

APLICACIÓN DE LA PARAMETRIZACIÓN A *Eucalyptus nitens* DEL MODELO 3-PG A ENSAYOS DE PROCEDENCIAS DE LA ESPECIE EN GALICIA, ESPAÑA.

Pérez Cruzado, César³; Vega Nieva, Daniel⁴; Veja, Guillermo⁵; Basurco, Fernando⁶; Muñoz, Fernando⁷ y Rodríguez Soalleiro, Roque¹

RESUMEN

Eucalyptus nitens tiene una importancia creciente en el norte de España como especie de plantación alternativa a *Eucalyptus globulus* en áreas frías o muy afectadas por plagas y enfermedades. Se presentan los resultados de crecimiento y mortalidad de 3 ensayos de procedencias de *Eucalyptus nitens* situados en Galicia, norte de España.

Los ensayos se ubicaron en suelos ácidos, a latitud próxima a 43°N, altitud de 650 a 700 m, con condiciones climáticas atlánticas y se midieron desde los 3 a los 8 años (un ensayo) y 14 años (2 ensayos). Un total de 11 procedencias estaban representadas, totalizando 1440 pies evaluados.

La reciente parametrización del modelo de proceso 3-PG para plantaciones comerciales de *Eucalyptus nitens* (procedencias Barrington Tops y, particularmente, Macalister) se ha empleado para evaluar el comportamiento de las distintas procedencias analizadas.

Las predicciones del modelo indicaron crecimientos medios a los 14 años de 21,3 y 28,7 m³ sin corteza/ha/año, con diámetros medios con corteza de 21 y 23,4 cm. En la parcela de menor profundidad del suelo, evaluada a los 8 años, los valores anteriores fueron de 7 m³/ha/año y 10,3 cm, respectivamente.

Varias procedencias mostraron muy buenos niveles de crecimiento, con valores observados próximos a los estimados por 3-PG o incluso superiores: Barrington Tops (1200 m, central-NSW), Macalister (central-VIC), Anembo Trig (southern-NSW), Tallaganda (southern-NSW), New England (northern-NSW) o Noojee-Matlock (central-VIC).

Un segundo grupo de procedencias mostró resultados inferiores a los predichos por el modelo: Brown Mountains (southern-NSW), Toorong Plateau (central-VIC) o Barrington Tops a 1450 m.

Dos procedencias presentan resultados muy por debajo de los predichos: Bendoc (VIC) y Errinundra Plateau (VIC), ambas asimiladas actualmente a la especie *Eucalyptus denticulata*.

Se discuten las posibles estrategias a considerar para la adaptación del modelo 3-PG a distintas procedencias o materiales genéticos mejorados que se comienzan a emplear en plantaciones comerciales.

Palabras clave: *Eucalyptus nitens*, procedencias, modelo 3-PG.

³Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela, España, roque.rodriguez@usc.es

⁴Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de Vigo, Pontevedra, España, danieljvn@gmail.com

⁵Servicio de montes. Xunta de Galicia, Pontevedra, España, guillermo.vega_alonso@xunta.es

⁶Grupo Empresarial ENCE, Lourizán, Pontevedra, España, fbasurco@ence.es

⁷Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, fmunoz@udec.cl

SUMMARY

Eucalyptus nitens has an increasing importance in northern Spain as an alternative species to *Eucalyptus globulus* in cold areas or in strongly pest and diseases affected areas. Growth and mortality results from three *Eucalyptus nitens* provenances trials located at Galicia, northern Spain are presented.

The trials were established in acid soils, close to 43° NL, 650 to 700 masl, under Atlantic climate conditions, and were measured since 3 years old to 8 years old (one trial) and 14 years old (two trials). A total of 11 provenances were represented with a total of 1,440 evaluated trees.

The recent process model 3-PG parameterization for *Eucalyptus nitens* commercial planted forests (provenances Barrington Tops and, particularly, Macalister) has been used to evaluate the different analyzed provenances performance.

The model predictions indicate 21.3 and 28.7 m³/ha without bark a year mean growths at 14 years, with 21 and 23.4 cm with bark mean diameters. While the plot with the minor soil deep, evaluated at 8 years, shows for the same variables 7 m³/ha/year and 10.3 cm, respectively.

