

Primeros resultados de un ensayo de procedencias de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. en Galicia

J. Daniel Folgueira, Rafael Zas, Josefa Fernández-López
Departamento de Producción Forestal. Centro de Investigaciones Forestales y Ambientales de Lourizán. Apdo de correos 127. 36080 Pontevedra
e-mail: dfolgueira.cifal@siam-cma.org

RESUMEN

Se presentan los resultados de un ensayo de 10 procedencias U.S.D.A. de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. en dos parcelas Daneiro (A Coruña) y Fontao (Lugo) con el fin de evaluar el potencial de esta especie en el norte de España. El uso de esta especie se presenta como una interesante alternativa en el norte de España dadas las buenas características tecnológicas de su madera, su alta productividad y la escasez de materia prima de calidad para la industria de primera transformación. En el año 2004 se procedió a la medición exhaustiva de los ensayos, evaluándose parámetros de crecimiento (Altura, diámetro), forma del fuste (Elipticidad, Conicidad, Coeficiente de forma), ramosidad (Altura a la primera rama, número de ramas en la primera troza, ángulo de inserción de ramas y grosor de ramas) y espesor de corteza. Además, se cuenta con mediciones de altura a distintas edades (9 y 17 años en Daneiro, y 4 y 12 años en Fontao). En el presente trabajo se presentan las estimaciones de la variación dentro y entre procedencias para cada una de las variables, se estudia la interacción genotipo x ambiente entre las distintas parcelas, se estudia la correlación entre caracteres, y se analiza la correlación entre edades en cada parcela para evaluar la viabilidad de una selección temprana. Finalmente se ofrece una primera recomendación sobre las mejores procedencias para utilizar en repoblación en el norte de España. En este ensayo las procedencias del Condado de Mendocino presentan un mayor desarrollo en altura, mientras que las del sur de California, Condados de Monterrey y Sta. Cruz tienen un mayor espesor de corteza e inferior desarrollo.

Palabras clave: Introducción de especies, Ensayo de procedencias.

Tipo de presentación preferente: Poster

Mesa Temática N° 2: Mejora Genética, Viveros y Repoblaciones Forestales.

INTRODUCCIÓN

La secuoya es una especie nativa de EEUU-California, donde se extiende desde el extremo sudoeste del Estado de Oregón (Lat. 42° 09' N.) hasta el sur del condado de Monterrey (Lat. 35° 41' N), formando una franja irregular en la costa de 726 km de largo y generalmente 8 a 56 de ancho (ROY, 1966). Su rango altitudinal va desde el nivel del mar hasta los 915 m, (OLSON *et al.*, 1990).

El clima del área de distribución puede ser clasificado como húmedo o super-húmedo. La media de las temperaturas anuales varía entre 10°C y 15,5°C. Las temperaturas raramente bajan de -9,4°C o suben por encima de 37,7°C. El periodo libre de heladas varía entre 6 y 11 meses. La precipitación anual varía entre 635 mm y 3.098 mm. Las frecuentes nieblas de verano en la región evitan una pérdida de agua por evaporación y transpiración, limitando el rango de esta especie a áreas donde existen nieblas abundantes de verano con humedad atmosférica (FOWELLS, 1965).

Algunos autores consideran la tolerancia al frío como un factor limitante para el uso de esta especie (KUSER, 1981). Kuser considera que para un buen desarrollo la media de la temperatura del mes más frío debe ser mayor de 3,3°C y la temperatura media del mes más calido entre 13,8°C y 26,6°C con una precipitación anual mayor de 762 mm (KUSER, 1981).

La escasez de madera de calidad para la industria del aserrado es cada día mayor, existe un elevado déficit de madera de calidad para esta industria, por lo que creemos que una posible solución para esta industria sería la utilización de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. como materia prima dada sus buenas características tecnológicas, para desarrollo y contrachapado ya que sus características físicas y mecánicas la ubican dentro de las maderas blandas más cotizadas en Norteamérica.

La selección de procedencias con mejor aptitud, mayor rendimiento y cualidades permitirá en el futuro establecer masas mejor adaptadas para objetivos más concretos. En las especies forestales la selección de materiales de reproducción para la producción de madera se realiza por caracteres

relacionados con la producción en volumen de madera, propiedades de la madera y adaptación a condiciones adversas o la forma del tronco o copa (PARDOS, 1988).

