

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
Objetivo de gestión	Troncos de 1 a 1,2 m ³	Troncos pequeños de 0,3 a 0,4 m ³	Optimizar la producción económica del monte 400-500 pies de calidad para madera sólida en la corta final	"Sin objetivos"
Preparación del terreno	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"
Composición del rodal	Monoespecífica	Monoespecífica	Monoespecífico	No
Estructura del rodal	Masa regular	Masa regular	Masa regular	Mixta
Material genético	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
Tipo de regeneración	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.
Clareo y control de la competencia	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.
Claros/Podas	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)¹, 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 Galicia², y que puede consultarse en la Figura 1.

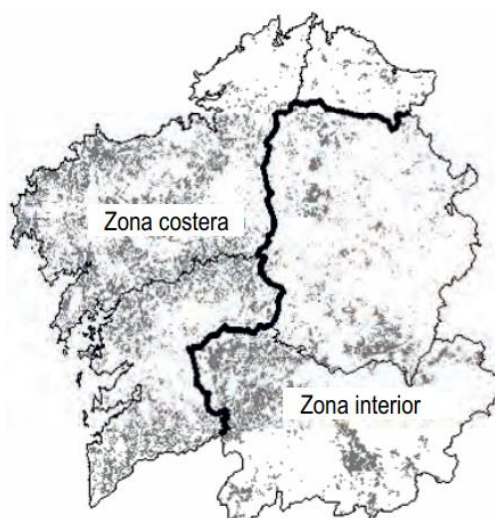


Figura 1. Delimitación de las zonas costera e interior para Pinus pinaster en Galicia en función de sus diferentes pautas de crecimiento. Tomado de Diéguez-Aranda et al (2009)

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	

¹ 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

² 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

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

Funciones de salida

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

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

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

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

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

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

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)³ 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:

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

³ 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 (m³) desde la altura del tocón hasta el ápice del árbol.
- v_i = volumen del tronco con corteza (m³) 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 (m²/ha).
 - Dm: diámetro medio (cm).

- Dq: diámetro cuadrático (cm).
- Hdom: altura dominante (m).
- Itinerario: número de pies/ha.
- VC: volumen con corteza (m³/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.