Several provenances registered very good growth levels with observed values close to those estimated through 3-PG or even higher: Barrington Tops (1,200 m, Central-NSW), Macalister (Central-VIC), Anembo Trig (Southern-NSW), Tallaganda (Southern-NSW), New England (Northern-NSW) o Noojee-Matlock (Central-VIC).

A second provenances group registered lower results than those predicted by the model: Brown Mountains (Southern-NSW), Toorongo Plateau (Central-VIC) and Barrington Tops (1,450 m, Central-NSW).

Two provenances show results much lower than those predicted: Bendoc (VIC) and Errinundra Plateau (VIC), both provenances currently known as another species; *Eucalyptus denticulata*.

Possible strategies to consider for the 3-PG model adaptation to different provenances or improved genetic materials used now in commercial planted forests are discussed.

Key words: *Eucalyptus nitens*, provenances, 3-PG model.

INTRODUCCIÓN

Eucalyptus nitens ocupa en el norte de España una superficie que estimada en 30.000 ha en las provincias de Lugo, Coruña, Santander, Vizcaya y Oviedo, que constituyen la Cornisa Cantábrica Ibérica, en las regiones de Galicia, Cantabria, País vasco y Asturias. La difusión de las plantaciones de la especie se debe a los propietarios particulares y a los contratos de plantación con particulares establecidos por empresas pasteras, fundamentalmente el grupo ENCE y la papelera SNIACE. A partir de una difusión inicial en áreas muy frías para *Eucalyptus globulus*, a altitudes superiores a los 400-500 m, y ubicaciones interiores con heladas frecuentes, *Eucalyptus nitens* se ha difundido más recientemente en zonas de menor altitud, debido a su menor susceptibilidad a *Gonipterus scutellatus* o *Mycosphaerella* spp. Actualmente en Galicia la mayoría de las nuevas plantaciones de eucaliptos corresponden de hecho a esta especie, dados los problemas sanitarios que afectan a *Eucalyptus globulus*.

El proceso de introducción de la especie comenzó con trabajos de recogida de semillas realizados en Australia durante 1989, en colaboración entre el INIA España, la empresa española ENCE y el CSIRO australiano. Se recogieron durante un periodo de 3 meses un total de 11 procedencias de *Eucalyptus nitens* (además de otras especies), ubicadas tanto en Nueva Gales del Sur (NSW) como en Victoria (VIC), estados australianos.

El listado de lugares de recogida se ha adaptado a las revisiones recientes sobre poblaciones y procedencias de la especie (Hamilton *et al.*, 2008) y se muestra en el Cuadro N° 1. A partir de la colección de semillas, que correspondió a una representación sistemática de la procedencia, y no a familias concretas de buen comportamiento, se cultivó plantas en el CIF Lourizán (Xunta de Galicia) y el grupo ENCE estableció en abril y mayo de 1992 tres parcelas de ensayo, que continuaron midiéndose hasta octubre de 2000 (sitio de Lalín, perdido por incendio a los 8 años) y junio/octubre de 2006 (Xermade y Antas de Ulla, 14 años), que son las que se emplean en este trabajo.

Cuadro N° 1
DESCRIPCIÓN DE LAS PROCEDENCIAS EN ENSAYO

Denominación	Población y Procedencia	Lote Semillas	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Tallaganda	BJA1 Southern NSW	16301	35° 52' S	149° 30' E	1105
Barrington Tops	BAR1 Northern NSW	16304	31° 58' S	151° 30' E	1200
Brown Mountain	BWN Southern NSW	16307	36° 38' S	149° 24' E	1100
Errinundra Plateau	ERR1 <i>E. denticulata</i>	16310	37° 21' S	148° 51' E	1000
Macalister	SKN Northern Central VIC	16364	37° 27' S	146° 27' E	1150
Toorongo Plateau	TVA Southern Central VIC	16365	37° 48' S	146° 17' E	900
Noojee Mt. Matlock Rd.	UY1 Northern Central VIC	16367	37° 39' S	146° 08' E	1000
Anembo Trig	BJA2 Southern NSW	12120	35° 52' S	149° 30' E	1400
Bendoc	ERR2 <i>E. denticulata</i>	12155	37° 12' S	148° 52' E	1070
New England	BRN Northern NSW	14907	30° 29' S	152° 24' E	1560
Barrington Tops	BAR2 Northern NSW	14908	31° 55' S	151° 30' E	1450

