(1\) año](#), y las de 5 años consecutivos con el comando [Proyectar cinco \(5\) años](#). También es posible deshacer un año de la simulación mediante el comando [Deshacer última proyección](#), e incluso eliminar toda la simulación salvo los datos iniciales con el comando [Borrar simulación](#).

Por otra parte, la casilla de verificación que permite considerar la mortalidad en los cálculos estará por defecto activada (☒ [Considerar mortalidad](#)) hasta que se simule la primera clara, y se desactivará a partir de entonces, pues se considera que en las claras se extraen los árboles más susceptibles de morir de forma natural a corto y medio plazo. Sin embargo, el usuario puede decidir activar o desactivar este comando en cualquier momento, según sus necesidades o el conocimiento del desarrollo del rodal que desee analizar.

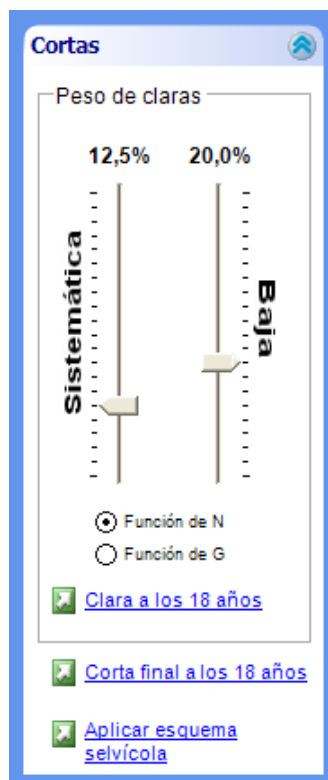
En el caso de la especie *Pinus pinaster* (tanto en la zona costera como en la interior), aún cuando se active la opción que permite considerar la mortalidad, el simulador no predice una disminución del número de pies con la edad, ya que no se ha desarrollado una función de mortalidad al haberse constatado que la misma es prácticamente inexistente en los rodales de esta especie en Galicia.

GesMO® 2.1 permite generar un informe de la simulación efectuada, en el que se muestra la evolución de las variables del rodal con la edad, tal y como se detalla en el apartado 9.

## 5. Cortas: claras, corta final y esquemas selvícolas predefinidos

Para la simulación de cortas con GesMO® 2.1 es necesario desplegar el panel **Cortas**, que mostrará las siguientes tres opciones (figura 10): realizar una clara a la edad  $t$  de la última proyección ([Clara a los  \$t\$  años](#)), ejecutar la corta final a dicha edad ([Corta final a los  \$t\$  años](#)) o aplicar un esquema de cortas predefinido ([Aplicar esquema selvícola](#)).



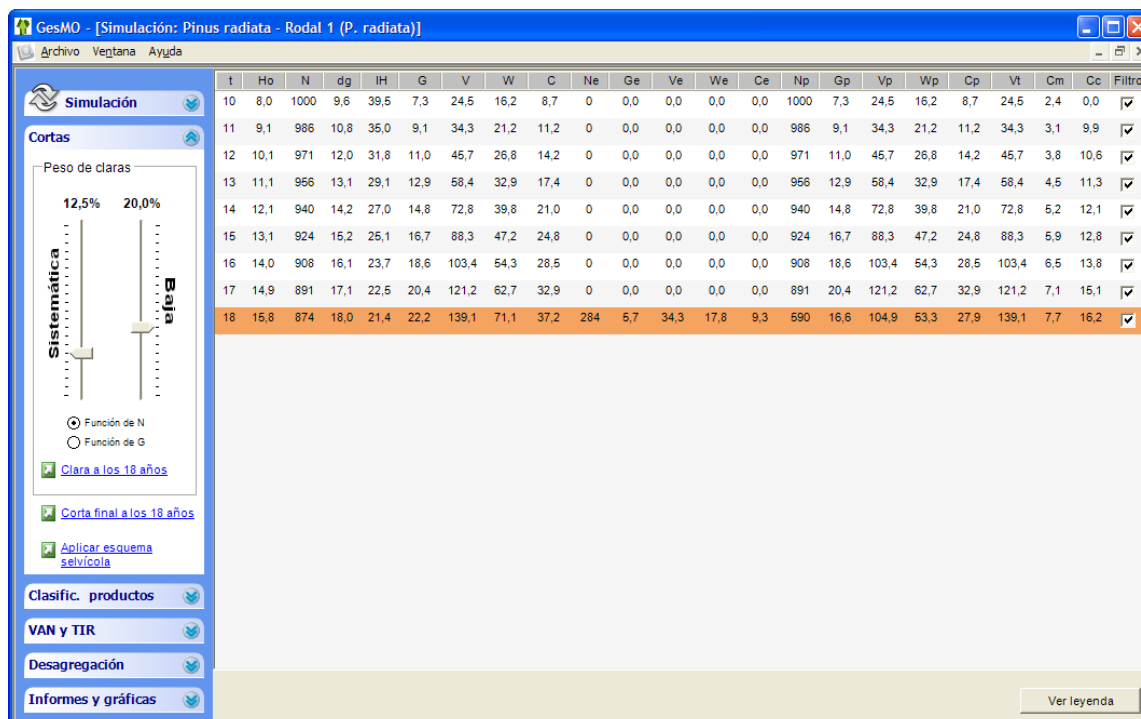


**Figura 10.** Panel desplegable con las opciones de cortas: clara (en la que se deben elegir su tipo y peso, así como la variable que define la extracción: número de pies **N** o área basimétrica **G**), corta final o aplicación de un esquema selvícola predefinido.

## 5.1. Claras

Para simular una clara es necesario definirla previamente, mediante su tipo y su peso, para la edad a la que se haya realizado la última proyección. Para ello se deben desplazar los dos “ecualizadores” (figura 10) hasta seleccionar el tipo y peso de clara deseados, teniendo en cuenta que GesMO® 2.1 permite simular claras de tipo sistemático y/o por lo bajo, y que los valores del peso se expresan en porcentaje de extracción con respecto a la masa antes de clara. Además, también es preciso indicar al programa la variable que debe definir dicho porcentaje: el número de pies por hectárea **N** o el área basimétrica **G** (en m<sup>2</sup>/ha), para lo que habrá que seleccionar la opción deseada haciendo clic en el círculo que acompaña a la variable correspondiente (figura 10). Por ejemplo, en esa figura 10 se ha decidido simular una clara semisistemática a los 18 años en la que se propone extraer un 12,5% del número de pies de forma sistemática (lo que equivale en la práctica a cortar enteras una de cada ocho filas si se trata de un rodal con los árboles dispuestos de esa manera) más un 20% del número de pies de forma selectiva por lo bajo (en las filas que queden en pie tras la corta sistemática). Al expresarse el porcentaje de pies a cortar en ambos tipos de clara con respecto al total de pies antes de la clara, se simulará la extracción de un 32,5% del número de pies existentes inicialmente.

Una vez definida la clara a realizar se debe hacer clic en [Clara a los  \$t\$  años](#). El programa calculará entonces los valores de la masa extraída a esa edad  $t$  (última de la simulación) y modificará los de la masa después de clara, todo ello en la ventana de simulación (figura 11).



**Figura 11.** Resultados de la simulación de una clara semisistemática a los 18 años, extrayendo un 12,5% del número de pies de manera sistemática y un 20% por lo bajo.

En el Anexo II se detalla la metodología que utiliza GesMO® 2.1 para simular el efecto de la clara en la distribución diamétrica del rodal.

A continuación se debe proseguir con la simulación del esquema selvícola deseado, realizando, si es preciso, nuevas claras a otras edades, de forma similar a lo anteriormente señalado.

## 5.2. Corta final

Haciendo clic en [Corta final a los  \$t\$  años](#) se indica al programa que se desea finalizar la simulación del esquema selvícola con la corta a hecho del rodal. En ese caso toda la masa antes de clara pasará a ser extraída a la edad  $t$  seleccionada y, lógicamente, no se podrán efectuar nuevas proyecciones. Sin embargo, siempre se podrá deshacer la última proyección (incluyendo la clara o corta final realizada) o borrar toda la simulación, haciendo clic, respectivamente, en [Deshacer última proyección](#) o [Borrar simulación](#) del panel desplegable **Simulación** (figura 9).

### 5.3. Esquemas selvícolas predefinidos

Si se diseñan o se dispone de esquemas selvícolas que se consideran adecuados para una especie y que se pretenden aplicar de forma generalizada en las simulaciones, es recomendable guardarlos como una plantilla con el fin de automatizar los procesos de cálculo.

Para definir un esquema de tratamientos selvícolas que simule automáticamente el desarrollo de un rodal es necesario ir a la ventana **Simulación** (figura 8), menú **Archivo**, seleccionar la opción **Esquemas selvícolas** y dentro de ésta **Nuevo...** (figura 12).

