

## **ANEXO. ENTREGABLE**

### **FV6 INFORME CON LAS SIMULACIONES Y LOS BALANCES ECONÓMICOS PARA LOS ITINERARIOS SELVÍCOLAS PROPUESTOS.**

#### **1. Introducción**

El objetivo de este informe es explicar cuáles han sido los escenarios selvícolas analizados, el procedimiento de simulación empleado y el resultado de los balances económicos obtenidos, presentándose este último objetivo en un anexo al presente documento.

#### **2. Itinerarios selvícolas**

De entre las múltiples alternativas de gestión disponibles en la literatura y recomendadas por expertos en la gestión de la especie se llegó al acuerdo (corroborado por el resto de socios) de abordar la simulación de 4 itinerarios, resumidas en la Tabla 1. Es necesario mencionar que para el escenario MG2 se analizó el balance económico considerando también la alternativa de regeneración natural.

**Tabla 1. Resumen de los atributos de los cuatro itinerarios selvícolas analizados**

Nombre del itinerario selvícola	M2-Estándar habitual	M4-Turno corto con subsidios	MG2-Madera para trituración, sierra y chapa	M8- Sin gestión
<b>Objetivo de gestión</b>	Troncos de 1 a 1,2 m <sup>3</sup>	Troncos pequeños de 0,3 a 0,4 m <sup>3</sup>	Optimizar la producción económica del monte 400-500 pies de calidad para madera sólida en la corta final	"Sin objetivos"
<b>Preparación del terreno</b>	Laboreo en líneas. Fertilización.	Laboreo completo. Fertilización.	Ahoyado mecanizado o subsolado lineal en máxima pendiente levantando el subsolador en la línea para evitar surcos de escorrentía. Ejecución en tiempo seco, dos meses de antelación a la plantación. Raspas picadas de 40X40x20 cm	productivos"
<b>Composición del rodal</b>	Monoespecífica	Monoespecífica	Monoespecífico	No
<b>Estructura del rodal</b>	Masa regular	Masa regular	Masa regular	Mixta
<b>Material genético</b>	Plantas genéticamente mejoradas.	Plantas genéticamente mejoradas	Preferiblemente mejorado o rodal selecto de origen la región de procedencia en que se incluya el monte a repoblar y excepcionalmente de otras regiones de procedencias si tiene algún nivel de mejora	Masa irregular
<b>Tipo de regeneración</b>	Plantación 1250 pies/ha	1250 pies/ha	Plantación a raíz desnuda a savia parada (finales de octubre a marzo) y con envase hasta mayo si hay tempero. Plantación con barra para asegurarse la colocación de la planta recta. Fertilizado NPK bajo en nitrógeno y liberación gradual.	No.
<b>Clareo y control de la competencia</b>	Desbroce completo a los 5 años y siempre que haya una intervención (4-5 veces con las claras)	Desbroce completo a los 5 años.	8-10 años. dejar 1000-1200 pies/ha por lo bajo (sobre árboles dominados y con defectos) Ó si es regenerado natural a 2-5 años clareo-desbroce sistemático por fajas y selectivo dentro de la faja que queda hasta densidad de 1000 a 1200 pies/ha, de forma escalonada si hay problema de viento fuerte o densidad inicial muy elevada. Y mantenimiento entre líneas de plantación y manual o químico en las plantas, o con ganado.	Regeneración natural.
<b>Claros/Podas</b>	3 claras. Sin podas.	1 clara. Sin podas.	1ª Clara hasta dejar 1000 pies/ha a 15-20 años. 2ª clara a 20-30 años hasta dejar 400-500 pies/ha y 700 pies/ha si hay otra clara. Poda baja (3 m) cuando la altura es de 5-7 m y el diámetro normal medio de 10 cm en los 100-1200 pies/ha restantes tras clareo. Poda alta hasta 6 m (si no hay poda natural) cuando los pies alcancen 12-15 m y diámetro normal de 18 cm sobre 400-500 pies/ha que se dejarán en la corta final. E intensidades de poda	No

Nombre del itinerario selvícola	M2-Estándar habitual	M4-Turno corto con subsidios	MG2-Madera para trituración, sierra y chapa	M8- Sin gestión
			entre 1/3 y 1/2 de la altura total del árbol. 3ª Clara opcional hasta dejar 400-500 pies/ha (25-35 años)	