El objetivo del presente trabajo es la selección de procedencias de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. mediante análisis de variables de fenotípicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el año 1980 se inició una primera importación de semilla de secuoya del norte de California de la colección United States Department of Agriculture (USDA) correspondiéndose con las procedencias 123, 124, 125, 126 y 127. Se importaron aproximadamente 125 gramos de semilla de cada procedencia mezcla de un lote de 6-9 árboles. En el año 1981 se importaron aproximadamente 1000 semillas de cada procedencia mezcla de un lote de 5-10 árboles del sur de California de la colección USDA correspondiéndose con las procedencias 1, 2, 3, 4 y 5. La localización de las procedencias en el área natural se recogen en la Figura 1.

En los años 1987 y 1992 se procede a la instalación en campo de las dos parcelas de ensayo (Daneiro y Fontao) con las 10 procedencias descritas previamente siguiendo un diseño de bloques completos al azar con 5 plantas contiguas por procedencia y bloque. En Daneiro existe un total de 9 bloques y en Fontao 2 bloques completos y 1 incompleto de 5 procedencias.

El clima en ambas parcelas es tipo oceánico con una precipitación mayor de 1200 mm anuales y temperatura media anual de 12,5°C. La zona costera de Lugo tiene un reparto más regular de las precipitaciones a lo largo del año compensando las temperaturas medias y la presencia de niebla incrementa la humedad en esta zona. En la parte elevada de las parcelas están presentes suelos de Litosol (GANDULLO, 1984), o Leptosoles (FAO-UNESCO, 1990) con un perfil A/C y menos de 50 cm de profundidad. En la parte más baja presentan hidromorfía y propiedades gleicas formando suelos sobre sedimentos fluviales del tipo Ranker aluvial (GANDULLO, 1984) o Fluvisoles (FAO-UNESCO, 1990). Las características principales de cada parcela se detallan en la Tabla 1.

En el año 2004 se hizo un inventario exhaustivo de 10 variables dasométricas, además se dispone de un inventario del año 1996 de alturas en ambas parcelas y diámetros en Daneiro, (Tabla 1). En el inventario del año 2004 se midieron las siguientes variables en campo: altura total (Ht), altura a la primera rama (Hr), diámetro normal en cruz ($\emptyset n$) y diámetro a 4 metros ($\emptyset 4m$), espesor de corteza a 1,30 m (ec), el nº de ramas en el primer metro desde la parte inferior (n°ra), el ángulo de las ramas en el primer verticilio (α) el grosor de las ramas en el primer verticilio (dr) y grosor del fuste en el punto de inserción de la rama (Df). Para la evaluación de estos dos últimos caracteres, ángulo y diámetro de rama, se escogió aquella rama que fuese más representativa del árbol. A partir de variables observadas, se calcularon las variables derivadas de acuerdo con los siguientes autores: elipticidad (Elip) (CASADO *et al.*, 2001), conicidad (Coni) (DANS DEL VALLE *et al.*, 1999), Coeficiente de forma (Coef) (PITA, 1974) y relación entre diámetro de rama y diámetro de fuste en porcentaje ($\beta\% = dr/Df$).

El análisis del ensayo de procedencias se realiza a partir de los valores medios por procedencia, dado que las plantas de la misma procedencia se sitúan contiguas en cada bloque, como ocurre en los dos ensayos. El análisis de valores medios reduce el desequilibrio ocasionado por las marras y mejora la normalidad de las variables, facilitando el análisis estadístico.

Los datos medios por procedencia se han analizado usando el proc GLM-SAS de acuerdo con el modelo que se expone a continuación, y considerando la procedencia y el bloque factores fijos:

$$\text{Modelo 1: } X_{ij} = \mu + P_i + B_j + \varepsilon_{(ji)}$$

Por otro lado, nos interesa comparar en conjunto las 10 procedencias en los dos sitios. Previamente se realizó una estandarización $N_i = (x_i - \mu_s) / \sigma_s$ normalizando cada variable a $N(0,1)$ en cada parcela, dado que las edades de los inventarios para cada uno de los sitios era distinta. La estandarización (N_i) es igual a la diferencia entre la variable x_i y el valor medio μ_s respecto a la desviación estándar σ_s en cada sitio.