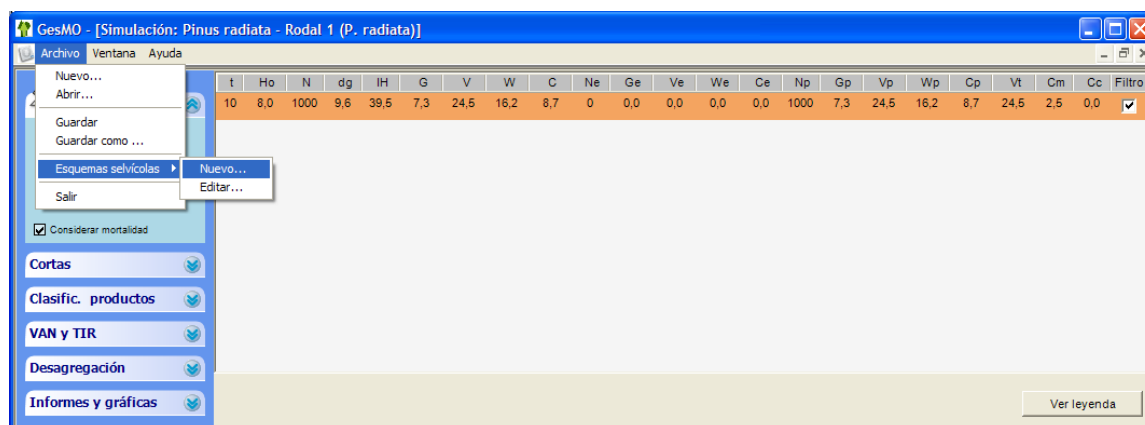


Figura 12. Ventana **Simulación** de GesMO® 2.1 con el menú **Archivo** y la opción **Esquemas selvícolas** desplegados para definir un nuevo esquema selvícola que simule automáticamente el desarrollo de un rodal.

Aparecerá, entonces, la ventana **Esquemas selvícolas** (figura 13).

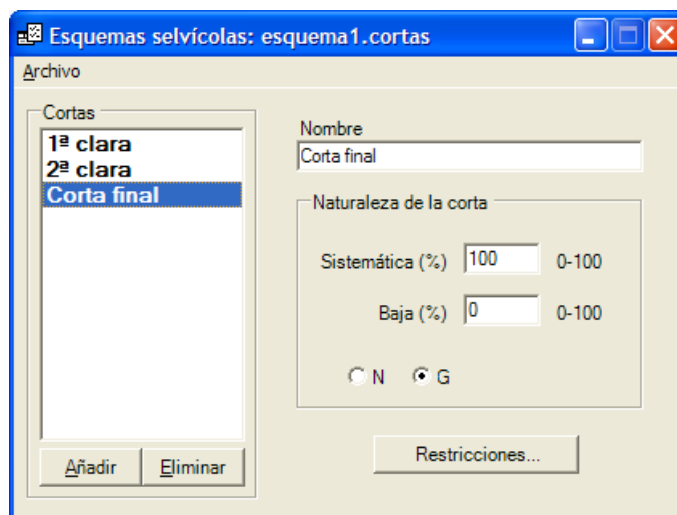


Figura 13. Ventana **Esquemas selvícolas** para la definición de un esquema selvícola que simule automáticamente el desarrollo de un rodal.

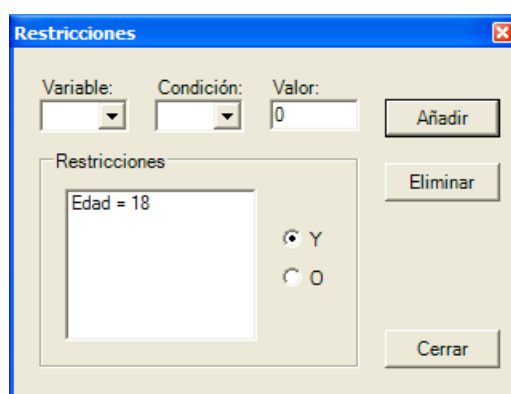
Para diseñar un esquema de tratamientos selvícolas se deben añadir al cuadro **Cortas** las intervenciones deseadas (claras o corta final), mediante el botón **Añadir**. Seleccionando cada

una de ellas se le puede asignar un nombre (p. ej., 1ª clara, 2ª clara..., Corta final) en la casilla correspondiente.

En el caso de las claras se debe elegir su tipo y peso, escribiendo el porcentaje de extracción en corta sistemática y/o por lo bajo en las casillas correspondientes, y seleccionar la variable a la que se refiera dicha clara: número de pies por hectárea **N** o área basimétrica **G** (en m<sup>2</sup>/ha).

Cuando se quiera simular una corta final bastará con indicar en *Naturaleza de la corta* una suma de porcentajes en clara sistemática y por lo bajo del 100%.

Además, cada una de las intervenciones selvícolas (claras o corta final) se llevará a cabo en la simulación si se cumplen una serie de restricciones, que deben definirse en la ventana que aparece al pulsar el botón **Restricciones...** (figura 14).



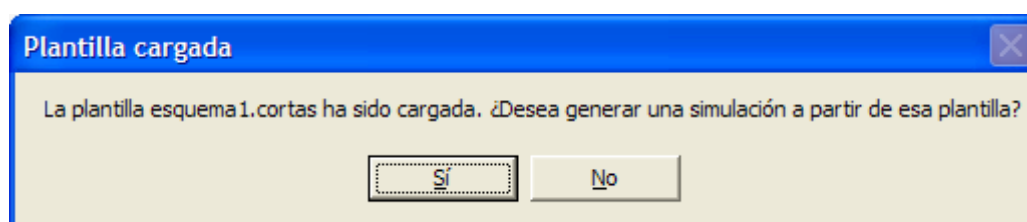
**Figura 14.** Ventana para la definición de las restricciones a la realización de las cortas en un esquema selvícola predeterminado.

Las restricciones para una clara o corta final quedarán definidas por una serie de criterios, establecidos mediante los operadores lógicos **Y** u **O**, los operadores de condición o comparación (**=**, **>**, **<**, **>=**, **<=**) y los valores de las condiciones establecidas para una o varias variables. Las variables que pueden definir restricciones para llevar a cabo las intervenciones son: edad **t** (años), número de pies por hectárea **N**, altura dominante **Ho** (m), índice de Hart-Becking **IH** (%), diámetro medio cuadrático **Dg** (cm), área basimétrica **G** (m<sup>2</sup>/ha), volumen **V** (m<sup>3</sup>/ha), tiempo transcurrido tras la última clara **ttuc** (años) e índice de sitio **IS** (m). Se trata, por tanto, de una alternativa especialmente adecuada para programar actuaciones en el rodal con el fin de conseguir unas determinadas dimensiones en los productos intermedios y finales, que corresponde a lo que se denomina habitualmente selvicultura a la carta.

El caso más sencillo de restricción se da cuando se fija la edad de ejecución para cada clara y para la corta final, pues en ese caso se simularán todas las cortas en los años que se hayan especificado. Si se incluyen varias restricciones mediante otras variables (**N**, **Ho**, **Dg**, etc.) y se utiliza el operador lógico **O**, el programa determina cuándo se cumple la primera de ellas y, por tanto, la edad a la que se deben llevar a cabo las operaciones de clara y/o corta final; si se desea que se cumplan todas las restricciones a la vez habrá que utilizar el operador lógico **Y**.

Una vez establecidos los tratamientos selvícolas y los condicionantes para su realización a lo largo del turno, es posible guardarlos como una plantilla de esquema selvícola. Para ello, GesMO® 2.1 preguntará si se desean guardar los cambios actuales y, en caso afirmativo, permite guardar la plantilla, como un archivo de tipo **\*.cortas**, en la carpeta que se seleccione.

Las plantillas de esquemas selvícolas se pueden recuperar para realizar la simulación de un determinado rodal. Para ello, una vez definido el estado inicial de la simulación en la ventana **Rodales** (figura 7) e iniciada la simulación (ver apartado 4), debe desplegarse el panel **Cortas** y hacer clic en [Aplicar esquema selvícola...](#) (figura 10), y seleccionar posteriormente la plantilla de la carpeta en la que esté ubicado el archivo de tipo **\*.cortas**. Entonces, GesMO® 2.1 preguntará si se desea generar una simulación a partir de esa plantilla (figura 15).



**Figura 15.** Ventana que pregunta si se desea generar una simulación a partir de un esquema selvícola predefinido que se ha cargado.

Desde el momento en que se carga un esquema selvícola, las simulaciones consideran los tratamientos que en él se han planificado y su ejecución se realiza cuando se cumplan las condiciones exigidas en su definición.

Del mismo modo que se crea un nuevo esquema, es posible también editar y modificar esquemas preexistentes. Para ello se debe ir a la ventana **Simulación** (figura 8), menú **Archivo**, seleccionar la opción **Esquemas selvícolas** y dentro de ésta **Editar...** (figura 12), para modificar lo que se crea conveniente y guardar posteriormente los cambios realizados, tal y como se ha indicado anteriormente.

## 6. Clasificación de productos

GesMO® 2.1 permite, para cualquier edad de la simulación en la que se haya programado una corta (clara o corta final), clasificar los productos extraídos del rodal en tres destinos comerciales que puede definir el propio usuario según sus necesidades. Para ello se debe desplegar en la ventana **Simulación** (figura 8) el panel **Clasific. productos**, y hacer clic en [Clasificación de productos...](#) (figura 16).



Figura 16. Panel para la clasificación de los productos de un rodal según destinos comerciales.