### 3. Ecuaciones utilizadas

Se consideró como opción óptima el modelo dinámico de crecimiento de Diéguez-Aranda et al (2009)<sup>1</sup>, que incluye ecuaciones para las proyecciones de crecimiento, modelo de perfil para cubicar y ecuación de índice de sitio para la calidad de estación. Además, incluye ecuaciones diferenciadas para las masas de interior y de costa, según la división establecida en el Plan de Mejora Genética Forestal de Galicia<sup>2</sup>, y que puede consultarse en la Figura 1.

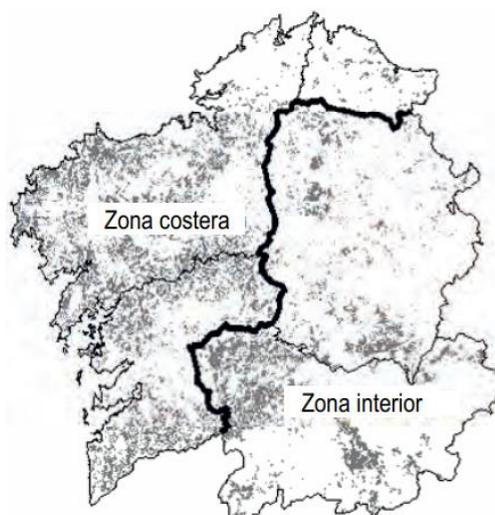


Figura 1. Delimitación de las zonas costera e interior para *Pinus pinaster* en Galicia en función de sus diferentes pautas de crecimiento. Tomado de Diéguez-Aranda et al (2009)

El conjunto de ecuaciones empleada en la simulación se detalla en a continuación:

Función de transición para la altura dominante (ecuación de índice de sitio)	
Funciones de transición	$H_{02} = \frac{72,69 - 27,86 \cdot I + X_0}{1 - (2,993 + 5,084 \cdot I) \cdot X_0 \cdot t_2^{-1,486}}$
	<p>, donde</p> $\text{donde } X_0 = \frac{H_{01} - 72,69 + 27,86 \cdot I}{1 + (2,993 + 5,084 \cdot I) \cdot H_{01} \cdot t_1^{-1,486}}$
	<p>e <i>I</i> es una variable <i>dummy</i> (ficticia) que toma el valor 1 para la zona costera y 0 para la zona interior</p>
Función de transición para el número de pies por hectárea	
No disponible: apenas existe disminución del número de pies por competencia en las parcelas estudiadas	

<sup>1</sup> Diéguez-Aranda, Ulises, Alberto Rojo-Alboreca, Fernando Castedo-Dorado, Juan Gabriel Álvarez-González, Marcos Barrio-Anta, Felipe Crecente-Campo, José Mario González-González, et al. 2009. Herramientas Selvícolas Para La Gestión Forestal Sostenible En Galicia. Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia

<sup>2</sup> Vega Alonso, P., Vega Alonso, G., González Rosales, M., Rodríguez San José, A. 1993a. Mejora del *Pinus pinaster* Ait. en Galicia. I Congreso Forestal Español, 14–18 de junio de 1993, Lourizán, Pontevedra. pp. 129–134. Tomo II.

**Función de transición para el área basimétrica**

$$G_2 = \exp(X_0) \cdot \exp\left(-(-167,5 + (999,1 - 50,34 \cdot I)/X_0) \cdot t_2^{-0,8936}\right),$$

donde

$$X_0 = \frac{t_1^{-0,8936}}{2} \cdot \left(-167,5 + t_1^{0,8936} \cdot \ln(G_1) + \sqrt{4 \cdot (999,1 - 50,34 \cdot I) \cdot t_1^{0,8936} + (167,5 - t_1^{0,8936} \cdot \ln(G_1))^2}\right)$$

**Función de inicialización del área basimétrica**

$$G = \exp(X_0) \cdot \exp\left(-(-167,5 + (999,1 - 50,34 \cdot I)/X_0) \cdot t^{-0,8936}\right)$$

donde

$$X_0 = (4,363 - 0,1489 \cdot I) \cdot IS^{0,07383}$$

**Desagregación (diámetro medio aritmético)**

$$\bar{d} = d_g - \exp\left(-0,4456 - \frac{10,99}{t} + 0,02221 \cdot H_0\right)$$