Paralelamente a estos trabajos, y en particular a partir de 1993, se fomentan las plantaciones comerciales de la especie, empleándose la procedencia Barrington Tops hasta 1995, y Macalister a partir de esa fecha y hasta la actualidad. Empleando parcelas correspondientes a esas plantaciones comerciales se ha propuesto recientemente una parametrización del modelo 3-PG para la especie (Pérez Cruzado *et al.*, 2011a). El Modelo de proceso 3-PG (Landsberg y Waring, 1997) se ha mostrado como un modelo de base ecofisiológica capaz de simular la productividad forestal de forma independiente a la cíclica noción del índice de sitio, habiéndose empleado en *Eucalyptus* tanto en Australia (Sands and Landsberg, 2002) como en Europa (Fontes

et al., 2006) o Iberoamérica. La primera referencia sobre su aplicación en *Eucalyptus nitens* deriva precisamente de Chile, donde el modelo se empleó para evaluar la calidad de estación en la región del Bío Bío (Rodríguez et al., 2009), aunque se aporta solo parcialmente la parametrización propuesta para el empleo del modelo a esta especie.

El objetivo de este trabajo es evaluar el crecimiento diamétrico de las 11 procedencias de *Eucalyptus nitens* en comparación con el que predeciría el modelo 3-PG considerando las condiciones estacionales de los tres sitios de ensayo, así como sugerir opciones de adaptación del modelo al uso progresivo de materiales genéticos mejorados. Se pretende adicionalmente proponer la parametrización para el norte de España para su ensayo y validación con parcelas de otros ámbitos geográficos

MATERIAL Y MÉTODO

La parametrización del modelo 3-PG para *Eucalyptus nitens* ha supuesto la asignación de 45 parámetros, de los cuales 21 fueron ajustados o medidos directamente en parcelas experimentales (Pérez Cruzado et al., 2011a). Dos valores propuestos por Rodríguez et al. (2009) para las temperaturas mínimas y máximas para crecimiento en Chile fueron considerados aplicables al norte de España (Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2
PARÁMETROS DEL 3-PG PROPUESTOS PARA *Eucalyptus nitens* EN EL NORTE DE ESPAÑA

Parámetro	Símbolo (unidades)	Específico	Parametrización	Valor
Relaciones alométricas y partición				
Ratio de partición follaje:tallo para B = 2cm	p_2	Especie	Ajustado En	0.17
Ratio de partición follaje:tallo para B = 20cm	p_{20}	Especie	Ajustado En	0.12
Constante en relación tallo:díametro	a_S	Especie	Ajustado En	0.092
Exponente en relación tallo:díametro	n_S	Especie	Ajustado En	2.45
Máxima fracción de NPP a raíces	η_{R_x}	Especie	Defecto Eg	0.80
Mínima fracción de NPP a raíces	η_{R_n}	Especie	Referencias En	0.10
Modificador de temperatura y heladas				
Temperatura mínima para crecimiento	T_{min} (°C)	Especie	Rodríguez et al. (2009) En	2
Temperatura óptima para crecimiento	T_{opt} (°C)	Especie	Propuesta En	15
Temperatura máxima para crecimiento	T_{max} (°C)	Especie	Rodríguez et al. (2009) En	32
Días pérdida producción por día de helada	d_F (days)	Especie	Fontes et al. (2006) Eg	1
Desfronde y reciclado de raíces				
Tasa máxima desfronde	γ_{F_x} (/mes)	Ambas	Referencias En	0.022
Tasa desfronde masas muy jóvenes	γ_{F_0} (/mes)	Ambas	Defecto Eg	0.001
Edad con desfronde = $\frac{1}{2}(\gamma_{F_x} + \gamma_{F_0})$	t_{F} (meses)	Ambas	Defecto Eg	12
Turnover medio de raíces	γ_R (/mes)	Ambas	Defecto Eg	0.015
Conductancia				
Máxima conductancia del dosel	g_{C_x} (m s ⁻¹)	Especie	Defecto Eg	0.02
Máxima conductancia estomática	g_{S_x} (m s ⁻¹)	Especie	Defecto Eg	0.006
Respuesta estomática a VPD	k_g (k Pa ⁻¹)	Especie	Defecto Eg	0.05
Conductancia de capa límite del dosel	g_B (m s ⁻¹)	Ambas	Defecto Eg	0.2