Aparecerá, entonces, la ventana **Clasificación de productos** (figura 17), en la que se pueden configurar los tres destinos comerciales, que estarán definidos por su nombre, un diámetro mínimo en punta delgada (en cm), una longitud de troza (en cm) y un precio unitario del producto (en €/m<sup>3</sup>) que se utiliza para conocer el valor total de la madera clasificada. Estos cuatro valores de cada uno de los tres destinos comerciales son personalizables por el usuario, y también es posible guardar una determinada configuración de destinos activando la casilla de verificación

☒ Guardar esta configuración de destinos como valores por defecto

El programa guarda los resultados de la clasificación de productos que se realice a cada edad de corta para el posterior cálculo del VAN y la TIR (ver apartado 7), pero si se desea visualizar dichos resultados se puede generar un informe de cada clasificación de productos activando la




casilla de verificación ☒ Visualizar informe con los resultados de la clasificación de productos

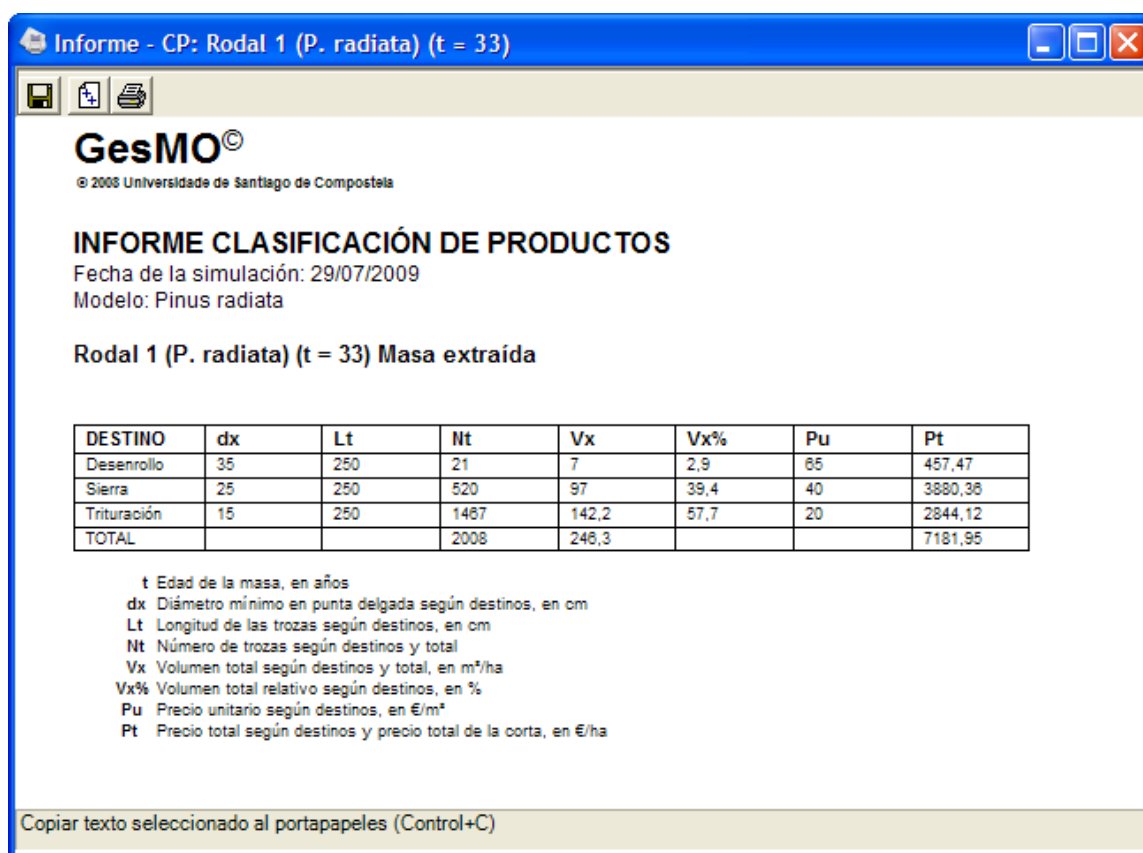
 A screenshot of a software window titled 'Clasificación de productos: Rodal 1 (P. radiata) (t = 33)'. The window has a blue border and standard window controls. It is divided into two main sections. The left section contains three panels for 'Destino 1', 'Destino 2', and 'Destino 3'. Each panel has a 'Nombre del destino' field and three input boxes for 'Diámetro mínimo en cm', 'Longitud de troza en cm', and 'Precio producto en €/m3'. The right section contains a 3D model of a log, two checkboxes with labels, and a button.
 

Destino	Nombre del destino	Diámetro mínimo en cm	Longitud de troza en cm	Precio producto en €/m3
Destino 1	Desenrollo	35	250	65
Destino 2	Sierra	25	250	40
Destino 3	Trituración	15	250	20

☒ Guardar esta configuración de destinos como valores por defecto  
☒ Visualizar informe con los resultados de la clasificación de productos  
 Iniciar clasificación

Figura 17. Opciones de la ventana **Clasificación de productos**.

Una vez configurados los destinos de los productos y activadas las casillas de verificación de las opciones que interesen, se debe hacer clic en el botón **Iniciar clasificación**, que ejecuta las rutinas de este módulo y genera un informe (figura 18) en forma de tabla con formato de texto, que se puede guardar (icono ) , configurar (icono ) o imprimir (icono ) . Además, la información de este informe se puede copiar y pegar en cualquier aplicación informática que admita estas tareas frecuentemente empleadas en el sistema operativo Windows (procesadores de texto, hojas de cálculo, etc.), para lo cual habrá que seleccionar primero con el puntero del ratón la información a copiar, utilizar la secuencia de teclado **Ctrl+C** (copiar), ir al destino donde se pretende copiar esa información y pegarla utilizando la secuencia de teclado **Ctrl+V** (pegar).



**Figura 18.** Informe con los resultados de la clasificación de productos.

## 7. Cálculo del VAN y la TIR

Con GesMO® 2.1 es posible realizar una evaluación económica de la opción selvícola que se haya seleccionado en la simulación del rodal, mediante el cálculo del VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rentabilidad). En el Anexo III se explica el

significado de estos dos indicadores de la rentabilidad económica de proyectos y la forma de calcularlos.

Para realizar el cálculo del VAN y la TIR se debe desplegar en la ventana **Simulación** (figura 8) el panel **VAN y TIR**, y hacer clic en **Calcular VAN y TIR...** (figura 19).



**Figura 19.** Panel desplegable para la evaluación económica mediante el cálculo del VAN y la TIR.

Aparecerá, entonces, la ventana **Calcular VAN y TIR** (figura 20), en la que se pueden definir los gastos y los ingresos que corresponden a la alternativa selvícola simulada. Para ello, a la izquierda de dicha ventana, y dispuestas en vertical, hay tres pestañas que se denominan **Gastos**, **Ingresos madereros** y **Otros ingresos**, apareciendo por defecto activada la ventana que corresponde a la primera de ellas.

**Calcular VAN y TIR: Rodal 1 (P. radiata)**

**Gastos**

**Nuevo gasto**

Concepto: Poda alta

Año: 18

Coste (€/ha): 400

☐ Periódico

Añadir gasto

**Gastos registrados**

Año inicial	Duración (años)	Concepto	Gasto (€/ha)
0	1	Plantación	1000,00
1	33	Gastos generales	40,00
2	1	Desbroce	100,00
2	1	Reposición de marras	100,00
8	1	Poda baja	300,00
18	1	Poda alta	400,00

**VAN Y TIR**

Tipo de interés (%) 2,9

**Análisis de sensibilidad**

Gastos (0%)

Ingresos madereros (0%)

Otros ingresos (0%)

☒ Visualizar informe con los resultados del VAN y la TIR


VAN (€/ha) TIR (%)

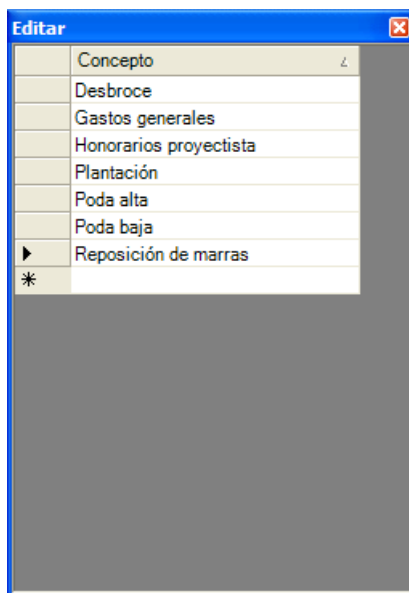
Calcular

**Figura 20.** Ventana **Calcular VAN y TIR** con la pestaña **Gastos** desplegada.

En esa ventana de la pestaña **Gastos** deben introducirse los diferentes costes que tendrían lugar durante el ciclo productivo simulado, es decir, los costes de instalación (replantación o regeneración natural), los de posibles operaciones posteriores (reposición de marras, desbroces, clareos, podas bajas y/o altas, etc.) y los gastos generales (impuestos, guardería, gestión, etc.).



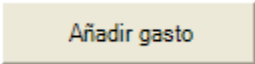

Para ello debe seleccionarse en el panel desplegable **Nuevo gasto** el concepto correspondiente mediante el desplegable **Concepto**. En caso de no aparecer en la lista el nombre del gasto que se quiera imputar puede hacerse clic en el icono  que aparece a la derecha del desplegable, que abrirá otra ventana (figura 21) en la que es posible personalizar esa lista con los nombres de los gastos y añadir todos los que sean necesarios.



**Figura 21.** Ventana para personalizar y añadir los posibles conceptos de gastos a imputar en el cálculo del VAN y la TIR.

Una vez seleccionado el concepto correspondiente debe indicarse al programa la edad a la cual debe imputarse ese gasto (entendiendo que el ciclo productivo empieza en el año cero con la repoblación o la regeneración natural) y su valor en euros por hectárea, en las casillas correspondientes. También es posible indicar si un valor se produce de forma periódica, como ocurre, por ejemplo, con los gastos generales (impuestos, guardería, gestión, etc.), que son anuales y, por tanto, se deben indicar en euros por hectárea y año. Para ello debe activarse la casilla de verificación ☒ **Periódico**, y entonces el desplegable **Año** pasará a denominarse **Año inicial** y aparecerá un nuevo desplegable (**Año final**) en el que debe indicarse el año que marca el fin del período considerado (figura 22).