**Función altura-diámetro generalizada**

$$h = \left( \frac{1,3^{1,894+1,469 \cdot I} + (H_0^{1,894+1,469 \cdot I} - 1,3^{1,894+1,469 \cdot I})^{1/(1,894+1,469 \cdot I)}}{1 - \exp(-(0,04611 - 0,04734 \cdot I) \cdot d)} \cdot \frac{1 - \exp(-(0,04611 - 0,04734 \cdot I) \cdot d_0)}{1 - \exp(-(0,04611 - 0,04734 \cdot I) \cdot d_0)} \right)$$

Funciones de salida

**Función de perfil del tronco y tarifa de cubicación de árbol individual**

$$d_i = c_1 \cdot \sqrt{H^{(k-d_1)/d_1} \cdot (1-q)^{(k-\beta)/\beta} \cdot \alpha_1^{1+l_2} \cdot \alpha_2^{l_2}}; k = \pi/40.000; q = h_i/h$$

$$\begin{cases} l_1 = 1 \text{ si } p_1 \leq q \leq p_2; 0 \text{ en caso contrario} \\ l_2 = 1 \text{ si } p_2 < q \leq 1; 0 \text{ en caso contrario} \end{cases}; \beta = b_1^{1-(l_1+l_2)} \cdot b_2^{l_1} \cdot b_3^{l_2}; \alpha_1 = (1-p_1)^{\frac{(d_2-d_1) \cdot k}{d_1 \cdot d_2}}$$

$$; \alpha_2 = (1-p_2)^{\frac{(d_3-d_2) \cdot k}{d_2 \cdot d_3}}; r_0 = (1-h_{st}/h)^{k/d_1}; r_1 = (1-p_1)^{k/d_1}; r_2 = (1-p_2)^{k/d_2}$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2 \cdot k/d_1}}{b_1 \cdot (r_0 - r_1) + b_2 \cdot (r_1 - \alpha_1 \cdot r_2) + b_3 \cdot \alpha_1 \cdot r_2}}; v = a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2}$$

$$a_0 = 3,974 \cdot 10^{-5}; a_1 = 1,876; a_2 = 1,079; b_1 = 1,003 \cdot 10^{-5}; b_2 = 3,695 \cdot 10^5; b_3 = 2,910 \cdot 10^5; p_1 = 0,1013; p_2 = 0,7233$$

**Tarifa de cubicación de rodal**

$$V = 5,480 \cdot 10^{-4} \cdot d_g^{1,430-0,07553 \cdot I} \cdot H_0^{1,220} \cdot N^{0,7681+0,02974 \cdot I}$$

Nota: I = variable *dummy* (ficticia) que toma el valor 1 para la zona costera y 0 para la zona interior.

El modelo de cubicación elegido sigue la formulación de Fang et al. (2000)<sup>3</sup> asume que el tronco de un árbol puede asimilarse a tres segmentos que representan tres formas geométricas distintas, y por tanto posee dos puntos de unión. La expresión de la función de perfil es:

$$d_i = c_1 \cdot \sqrt{H^{(k-d_1)/d_1} \cdot (1-q)^{(k-\beta)/\beta} \cdot \alpha_1^{1+l_2} \cdot \alpha_2^{l_2}}$$

<sup>3</sup> Fang, Z., Borders, B.E., Bailey, R.L. 2000. Compatible volume-taper models for loblolly and slash pine based on a system with segmented-stem form factors. For. Sci. 46, 1-12.

donde

$$k = \pi^2 / 40.000 \quad q = h_i / h \quad \begin{cases} l_1 = 1 \text{ si } p_1 \leq q \leq p_2; 0 \text{ en caso contrario} \\ l_2 = 1 \text{ si } p_2 < q \leq 1; 0 \text{ en caso contrario} \end{cases}$$