Cuadro N° 2. Continuación

Efectos de fertilidad				
Valor de m cuando FR = 0	m_0	Especie	Defecto Eg	0
Valor de f_N cuando FR = 0	f_{N0}	Especie	Landsberg <i>et al.</i> (2003) Eg	0.6
Modificador de humedad del suelo				
Ratio de humedad que produce $f_\theta = 0.5$	c_θ	Estación	Textura franco arenosa	0.6
Esponente del ratio de humedad en f_θ	n_θ	Estación	Textura franco arenosa	7
Modificador de edad				
Máxima edad para definir edad relativa	years	Especie	Observado En	20
Exponente de edad relativa en f_{age}	n_{age}	Especie	Ajustado En	5.7
Edad relativa que produce $f_{age} = 1/2$	r_{age}	Especie	Ajustado En	0.86
Area foliar específica				
Area foliar específica a edad 0	SLA_0 ($m^2 kg^{-1}$)	Especie	Ajustado En	12.5
Area foliar específica hojas adultas	SLA_1 ($m^2 kg^{-1}$)	Especie	Referencias En	4.2
Edad a la que $SLA = (SLA_0 + SLA_1)/2$	t_{SLA} (years)	Especie	Observado En	4
Mortalidad y autoclareo				
Tasa de mortalidad para edades adultas	γ_{Nx} (% year ⁻¹)	Estación (SI 17, 11)	Ajustado En	1.8, 0.6
Tasa de mortalidad brinzales	γ_{N0} (% year ⁻¹)	Estación (SI 17, 11)	Ajustado En	0.7, 0.25
Edad con tasa de mortalidad en la mediana	$t_{\gamma N}$ (year)	Estación (SI 17, 11)	Ajustado En	9, 9
Parámetro forma función mortalidad	$n_{\gamma N}$	Especie	Defecto Eg	1
Máxima biomasa tallo para 1000 trees ha ⁻¹	w_{Sx1000}	Especie	Ajustado En	285
Fracción de biomasa por árbol muerto	m_F, m_R, m_S	Especie	Observado En	0.32
Fracción de ramas y corteza				
Fracción de ramas y corteza a edad 0	p_{B0}	Especie	Ajustado En	0.71
Fracción de ramas y corteza masas maduras	p_{B1}	Especie	Ajustado En	0.2
Edad a la que $p_B = (p_{B0} + p_{B1})/2$	t_{pB} (years)	Especie	Ajustado En	3.66
Densidad básica				
Densidad básica mínima pies jóvenes	ρ_{min} (Mg m ⁻³)	Especie	Ajustado En	0.32
Densidad básica máxima pies adultos	ρ_{max} (Mg m ⁻³)	Especie	Observado En	0.51
Edad a la que $\rho = (\rho_{min} + \rho_{max})/2$	t_ρ (años)	Especie	Ajustado En	7.16
Producción e intercepción radiación				
Máxima eficiencia fotosintética dosel	α_{Cx} (mol mol ⁻¹)	Especie	Proposed En	0.07
Ratio NPP/GPP	γ	No	Defecto Eg	0.47
Coefficiente de extinción de PAR	k	Especie	Defecto Eg	0.5
Edad de cierre de dosel	t_c (años)	Ambas	Observado En	3
Máx prop precipitación evaporada por el dosel	l_{Cx}	Especie	Referencias En	0.32
LAI para máxima intercepción	LIC	Especie	Defecto Eg	2

Se indica la especificidad para la especie, la estación o ambas, así como la forma de parametrización.

Los valores por defecto corresponden a los propuestos por Sands and Landsberg (2002) para *Eucalyptus globulus*.

En: *Eucalyptus nitens*. Eg: *Eucalyptus globulus*.

Referencias indica trabajos concretos consultables en Pérez Cruzado *et al.* (2011b).

La aplicación de 3-PG se realizó considerando una edad de inicialización de 3 años y los valores medios de biomasa de hojas, tallo y raíces de cada uno de los tres sitios de ensayo.

Se empleó la aplicación 3-PGpjs 2.5 (Sands, 2002), empleando la serie observada de datos climáticos desde la inicialización en 1995 hasta 2000 (una parcela) o 2006 (dos parcelas).