**Figura 22.** Selección de un gasto periódico para el cálculo del VAN y la TIR.

Los gastos que se vayan seleccionando en el panel desplegable **Nuevo Gasto** deben añadirse a la tabla de **Gastos registrados** haciendo clic en el botón  (figura 20). Cualquiera de los valores incluidos en esa tabla de **Gastos registrados** puede ser borrado directamente, si el usuario lo considera conveniente, seleccionando la fila correspondiente (haciendo clic en ) y pulsando la tecla Suprimir (en algunos teclados se denomina Supr, Delete o Del).

Una vez indicados todos los gastos del ciclo productivo simulado debe seleccionarse la pestaña **Ingresos madereros** (figura 23). En ella aparecerán los ingresos totales derivados de la clasificación de productos (ver apartado 6) para cada una de las claras (si se ha simulado alguna) y para la corta final en el caso de que el usuario las haya realizado antes de acceder a la ventana **Calcular VAN y TIR**, aunque siempre es posible modificar esos cálculos de forma individual para cada una de las claras o la corta final, haciendo clic en los botones [Recalcular corta t años](#), o de una sola vez para todas las cortas haciendo clic en [RECALCULAR TODO](#). En el caso de que el usuario no haya realizado previamente la clasificación de productos, el programa permitirá hacerlo en esta ventana, de forma similar a lo indicado en el apartado 6.

Calcular VAN y TIR: Rodal 1 (P. radiata)

**Ingresos madereros**

[RECALCULAR TODO](#)

[Recalcular corta 18 años](#)

[Recalcular corta 25 años](#)

[Recalcular corta 33 años](#)

Año	Concepto	Ingreso (€/ha)
18	Clara	257,18
25	Clara	759,65
33	Corta final	7181,92

**VAN Y TIR**

Tipo de interés (%)

Análisis de sensibilidad

Gastos (0%)

Ingresos madereros (0%)

Otros ingresos (0%)

☒ Visualizar informe con los resultados del VAN y la TIR

VAN (€/ha)

TIR (%)

Figura 23. Ventana **Calcular VAN y TIR** con la pestaña **Ingresos madereros** desplegada.

Los ingresos aparecerán en la tabla de **Ingresos madereros registrados**, en la que también es posible borrar directamente cualquier registro si el usuario lo considera conveniente.

Además de los ingresos por la venta de madera es posible que, en algún caso, existan otros ingresos (ayudas, subvenciones, etc.), que deben computarse seleccionando la pestaña **Otros ingresos** (figura 24) y obrando de forma similar a lo indicado para los gastos.

Calcular VAN y TIR: Rodal 1 (P. radiata)

**Nuevo ingreso**

Concepto: Prima de mantenimien

Año inicial: 1

Ingreso (£/ha): 100

☒ Periódico

Año final: 5

Añadir ingreso

**Otros ingresos registrados**

Año inicial	Duración (años)	Concepto	Ingreso (£/ha)
1	5	Prima de mantenimiento	100.00

**VAN Y TIR**

Tipo de interés (%): 2.9

**Análisis de sensibilidad**

Gastos (0%): 0%

Ingresos madereros (0%): 0%

Otros ingresos (0%): 0%

☒ Visualizar informe con los resultados del VAN y la TIR

VAN (£/ha): --- TIR (%): ---

Calcular

Figura 24. Ventana **Calcular VAN y TIR** con la pestaña **Otros ingresos** desplegada.

Una vez incluidos todos los gastos, los ingresos madereros y otros posibles ingresos, es necesario seleccionar el valor del tipo de interés (ver Anexo III) con el que se desea hacer la valoración económica. Para ello, simplemente debe escribirse ese valor (en %) en la casilla **Tipo de interés** situada en el panel desplegable **VAN y TIR** (figura 25). A continuación, habrá que hacer clic en el botón Calcular y aparecerán los valores de dichos indicadores de rentabilidad por debajo de sus nombres (figura 25). Es importante señalar que GesMO® 2.1, cuando realiza los cálculos de la TIR, busca soluciones entre 0% y 2000%, por lo que soluciones fuera de ese intervalo se marcan como erróneas.

**VAN Y TIR**

Tipo de interés (%)

**Análisis de sensibilidad**

Gastos (0%)

Ingresos madereros (0%)




Otros ingresos (0%)

☒ Visualizar informe con los resultados del VAN y la TIR

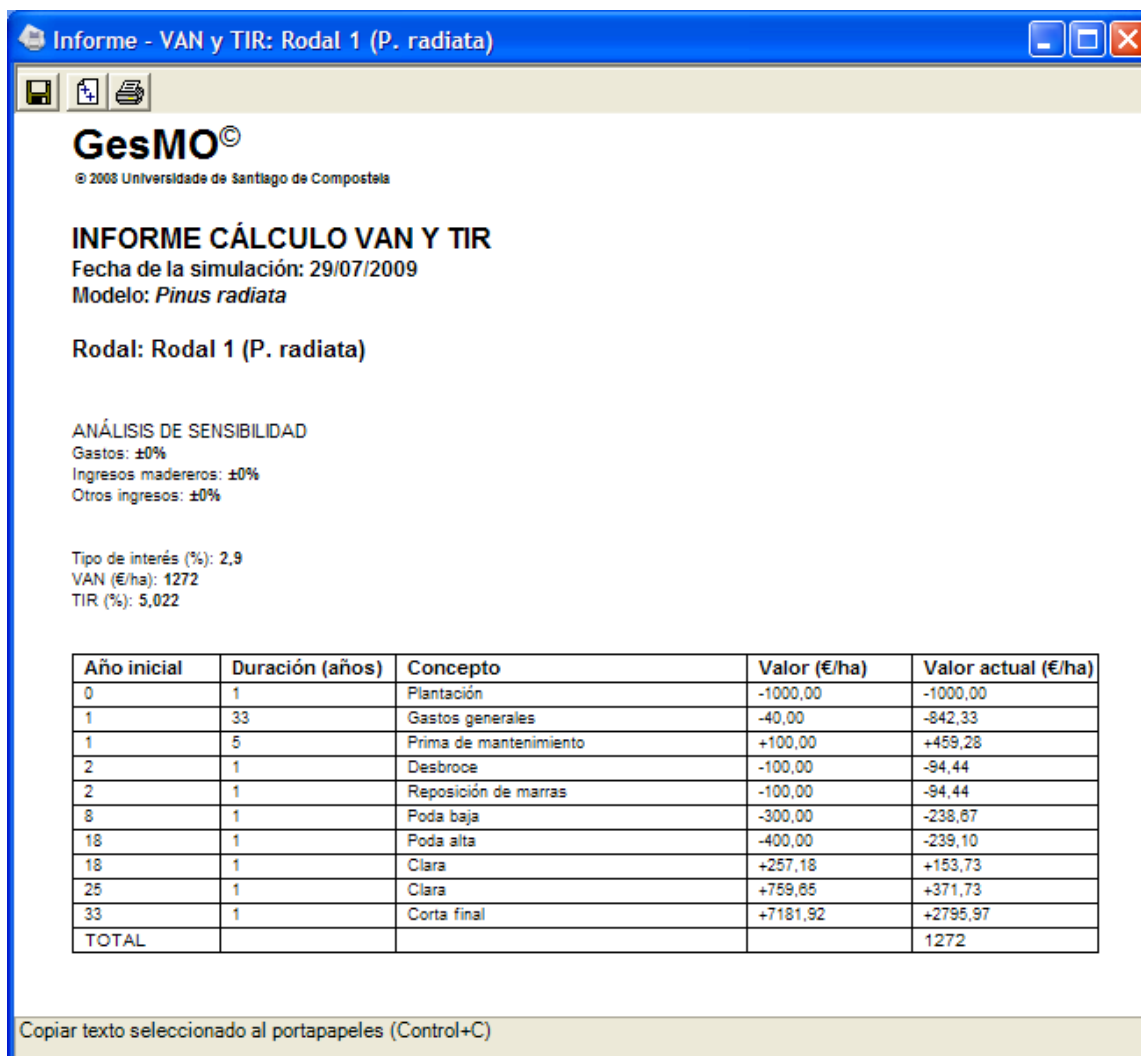
VAN (£/ha)	TIR (%)
1272	5,022

**Figura 25.** Panel desplegable para el cálculo del VAN y la TIR.

Una vez realizado el cálculo del VAN y la TIR es posible llevar a cabo un análisis de sensibilidad de los resultados, modificando (en %) los valores utilizados en los cálculos. Así, se pueden modificar los gastos, los ingresos madereros y/o los otros ingresos, aumentando o disminuyendo en un determinado porcentaje sus valores globales, simplemente desplazando los “ecualizadores” correspondientes a cada concepto que aparecen debajo de los resultados del VAN y la TIR (figura 25) y volviendo a hacer clic en el botón .

Además de ver en pantalla los resultados del cálculo del VAN y la TIR y del análisis de sensibilidad, es posible generar un informe activando la casilla de verificación ☒ Visualizar informe con los resultados del VAN y la TIR antes de hacer clic en el botón . Este informe (figura 26) presenta los resultados en forma de tabla con formato de texto, que se puede guardar (icono ) , configurar (icono ) o imprimir (icono ). Además, la información de este informe se puede copiar y pegar en cualquier aplicación informática que admita estas tareas frecuentemente empleadas en el sistema operativo Windows (procesadores de texto, hojas de cálculo, etc.), para lo cual habrá que seleccionar primero con el puntero del ratón la información a

copiar, utilizar la secuencia de teclado **Ctrl+C** (copiar), ir al destino donde se pretende copiar esa información y pegarla utilizando la secuencia de teclado **Ctrl+V** (pegar).