$p_1 = h_1/h$  y  $p_2 = h_2/h$  (alturas relativas desde el suelo a las que se producen los dos puntos de unión que supone el modelo, el primero próximo a la altura normal y el segundo en una posición más elevada del tronco)

$$\beta = b_1^{-(l_1+l_2)} \cdot b_2^{l_1} \cdot b_3^{l_2} \quad \alpha_1 = (1-p_1)^{\frac{(b_2-b_1)k}{b_1-b_2}} \quad \alpha_2 = (1-p_2)^{\frac{(b_3-b_2)k}{b_2-b_3}} \quad r_0 = (1-h_{st}/h)^{k/b_1}$$

$$r_1 = (1-p_1)^{k/b_1} \quad r_2 = (1-p_2)^{k/b_2} \quad c_1 = \sqrt{\frac{a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2 - k/b_1}}{b_1 \cdot (r_0 - r_1) + b_2 \cdot (r_1 - \alpha_1 \cdot r_2) + b_3 \cdot \alpha_1 \cdot r_2}}$$

La tarifas de volumen comercial  $v_i$  y de volumen total  $v$  se pueden obtener mediante integración directa de la función de perfil. Sus expresiones son las siguientes:

$$v_i = c_1^2 \cdot h^{k/b_1} \cdot (b_1 \cdot r_0 + (l_1 + l_2) \cdot (b_2 - b_1) \cdot r_1 + l_2 \cdot (b_3 - b_2) \cdot \alpha_1 \cdot r_2 - \beta \cdot (1-q)^{k/\beta} \cdot \alpha_1^{l_1+1}) \quad 2.$$

$$v = a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2} \quad 3.$$

La notación de las variables utilizadas en el sistema compatible de Fang et al. (2000) y sus unidades son:

- $d$  = diámetro normal con corteza (1,3 m sobre el suelo, cm).
- $d_i$  = diámetro del tronco con corteza a la altura  $h_i$  (cm).
- $h$  = altura total del árbol (m).
- $h_i$  = altura sobre el nivel del suelo hasta el punto en el que el diámetro es  $d_i$  (m).
- $h_{st}$  = altura del tocón (m).
- $v$  = volumen del tronco con corteza (m<sup>3</sup>) desde la altura del tocón hasta el ápice del árbol.
- $v_i$  = volumen del tronco con corteza (m<sup>3</sup>) desde la altura del tocón hasta el punto en el que el diámetro es  $d_i$ .

Los coeficientes a estimar mediante el ajuste de regresión son  $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, b_3, p_1$  y  $p_2$ .

## 4. Simulaciones realizadas.

Los escenarios de calidad de estación a simular se determinaron tras analizar las ecuaciones de calidad de estación para el interior y para la costa, para tratar de proporcionar unos resultados comparables y exhaustivos para ambas zonas. Así, se decidió ejecutar las simulaciones para para las calidades de estación 7, 11, 16, 21 y 26 m a la edad de referencia (20 años).

Los resultados de todas las simulaciones realizadas se facilitan en un archivo aparte adjunto al presente informe. A continuación se explica cuál es el contenido de los archivos entregados, para una más fácil exploración:

- Para cada itinerario, los resultados se facilitan en carpetas independientes, nombradas con los acrónimos de cada uno de ellos (M2, M4, MG2, M8).
- Dentro de cada carpeta se hallan 70 ficheros txt, etiquetados como XXX.Z.IS, donde:
  - XXX. Nombre de la variable dasométrica modelizada:
    - AB: área basimétrica (m<sup>2</sup>/ha).
    - Dm: diámetro medio (cm).

- Dq: diámetro cuadrático (cm).
- Hdom: altura dominante (m).
- Itinerario: número de pies/ha.
- VC: volumen con corteza (m<sup>3</sup>/ha). En el caso de esta variable aparece un segundo archivo etiquetado como “aprovechado”, que corresponde al volumen extraído en cada intervención.
- Z. Zona genética de *Pinus pinaster ssp. atlantica*:
  - Interior: 0.
  - Costa: 1.
- IS. Clase de calidad (7, 11, 16, 21 y 26)
- En cada uno de esos ficheros se hallan los valores de cada variable dasométrica para cada año de la simulación (0 a turno), salvo para el caso de la densidad y el volumen aprovechado, que se facilitan únicamente para los años en que se producen extracciones.

## 5. Balances económicos.

El informe completo de los balances económicos de todas las alternativas selvícolas se facilita en un fichero aparte adjunto al presente informe.