Cuadro N° 3
CARACTERÍSTICAS ESTACIONALES DE LOS SITIOS DE ENSAYO

Parámetro Estacional	Optimo	Xermade	Antas	Lalín
Precipitación (mm)		2180	1176	1787
Temperatura media (°C)		11,1	11,5	10,6
Radiación solar anual		147,1	156	156,5
pH (agua)	5,5	4,4	4,3	4,4
Materia orgánica (%)	10	10	9,8	5,6
N (%)	0,5	0,43	0,5	0,21
P (kg ha ⁻¹)	200	13	36	9
K (kg ha ⁻¹)	400	230	450	170
Mg (kg ha ⁻¹)	300	76	324	164
Ca (kg ha ⁻¹)	650	279	830	100
Profundidad de suelo (cm)	100	50	85	20
Arena (%)	60	79	80	72
Limo (%)	25	14,7	16	16
Arcilla (%)	15	6,3	4	12
Material de partida	-	Esquistos	Granitos	Esquistos
Fertility rate (FR, ajustado)		0,62	0,66	0,40
Capacidad de retención de agua (mm)		145	170	30

Los parámetros de suelo corresponden a los 30 cm superiores.

RESULTADOS

Las predicciones del modelo indicaron crecimientos medios a los 14 años de 21,3 y 28,7 m³ sin corteza/ha año, con diámetros medios con corteza de 21 y 23,4 cm.

En la parcela de Lalín, evaluada a los 8 años, los valores anteriores fueron de 7 m³/ha año y 10,3 cm, respectivamente. Los resultados del sitio de ensayo de Lalín, el de peor calidad de estación con suelo muy superficial y elevada altitud, son los que muestran mayores desviaciones entre diámetros observados y predichos por 3-PG, obteniéndose subestimaciones del crecimiento real que pueden achacarse a un comportamiento adecuado de la única procedencia representada en el sitio (Tallaganda, BJA1) o a una tendencia a subestimaciones de la parametrización propuesta para 3-PG en estaciones de mala calidad.

En la parcela de Xermade la aplicación del modelo indica subestimaciones iniciales, con buenas predicciones globales a los 14 años, aunque los comportamientos de cada procedencia son muy variables (Figura N° 1). Dadas las poblaciones para las que se realizó la parametrización, sería esperable que BAR, SKN y UY1 se adaptasen mejor al modelo. ERR1 presenta los peores resultados, con una desviación negativa a los 14 años de -27%. BJA1 y Toorong (TVA) presentan también desviaciones negativas, así como, en menor medida, BWN. El resto de las procedencias, entre las que puede destacarse Macalister (SKN) por su rápido crecimiento inicial, forma un grupo con desviaciones positivas a los 14 años, superiores al 10%. La otra población de Northern Central VIC, UY1, muestra un comportamiento muy similar a SKN. La mejor procedencia en este sitio es Barrington Tops (BAR1, 1200 m), que supera siempre al material de la misma procedencia recogido a mayor altitud (BAR2, 1450 m), y al resto de las procedencias desde los 8 años.

La parcela de Antas de Ulla es la que muestra una mejor correspondencia entre los resultados globales de crecimiento y los predichos por 3-PG, aunque con una tendencia general a subestimar los resultados de las mejores procedencias, entre las cuales se sitúan BAR, SKN o

UY1. SKN (Macalister) supera a todas las demás ya desde los 3 años y se sitúa siempre por encima del 20% de diferencia de crecimiento respecto al modelo 3-PG, dando UY1 resultados ligeramente inferiores en este sitio. ERR tiene un comportamiento malo, al igual que Bendoc (ERR2), procedencia no representada en el sitio de Xermade, y que también corresponde a *Eucalyptus denticulada*. Toorongo (TVA) muestra un mal comportamiento en todas las edades, lo que coincide con el sitio antes analizado, pero sin embargo Tallaganda (BJA1) muestra en la parcela de Antas un buen resultado, con desviaciones positivas siempre superiores al 10%. New England (BRN) proporciona malos crecimientos en este sitio, mientras que en el anterior se situaba en el grupo de mejores procedencias. Barrington Tops a 1200 m (BAR1) aporta buenos resultados, siempre superiores al material recogido a mayor altitud. Anembo Trig (misma población que Tallaganda, recogida a 1400 m, BJA2) da buenos crecimientos, mostrándose como una procedencia estable, al igual que Macalister (SKN) o Barrington Tops (BAR1).