**Figura 26.** Informe con los resultados del cálculo del VAN y la TIR y del análisis de sensibilidad asociado.

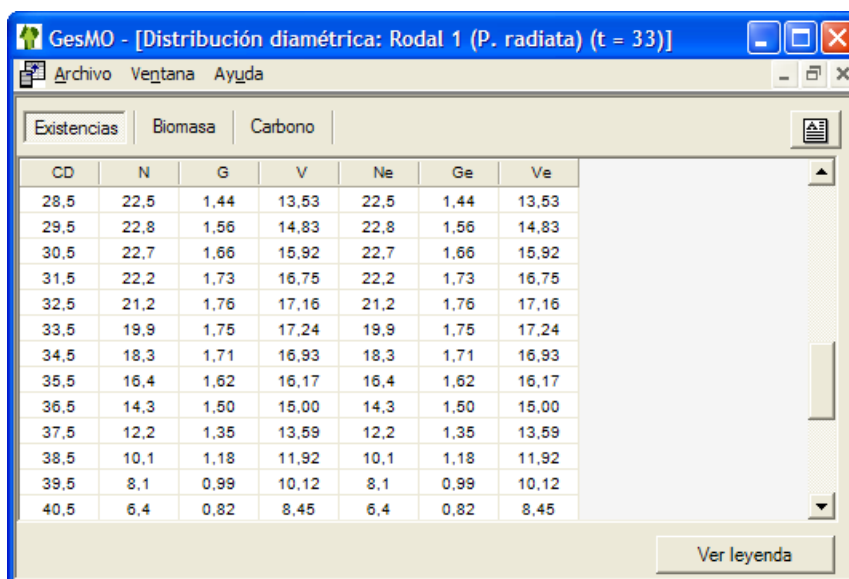
## 8. Desagregación

Para cualquier edad de la simulación GesMO® 2.1 permite desagregar por clases diamétricas las siguientes variables del rodal: número de pies por hectárea, área basimétrica ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ), volumen ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ), biomasa total ( $\text{t}/\text{ha}$ ) y carbono secuestrado ( $\text{t}/\text{ha}$ ). Para ello, una vez seleccionada con el puntero del ratón la edad de la tabla de simulación para la que se quieran hacer los cálculos, se debe desplegar en la ventana **Simulación** (figura 8) el panel **Desagregación**, y hacer clic en [Obtener desagregación...](#) (figura 27).



**Figura 27.** Panel desplegable para la desagregación de las variables de rodal.

Aparecerá, entonces, la ventana **Distribución diamétrica** (figura 28), con tres pestañas en la parte superior izquierda (**Existencias**, **Biomasa** y **Carbono**) en las que se muestra una tabla con los valores, agrupados por clases diamétricas de un centímetro de amplitud, de diferentes variables, en función de si se selecciona ver la desagregación de las existencias, de la biomasa o del carbono acumulado mediante alguna de las tres pestañas anteriores. El significado y las unidades de las variables incluidas en cada tabla pueden consultarse en pantalla haciendo clic en el botón **Ver leyenda** de la esquina inferior derecha de la ventana (figura 28).



**Figura 28.** Ventana **Distribución diamétrica** mostrando la desagregación de las existencias de un rodal por clases diamétricas de un centímetro de amplitud.

El programa muestra en primer lugar, por defecto, el contenido de la pestaña **Existencias** (figura 28), en la que aparece la desagregación de las siguientes variables:

- CD** = clase diamétrica (cm).
- N** = número de pies por hectárea antes de clara.
- G** = área basimétrica antes de clara (m<sup>2</sup>/ha).
- V** = volumen antes de clara (m<sup>3</sup>/ha).
- Ne** = número de pies por hectárea extraídos.

**Ge** = área basimétrica extraída ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ).

**Ve** = volumen extraído ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ).

Si se selecciona la pestaña **Biomasa** se muestran las variables:

**W** = biomasa arbórea aérea total del rodal ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Wfb** = biomasa de madera y corteza del árbol ( $\text{t}/\text{ha}$ ), correspondiente a la parte del tronco y a las ramas que tienen un diámetro mínimo en punta delgada de 7 cm.

**Wb27** = biomasa de madera y corteza de las ramas del árbol que tienen un diámetro máximo en punta gruesa de 7 cm y mínimo en punta delgada de 2 cm ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Wb02** = biomasa de madera y corteza de las ramas del árbol que tienen un diámetro máximo en punta gruesa de 2 cm ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**WI** = biomasa de acículas del árbol ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**We** = biomasa arbórea aérea total del rodal extraída ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Wfbe** = biomasa extraída de madera y corteza del árbol ( $\text{t}/\text{ha}$ ), correspondiente a la parte del tronco y a las ramas que tienen un diámetro mínimo en punta delgada de 7 cm.

**Wb27e** = biomasa extraída de madera y corteza de las ramas del árbol que tienen un diámetro máximo en punta gruesa de 7 cm y mínimo en punta delgada de 2 cm ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Wb02e** = biomasa extraída de madera y corteza de las ramas del árbol que tienen un diámetro máximo en punta gruesa de 2 cm ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Wle** = biomasa extraída de acículas del árbol ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

En el caso de seleccionar la pestaña **Carbono** se muestran las variables:

**C** = carbono arbóreo aéreo total del rodal ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Cfb** = carbono de madera y corteza del árbol ( $\text{t}/\text{ha}$ ), correspondiente a la parte del tronco y a las ramas que tienen un diámetro mínimo en punta delgada de 7 cm.

**Cb27** = carbono de madera y corteza de las ramas del árbol que tienen un diámetro máximo en punta gruesa de 7 cm y mínimo en punta delgada de 2 cm ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Cb02** = carbono de madera y corteza de las ramas del árbol que tienen un diámetro máximo en punta gruesa de 2 cm ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**CI** = carbono de acículas del árbol ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Ce** = carbono arbóreo aéreo total del rodal extraído ( $\text{t}/\text{ha}$ ).





**Cfbe** = carbono extraído de madera y corteza del árbol ( $\text{t}/\text{ha}$ ), correspondiente a la parte del tronco y a las ramas que tienen un diámetro mínimo en punta delgada de 7 cm.

**Cb27e** = carbono extraído de madera y corteza de las ramas del árbol que tienen un diámetro máximo en punta gruesa de 7 cm y mínimo en punta delgada de 2 cm ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Cb02e** = carbono extraído de madera y corteza de las ramas del árbol que tienen un diámetro máximo en punta gruesa de 2 cm ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

**Cle** = carbono extraído de acículas del árbol ( $\text{t}/\text{ha}$ ).



En la parte superior derecha de la ventana **Distribución diamétrica** (figura 28) aparece el icono , que genera un informe (figura 29) en forma de tabla con formato de texto, que se puede guardar (icono ) , configurar (icono ) o imprimir (icono ) . Además, la información de este informe se puede copiar y pegar en cualquier aplicación informática que admita estas tareas frecuentemente empleadas en el sistema operativo Windows (procesadores de texto, hojas de cálculo, etc.), para lo cual habrá que seleccionar primero con el puntero del ratón la información a copiar, utilizar la secuencia de teclado **Ctrl+C** (copiar), ir al destino donde se pretende copiar esa información y pegarla utilizando la secuencia de teclado **Ctrl+V** (pegar).

Informe - CD: Rodal 1 (P. radiata) (t = 33)

**GesMO®**  
© 2008 Universidade de Santiago de Compostela

**INFORME DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA**  
Fecha de la simulación: 29/07/2009  
Modelo: *Pinus radiata*

**Rodal: Rodal 1 (P. radiata) (t = 33)**

CD	N	vu	G	V	Ne	Ge	Ve	Np	Gp	Vp
8,5	1,1	0,0354	0,008	0,039	1,1	0,008	0,039	0,0	0,000	0,000
9,5	1,6	0,0483	0,011	0,074	1,6	0,011	0,074	0,0	0,000	0,000
10,5	2,2	0,0588	0,019	0,129	2,2	0,019	0,129	0,0	0,000	0,000
11,5	2,9	0,0731	0,030	0,212	2,9	0,030	0,212	0,0	0,000	0,000
12,5	3,9	0,0892	0,048	0,348	3,9	0,048	0,348	0,0	0,000	0,000
13,5	4,9	0,1071	0,070	0,525	4,9	0,070	0,525	0,0	0,000	0,000
14,5	6,2	0,1269	0,102	0,787	6,2	0,102	0,787	0,0	0,000	0,000
15,5	7,6	0,1486	0,143	1,129	7,6	0,143	1,129	0,0	0,000	0,000
16,5	9,2	0,1722	0,197	1,584	9,2	0,197	1,584	0,0	0,000	0,000
17,5	11,0	0,1977	0,265	2,175	11,0	0,265	2,175	0,0	0,000	0,000
18,5	12,9	0,2252	0,347	2,905	12,9	0,347	2,905	0,0	0,000	0,000
19,5	14,9	0,2547	0,445	3,795	14,9	0,445	3,795	0,0	0,000	0,000
20,5	16,9	0,2861	0,558	4,836	16,9	0,558	4,836	0,0	0,000	0,000
21,5	18,9	0,3196	0,686	6,040	18,9	0,686	6,040	0,0	0,000	0,000
22,5	20,8	0,3550	0,827	7,385	20,8	0,827	7,385	0,0	0,000	0,000
23,5	22,6	0,3925	0,980	8,871	22,6	0,980	8,871	0,0	0,000	0,000
24,5	24,1	0,4320	1,136	10,411	24,1	1,136	10,411	0,0	0,000	0,000
25,5	25,4	0,4735	1,297	12,028	25,4	1,297	12,028	0,0	0,000	0,000
26,5	26,2	0,5171	1,445	13,547	26,2	1,445	13,547	0,0	0,000	0,000
27,5	26,6	0,5627	1,580	14,967	26,6	1,580	14,967	0,0	0,000	0,000
28,5	26,5	0,6103	1,691	16,172	26,5	1,691	16,172	0,0	0,000	0,000
29,5	25,9	0,6599	1,770	17,091	25,9	1,770	17,091	0,0	0,000	0,000
30,5	24,8	0,7116	1,812	17,647	24,8	1,812	17,647	0,0	0,000	0,000
31,5	23,2	0,7653	1,808	17,754	23,2	1,808	17,754	0,0	0,000	0,000
32,5	21,3	0,8210	1,767	17,487	21,3	1,767	17,487	0,0	0,000	0,000

Copiar texto seleccionado al portapapeles (Control+C)




**Figura 29.** Informe con los resultados de la desagregación de las existencias de un rodal.

## 9. Informes y gráficas

Desplegando el panel **Informes y gráficas** de la ventana **Simulación** (figura 8) aparecen las opciones que se muestran en la figura 30.



**Figura 30.** Panel desplegable para la generación de informes y la realización de gráficas.

Haciendo clic en **Generar informe...** el programa crea un informe de evolución de las variables del rodal con la edad (figura 31), correspondiente a la tabla mostrada en la ventana **Simulación** (figura 8), en forma de tabla con formato de texto, que se puede guardar (icono ) , configurar (icono ) o imprimir (icono ). Además, la información de este informe se puede copiar y pegar en cualquier aplicación informática que admita estas tareas frecuentemente empleadas en el sistema operativo Windows (procesadores de texto, hojas de cálculo, etc.), para lo cual habrá que seleccionar primero con el puntero del ratón la información a copiar, utilizar la secuencia de teclado **Ctrl+C** (copiar), ir al destino donde se pretende copiar esa información y pegarla utilizando la secuencia de teclado **Ctrl+V** (pegar).

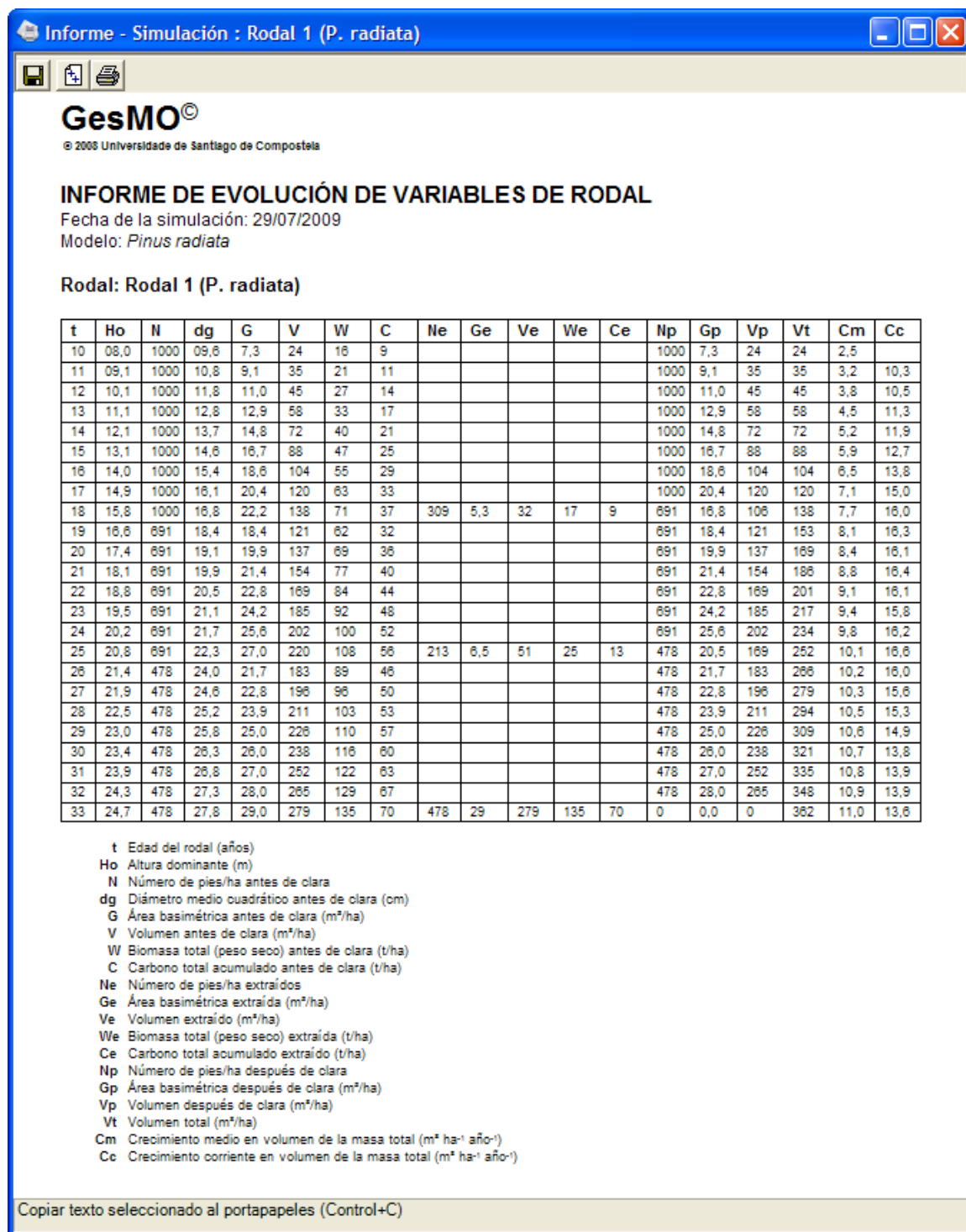


Figura 31. Informe de evolución de las variables del rodal con la edad.

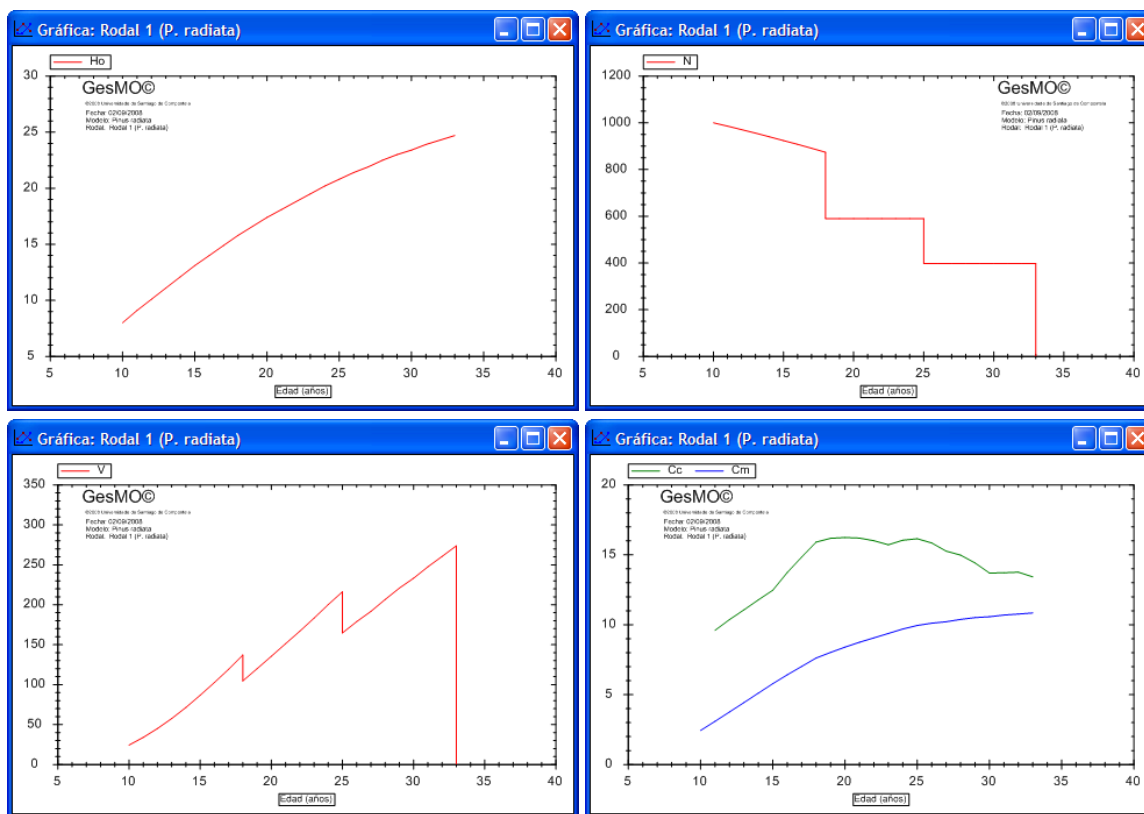
A la derecha de cada fila de la tabla numérica que muestra los valores de las diferentes variables del rodal en la ventana de simulación (figura 8) aparece una casilla de verificación

Filtro

nombrada como **Filtro** ( ☒ ) que se puede activar o desactivar. Con ella se puede mostrar u ocultar dicha fila en la propia ventana de simulación y en los informes que se generen, para lo cual

habrá que activar la casilla de verificación **Filtro** (☒ Filtro) del panel desplegable **Informes y gráficas** (figura 30). El filtro es muy útil cuando se desea reducir el tamaño de las tablas numéricas generadas, especialmente cuando se trate de simular largos períodos de años, permitiendo al usuario mostrar la información exclusivamente en intervalos de varios años (por ejemplo, 3, 5, 10, etc.) y/o a las edades en las que se proponga alguna intervención selvícola.