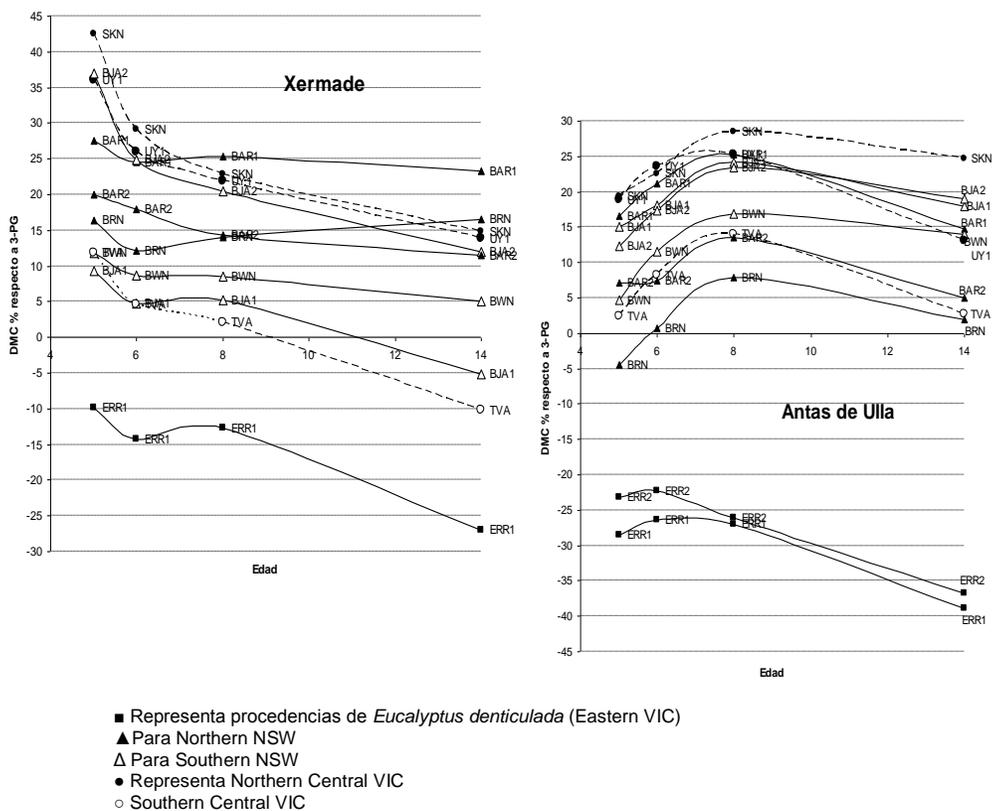


Figura N° 1
RESULTADOS DEL DMC DE LAS PROCEDENCIAS ENSAYADAS
EN COMPARACIÓN A LAS PREDICIONES DEL 3-PG

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las tres poblaciones con resultados más estables corresponden a tres procedencias distintas según lo establecido por Dutkowski *et al.* (2001): Barrington Tops es una procedencia de Northern NSW, Anembo Trig (BJA2) correspondería a Southern NSW y Macalister (SKN) a Northern Central Victoria.

Las dos poblaciones representadas de Northern Central VIC proporcionaron buenos resultados, ya que UY1 creció solo ligeramente por debajo de SKN.

Sorprende en este último caso el buen comportamiento de procedencias de NSW en áreas de introducción con máximo invernal de precipitaciones, según lo indicado por Hamilton *et al.* (2008).

La tendencia general en las plantaciones recientes es a un interés por materiales mejorados genéticamente, lo que en España se ha abordado desde dos perspectivas diferentes:

-Pequeños pero eficientes programas de mejora desarrollados por papeleras como SNIACE, basados en selección de individuos sobresalientes en sus ensayos, plantaciones y en viejos arboretos, injerto de aproximación y establecimiento de pequeños huertos semilleros, con consumo local de semilla para acuerdos de plantación con particulares.

-Importación de materiales mejorados procedentes de Tasmania que se comercializan con escasa información de procedencias o familias, dada la exclusión de los eucaliptos como especies de obligado cumplimiento de la normativa española de materiales forestales de reproducción. Existen indicios de buenos comportamientos en crecimiento en altura desde el primer momento en materiales con 20% de ganancia en volumen, pero la selección no se ha realizado en las condiciones ibéricas.

El modelo 3-PG, así como otros modelos ecofisiológicos, tienen potencial de uso en la evaluación de ensayos genéticos, al depender las predicciones de las condiciones de medio concretas de cada parcela.