Por otra parte, haciendo clic en **Generar gráfica...** en el panel desplegable **Informes y gráficas** (figura 30) el programa permite mostrar los gráficos de evolución de las siguientes variables de rodal con la edad: altura dominante **Ho** (m), número de pies por hectárea **N**, área basimétrica **G** (m<sup>2</sup>/ha), volumen de la masa principal antes de clara **V** (m<sup>3</sup>/ha), volumen de la masa total **Vt** (m<sup>3</sup>/ha), crecimiento corriente anual **Cc** (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y crecimiento medio anual **Cm** (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). Para ello se debe seleccionar previamente la variable o las variables que se quieran representar, teniendo en cuenta que sólo los crecimientos medio y corriente pueden visualizarse de forma simultánea. En la figura 32 se muestran diversos ejemplos de la evolución de distintas variables de rodal con la edad.



**Figura 32.** Gráficos de evolución de diversas variables de rodal con la edad.

## 10. Bibliografía

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. Xunta de Galicia (incluye la Adenda A de fecha 29/10/2012).

## Anexo I: Modelos implementados y limitaciones a su uso

La descripción de los seis modelos implementados en GesMO® 2.1 puede consultarse en el libro:

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. Xunta de Galicia.

y en la Adenda A al mismo de fecha 29/10/2012, todo descargarse gratuitamente de la página Web del grupo de investigación *Unidade de Xestión Forestal Sostible* (UXFS) de la Universidad de Santiago de Compostela (<http://www.usc.es/uxfs/>).

Para un mayor detalle, puede acudir a las siguientes publicaciones:

Barrio-Anta, M., Balboa-Murias, M.A., Castedo-Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Álvarez González, J.G. 2006. An ecoregional model for estimating volume, biomass and carbon pools in maritime pine stands in Galicia (northwestern Spain). *For. Ecol. Manage.* 223, 24-34.

Barrio-Anta, M., Castedo-Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Álvarez González, J.G., Parresol, B.R., Rodríguez Soalleiro, R. 2006. Development of a basal area growth system for maritime pine in northwestern Spain using the generalized algebraic difference approach. *Can. J. For. Res.* 36(6), 1461-1474.

Castedo-Dorado, F. 2004. Modelo dinámico de crecimiento para las masas de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. Simulación de alternativas selvícolas con inclusión del riesgo de incendio. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

Castedo-Dorado, F., Barrio-Anta, M., Parresol, B.R., Álvarez González, J.G. 2005. A stochastic height-diameter model for maritime pine ecoregions in Galicia (northwestern Spain). *Ann. For. Sci.* 62, 455-465.

Castedo-Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Álvarez-González, J.G., 2007. A growth model for *Pinus radiata* D. Don stands in north-western Spain. *Ann. For. Sci.* 64, 453-465.

Diéguez-Aranda, U. 2004. Modelo dinámico de crecimiento para masas de *Pinus sylvestris* L. procedentes de plantación en Galicia. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

- Diéguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., Álvarez-González, J.G., Rojo Alboreca, A. 2006. Dynamic growth model for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations in Galicia (north-western Spain). *Ecological Modelling* 191(2), 225-242.
- Gómez-García, E. 2011. Modelos dinámicos de crecimiento para rodales regulares de *Betula pubescens* Ehrh. y *Quercus robur* L. en Galicia. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

A la hora de utilizar los modelos dinámicos de crecimiento incluidos en GesMO® 2.1 es necesario tener en cuenta las siguientes limitaciones:

- ✓ Deben utilizarse con precaución en rodales jóvenes, de menos de unos 10 años en masas de *Betula alba*, *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*, de menos de 15 en masas de *Pinus sylvestris* y de menos de 20 en el caso de *Quercus robur*. Ello es debido, por una parte, a que para la construcción de los modelos se muestrearon pocos rodales con edades inferiores a las indicadas y, por otra, a la gran variabilidad de las características dasométricas en ese tipo de rodales. Asimismo, los límites superiores de edad recomendados para la realización de simulaciones son 40 años para rodales de *Pinus pinaster*, 45 para *Betula alba* y *Pinus radiata*, 55 para *Pinus sylvestris* y 100 para *Quercus robur*, pues tampoco se inventariaron muchos rodales de edades superiores en cada especie, aunque el adecuado comportamiento de las funciones desarrolladas permite realizar extrapolaciones de los resultados dentro de límites razonables. Para los rodales de *Pinus sylvestris*, dicha extrapolación podría llegar a edades relativamente próximas a la edad del turno estimado para la especie en Galicia (80-100 años). En todo caso, se recomienda que la edad inicial para las simulaciones oscile entre los valores mínimo y máximo de los datos utilizados en la elaboración de los modelos para cada especie.
- ✓ Por lo que se refiere a las variables de estado altura dominante, área basimétrica y número de pies por hectárea, y de acuerdo con los datos utilizados en la elaboración de los modelos, se recomienda que para la edad inicial de la simulación oscilen entre los valores máximo y mínimo expuestos para cada especie en el apartado 4.2.1 del libro “Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia” (Diéguez-Aranda et al., 2009) y en su Adenda A de fecha 29/10/2012. Además, en el caso de la especie *Pinus pinaster*, la ecuación de inicialización de área basimétrica no debe utilizarse para rodales de más de 15 años, debido a que los datos experimentales utilizados para su ajuste correspondieron a rodales no aclarados con una edad inferior a la indicada.
- ✓ En cuanto a la evolución del número de pies por hectárea, no se somete a restricción en los modelos, de modo que puede plantearse cualquier situación posible eligiendo los marcos de plantación y regímenes de clara que interesen, siempre que la evolución propuesta esté representada en las parcelas empleadas para ajustar el modelo. Es decir, a cualquier edad se puede simular un claro o una clara, fijar el número de pies o el área basimétrica a extraer, y comprobar los efectos de esta intervención sobre el resto de

variables del rodal. En este sentido, el tipo de clara que se puede plantear debe ser por lo bajo, sistemática o semisistemática (clara sistemática por filas más clara por lo bajo entre las filas), y de peso débil o moderado, ya que son los tipos de clara que se encuentran representados en los datos experimentales utilizados. Los resultados obtenidos planteando claras con pesos muy fuertes deben tomarse con cautela, ya que para las especies estudiadas se desconoce el patrón de crecimiento del área basimétrica tras una clara de esas características.



## Anexo II: Metodología de simulación del efecto de las claras en la distribución diamétrica

GesMO® 2.1 permite simular claras de tipo sistemático y/o por lo bajo, en ambos casos expresando su peso como porcentaje del número de árboles por hectárea **N** o del área basimétrica **G** con respecto a la masa antes de clara.

Las claras sistemáticas simulan una extracción del porcentaje especificado de **N** o **G** en todas las clases diamétricas del rodal. Sin embargo, las claras por lo bajo no afectan a todas las clases diamétricas en un mismo porcentaje, por lo que su simulación es más compleja. Ésta se realiza sobre la base de la distribución diamétrica inicial, del peso de clara y de la variable que lo define (**N** o **G**). A partir de estas variables se estima la distribución diamétrica resultante después del tratamiento y, por diferencia entre ambas, la extraída. Para ello se ha seguido la metodología de simulación del efecto de las claras propuesta por Lemm (1991).

La idea que subyace tras esta metodología es que el tanto por uno de árboles que permanecen en pie tras una clara ( $I$ ) y que pertenecen a una determinada clase diamétrica cuyo diámetro central es  $x$  depende de su posición en la función de distribución de frecuencias acumuladas  $F(x)$  antes de realizar dicha clara. Para claras por lo bajo, que son las más frecuentes en los rodales de pino de Galicia, la relación es la siguiente (Lemm, 1991):

$$I(F(x)) = F(x)^g \quad (1)$$

donde el parámetro  $g$  es función del peso de la clara (definido como el tanto por uno de árboles extraídos), tomando valores mayores o iguales a cero. Conocido el tanto por uno de árboles que permanecen en pie de una clase diamétrica se puede deducir el tanto por uno total de la masa ( $L$ ), cuyo valor viene dado por:

$$L = \int_0^1 F(x)^g \cdot dF = \left[ \frac{1}{g+1} \cdot F(x)^{g+1} \right]_0^1 = \frac{1}{g+1} \quad (2)$$

donde  $L$ , expresada en términos de peso de clara, es igual a 1 menos el tanto por uno de árboles extraídos ( $N_{extr}/N_{ac}$ ), por lo que  $L$  se puede expresar como:

$$\frac{1}{g+1} = 1 - \frac{N_{extr}}{N_{ac}} = L \quad (3)$$

Puesto que la relación anterior depende de la relación entre el número de árboles extraído y el que hay antes de la clara, si el peso de la misma se quiere definir como un porcentaje del área

basimétrica antes de clara, es necesario utilizar un procedimiento iterativo para estimar el número de árboles con el que se correspondería el área basimétrica extraída.

Si no se lleva a cabo ninguna clara (es decir, si  $L = 1$ )  $g$  toma el valor 0; a medida que el peso de la clara aumenta  $g$  también lo hace, y el tanto por uno de árboles que permanecen en pie tras la clara ( $L$ ) disminuye. El número de árboles de una determinada clase diamétrica  $i$  (de centro de clase  $x_i$  y extremos  $x_i - \Delta/2$  y  $x_i + \Delta/2$ ) que permanecen en pie tras la clara ( $ndc_i$ ) puede calcularse directamente a partir de la función de distribución antes de clara y del valor de  $l$ :

$$ndc_i = N_{ac} \cdot \int_{F(x_i - \Delta/2)}^{F(x_i + \Delta/2)} l \cdot dF \quad (4)$$

Sustituyendo en la ecuación (4) el término  $l$  por el valor obtenido en la ecuación (1) e integrando se llega al siguiente resultado, que permite obtener el número de árboles de la clase diamétrica  $i$  después de clara:

$$ndc_i = N_{ac} \cdot \int_{F(x_i - \Delta/2)}^{F(x_i + \Delta/2)} F(x)^g \cdot dF = N_{ac} \cdot L \cdot (F(x_i + \Delta/2)^{1/L} - F(x_i - \Delta/2)^{1/L}) \quad (5)$$

Como se aprecia, la ecuación (5) es coherente con una situación en la que no se realiza tratamiento alguno, puesto que en este caso  $L = 1$  y, por tanto,  $ndc_i = N_{ac} \cdot (F(x_i + \Delta/2) - F(x_i - \Delta/2))$ . Por otra parte, el grado de selectividad de los árboles afectados depende del peso del tratamiento: para claras débiles en las que se extrae un pequeño número de árboles, el mayor porcentaje recae sobre los más pequeños, y a medida que aumenta el peso se van viendo afectadas las clases diamétricas superiores siguientes.

Esta metodología de simulación del efecto de la clara ha sido aplicada con éxito en diversos estudios, la mayoría referidos a claras por lo bajo (Lemm, 1991; Gadow y Hui, 1997; Álvarez González et al., 2002). Como principal ventaja destaca su simplicidad y la precisión de sus estimaciones cuando se llevan a cabo claras por lo bajo; sin embargo, presenta el inconveniente de que su aplicación es problemática cuando los tratamientos afectan a las clases sociológicas superiores de la masa (Álvarez González et al., 2002).

## Bibliografía

- Álvarez González, J.G., Schröder, J., Rodríguez R., Ruiz, A.D. 2002. Modelling the effect of thinnings on the diameter distributions of even-aged Maritime pine stands. For. Ecol. Manage. 165, 57-65.
- Gadow, K.v., Hui, G.Y. 1997. Modellierung forstlicher Eingriffe in Plantagenwäldern. Forstarchiv 68, 59-63.
- Lemm, R. 1991. Ein dynamisches Forstbetriebssimulationsmodell. Dis Professur für Forsteinrichtung und Waldwachstum der ETH, Zürich.

## Anexo III: Evaluación económica: VAN y TIR

Para realizar una evaluación económica del ciclo productivo de una especie forestal es necesario conocer:

- ✓ Volúmenes y dimensiones de los productos a obtener en las distintas alternativas selvícolas.
- ✓ Precios de los diferentes productos, en función de sus dimensiones y destinos.
- ✓ Gastos que se pueden generar a lo largo de la vida del rodal.
- ✓ Tipo de interés que se debe aplicar para realizar la actualización del flujo de caja.

A partir de estos datos se realiza un balance de gastos e ingresos para todo el ciclo productivo de la especie considerada, siempre teniendo en cuenta intereses o descuentos de las cantidades invertidas y percibidas, según diferentes modelos económicos.

Estos cálculos se realizan aceptando las hipótesis de estabilidad de precios y del tipo de interés, lo que quiere decir que no existiría inflación, o bien que los precios de los productos y los costes unitarios de las operaciones selvícolas se incrementarían acumulativamente con el mismo porcentaje anual que la inflación. Estas simplificaciones, poco realistas, no restan valor a estos cálculos para comparar alternativas.

Además, en los análisis para la determinación de la rentabilidad económica es posible utilizar usos no productivos del monte, siempre y cuando la valoración monetaria de los mismos sea satisfactoria.

### El interés

La introducción de la variable tiempo complica el análisis del balance entre gastos e ingresos, ya que las cantidades y/o valores disponibles en fechas distintas no se pueden comparar directamente (Madrigal, 1994). Entonces, resulta necesario traducir valores monetarios de una fecha a otra, para poder realizar comparaciones fiables.

Para ello, si se supone que la variable tiempo es discreta (y medida en años), entre dos valores  $V_0$  y  $V_1$ , separados entre sí un año, existe la relación  $V_1 = V_0 \cdot (1+i)$ , donde  $i > 0$  es el denominado “tipo de interés o tipo de preferencia temporal”.

Existen, por tanto, unos factores que permiten traducir valores de una fecha a otra, que son los siguientes:

- ✓  $V_t = V_0 \cdot (1+i)^t$ , siendo  $(1+i)^t$  el denominado factor de capitalización discreta para  $t$  años (lleva al año  $t$  el valor  $V_0$ ).
- ✓  $V_0 = V_t \cdot (1+i)^{-t}$ , siendo  $(1+i)^{-t}$  el denominado factor de actualización discreta para  $t$  años (lleva al año cero el valor  $V_t$ ).

Los factores anteriores son válidos para valores que crecen o decrecen en el tiempo de forma discontinua o discreta, típico de la práctica financiera, donde los intereses se acumulan al capital de forma anual, semestral, mensual, etc.

Sin embargo, en los fenómenos biológicos el crecimiento (fenómeno análogo a la incorporación del interés al capital) tiene lugar de forma continua, y por tanto es necesario hacer un planteamiento similar al anterior, pero considerando el límite en el cual la unidad de tiempo tiende a cero. Así:

- ✓  $V_t = V_0 \cdot e^{i \cdot t}$ , siendo  $e^{i \cdot t}$  el denominado factor de capitalización continua para  $t$  años (lleva al año  $t$  el valor  $V_0$ ).
- ✓  $V_0 = V_t \cdot e^{-i \cdot t}$ , siendo  $e^{-i \cdot t}$  el denominado factor de actualización continua para  $t$  años (lleva al año cero el valor  $V_t$ ).

La función de actualización continua crece más deprisa que la discreta, ya que en  $V_0 \cdot e^{i \cdot t}$  el interés se convierte en capital nada más ser generado.

GesMO® 2.1 utiliza la actualización discreta en los cálculos del VAN y la TIR.

Una decisión fundamental para los cálculos de la rentabilidad económica es la elección de la tasa de descuento, debido a las peculiaridades de los proyectos forestales, como su larga duración, la existencia de diversos *outputs*, incertidumbre, etc. (Díaz Balteiro, 1997).

El interés  $i$  a utilizar en la evaluación económica de alternativas silvícolas puede ser:

- ✓ El interés a que se toma prestado el dinero, si el proyecto se financia por endeudamiento.
- ✓ El interés que se conseguiría con el mejor uso alternativo del dinero, si el proyecto se financia por medios propios.

Se supone que ambos tipos de interés coinciden, y se les denomina “tipo de interés en el mercado de capitales” o “tasa privada de descuento”.

## Criterios de evaluación de proyectos

En primer lugar, es necesario definir una serie de términos:

- ✓ Proyecto: es un conjunto de cantidades fechadas, siendo negativas los costes netos (gastos de repoblación, de tratamientos selvícolas posteriores, de gestión, de guardería, impuestos, etc.), con su fecha, y positivas los beneficios netos (ingresos por venta de madera en claras y corta final, subvenciones, etc.), también con su fecha. Un proyecto es, por ejemplo, cortar un rodal de *Pinus pinaster* a los 35 años, y otro distinto cortar el mismo rodal a los 40 años.
- ✓ Flujo de caja (*Cash flow*): es la sucesión ordenada de esas cantidades, incluyendo ceros en las fechas en las que no hay costes ni beneficios.
- ✓ Horizonte del proyecto: es la longitud del flujo de caja en años, es decir, en este caso el turno  $T$ .

Entonces, algunos de los criterios de evaluación de proyectos son los siguientes:

- ✓ VAN: Valor Actual Neto (o valor capital).
- ✓ TIR: Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rentabilidad.
- ✓ Relación Beneficio/Coste.
- ✓ Etc.

Existen otros criterios para evaluar proyectos, pero son los dos primeros los más utilizados y los que calcula GesMO® 2.1.

Sea  $S_t$  ( $t = 0, 1, 2, \dots, T$ ) el flujo de caja de un proyecto de horizonte  $T$  (turno). Se define el VAN del proyecto, para un interés  $i$  de actualización, como:

$$\text{VAN}(i) = \sum_0^T S_t \cdot (1+i)^{-t}$$

Es decir, el VAN mide el valor neto de todo el flujo del proyecto (desde el año cero al año  $T$ ) en el año inicial  $t = 0$ , en el que se realiza el análisis, o dicho de otro modo, trae todas las cantidades al momento inicial para poder compararlas.

El VAN mide la rentabilidad absoluta de un proyecto. Como es lógico, la alternativa que produzca un mayor VAN será la mejor, y será necesario que dicho valor sea positivo para que la alternativa correspondiente sea rentable. A igualdad de otras condiciones, cuanto menor sea el tipo de interés  $i$  mayor será el VAN.

Por su parte, la TIR se define como aquel valor particular del interés que hace cero el VAN, es decir, si:

$$VAN(j) = \sum_0^T S_t \cdot (1+j)^{-t} = 0$$

entonces  $j = \text{TIR}$ .

Una inversión será viable cuando su TIR exceda al tipo de interés  $i$  al cual el inversor puede conseguir recursos financieros. La TIR, entonces, indica la rentabilidad relativa del proyecto, de tal forma que la alternativa que produzca una mayor TIR será la mejor.

En estos análisis se pueden incluir los riesgos de mantener el rodal sin cortar, debido a la posibilidad de que sea destruido por incendios, plagas, etc. Para ello, lo más sencillo es utilizar un tipo de interés superior al del mercado.

## Bibliografía

- Díaz Balteiro, L. 1997. Elección de la tasa de descuento en la gestión forestal. En: Puertas, F. y Rivas, M. (Eds.). Libro de Actas del II Congreso Forestal Español. Mesa 8, 443-448.
- Madrigal, A. 1994. Ordenación de montes arbolados. Colección Técnica. ICONA-Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 2ª Edición (2003). Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.