El principal inconveniente deriva de que las predicciones de 3-PG son a nivel de rodal, por lo que en ensayos con materiales genéticos distribuidos en grupos reducidos de árboles, como los ensayos en análisis, la competencia entre pies produce rápidamente dominancia de los mejores materiales, lo que reduce el crecimiento de los peores por competencia asimétrica.

Se concluye que la parametrización actual puede considerarse adecuada para la mayoría de las procedencias que muestran una buena adaptación.

Una opción de adecuación del modelo a materiales mejorados es la asignación de distintos parámetros en función del material genético, particularmente en lo que respecta a alometría, ya que el modelo presenta mucha sensibilidad a esos parámetros. Sin embargo, al tratarse de materiales de semilla que muestran alta variabilidad el proceso parece inabordable.

El procedimiento parece solo aplicable para un número limitado de materiales de los que exista mucha información disponible, véase la parametrización a clones de *Eucalyptus grandis* desarrollada por Almeida *et al.* (2004).

Una opción hasta que no se disponga de suficiente información es el uso de multiplicadores de crecimiento, que contraen el eje temporal derivando en la obtención de dimensiones comerciales en periodos de tiempo más cortos (Carson *et al.*, 1999).

REFERENCIAS

- Almeida, A. C.; Landsberg, J. J. and Sands, P. J., 2004.** Parameterisation of 3-PG model for fast-growing *Eucalyptus grandis* plantations. *For. Ecol. Manage.* 193, 179-195
- Carson, S. D.; Garcia, O. and Hayes, J. D., 1999.** Realized gain and prediction of yield with genetically improved *Pinus radiata* in New Zealand. *For. Sci.* 45, 186--200
- Dutkowski, G. W.; Potts, B. M.; Williams, D. R.; Kube, P. D. and Mc Arthur, C., 2001.** Geographic genetic variation in Central Victorian *Eucalyptus nitens*. In: IUFRO Symposium on developing the Eucalypt for the future. INFOR, Valdivia, Chile.
- Fontes, L.; Landsberg, J.; Tomé, J.; Tomé, M.; Pacheco, C. A.; Soares, P. and Araujo, C., 2006.** Calibration and testing of a generalized process-based model for use in Portuguese *Eucalyptus* plantations. *Can. J. For. Res.* 36 (12), 3209-3221
- Hamilton, M.; Joyce, K.; Williams, D.; Dutkowski, G. and Potts, B., 2008.** Achievements in forest tree improvement in Australia and New Zealand 9. Genetic improvement of *Eucalyptus nitens* in Australia. *Australian Forestry* 71 (2), 82-93.
- Landsberg, J. J. and Waring, R. H., 1997.** A generalized model of forest productivity using concepts of radiation use efficiency, carbon balance and partitioning. *For. Ecol. Manage.* 95, 209-228
- Pérez Cruzado, C.; Alvarez Rodríguez, E.; Muñoz, F.; Basurco, F.; Riesco, G. y Rodríguez Soalleiro, R., 2011a.** Estrategias de parametrización del modelo ecofisiológico 3-PG. Una aplicación a plantaciones de *Eucalyptus nitens*. III Reunión del grupo de modelización de la SECF. Lugo, 4-6/05/2011
- Pérez Cruzado, C.; Muñoz Sáez, F.; Basurco, F.; Riesco, G. and Rodríguez Soalleiro, R., 2011b.** Combining empirical models and the process-based model 3-PG to predict *Eucalyptus nitens* plantation growth in Spain. *Forest Ecology and Management* 262 (6), 1067-1077
- Rodríguez, R.; Real, P.; Espinosa, M. and Perry, D .A., 2009.** A process-based model to evaluate site quality for *Eucalyptus nitens* in the Bio-Bio Region of Chile. *Forestry* 82 (2), 149-162
- Sands, P. J., 2000.** 3-PGpjs - a user-friendly interface to 3-PG, the Landsberg and Waring model of forest productivity. Cooperative Research Centre for Sustainable Production Forestry and CSIRO Forestry and Forest Technical Report 29, Ed 2.2., 1-22.
- Sands, P. J. and Landsberg, J. J., 2002.** Parameterisation of 3-PG for plantation grown *Eucalyptus globulus*. *For. Ecol. Manage.* 163, 273–292