El modelo que se expone a continuación se utilizó para el análisis conjunto de valores medios estandarizados para cada sitio, y considerando la procedencia, bloque y sitio factores fijos:

$$\text{Modelo 2: } X_{ijk} = \mu + P_i + B_j(S_k) + S_{(k)} + P_i * S_{(ik)} + \varepsilon_{ijk}$$

Por último, se estudió la matriz de correlación de valores medios por procedencia para cada una de las variables y en cada sitio independiente. Posteriormente se comparó dicha correlación con los valores medios estandarizados.

RESULTADOS

Los distintos resultados del ANOVA para cada uno de los modelos Tabla 2 y 3, nos muestran el nivel de significación para cada variable debido a factores genéticos, que en nuestro caso sería la procedencia. En los análisis del modelo 1 se encontraron diferencias significativas en altura, espesor de corteza y número de ramas por metro en un sitio de ensayo (Fontao) y la relación diámetro de rama diámetro de fuste en los dos sitios. En el modelo 2 con valores medios estandarizados, se mantienen las diferencias significativas en altura, espesor de corteza y relación diámetro de rama diámetro de fuste.

Por otro lado existe una diferenciación entre bloques dentro de cada sitio muy elevada sobre todo para las variables de crecimiento con valores medios estandarizados. El efecto del bloque es mayor en la parcela de Daneiro debido en parte a la presencia de mayor número de bloques. Gran parte de la heterogeneidad del sitio es absorbida por el efecto del bloque.

En cuanto a las variables de crecimiento en altura, en Fontao la procedencia 4 sobresale a los 12 años. En el caso de analizar dicha variable en conjunto en los dos sitios, esta procedencia también se mantiene superior al resto (Figura 2). En el extremo opuesto están las procedencias 123 y 2 que tienen el menor desarrollo en Fontao y la procedencia 2 es la que menor desarrollo tiene en el caso de analizar en conjunto los dos sitios (Figura 2).

La relación diámetro de rama diámetro de fuste, aparece significativa en las dos parcelas incluso en el análisis conjunto de los dos sitios. La procedencia 2 es la que mayor relación presenta en cada una de las parcelas y en el conjunto de los dos sitios. Por tanto se podría considerar esta procedencia es en principio de las peores tanto por el poco desarrollo en altura como debido a la elevada proporción del diámetro de rama.

El espesor de corteza, aparece significativo en una de las parcelas (Fontao) y en el análisis conjunto de los dos sitios, siendo la procedencia 1 aquella que presenta mayor valor. En el caso de la procedencia 5, esta también presenta un elevado espesor de corteza en la parcela de Fontao. En el extremo opuesto en cuanto a menor espesor de corteza están las procedencias 2 y 123 en la parcela de Fontao, y las procedencias 2 y 3 en el caso del análisis conjunto.

En cuanto al número de ramas por metro aparece significativa en la parcela de Fontao, siendo la procedencia 3 la que menor número de ramas tiene y la 124 la que más.

La correlación que existe entre las variables de crecimiento en altura con el diámetro normal y diámetro a 4 metros es mayor para la parcela de Fontao (0.85 y 0.82) que Daneiro (0.49 y 0.49) (Tabla 4), valores que por otro lado cabría esperar ya que las diferencias son mayores en la primera. En el caso de analizar en conjunto dicha variable, la correlación sigue siendo positiva pero con menor valor (0.59 y 0.59). La correlación que existe en el caso de la relación del diámetro de rama y diámetro de fuste (β), es similar a las anteriores pero negativa en caso de comparar sitios separados siendo mayor en Fontao (-0.8) que Daneiro (-0.56). En el caso de analizar en conjunto dicha variable, la relación baja a -0.59.

La correlación entre las variables de crecimiento en altura y las variables de forma caso de espesor de corteza y número de ramas por metro, también es positiva (0.77) y (0.18) respectivamente para el conjunto de valores medios.

DISCUSIÓN

Los primeros resultados con ensayos de procedencias de secuoya con semilla de la costa central y septentrional de California son del año 1985 (MILLAR *et al.*, 1985). En el año 1995 se publican los primeros resultados de un ensayo de procedencias de secuoya en cuanto a supervivencia y desarrollo en altura. Los resultados de este experimento indican que existen diferencias de procedencia pero no tan grandes como en *Pseudotsuga menziesii* o *Tsuga heterophylla*, probablemente debido a la menor extensión latitudinal en el ámbito original de la secuoya. En plantaciones realizadas en áreas más frías los clones procedentes de la parte septentrional de su ámbito natural se han desarrollado más deprisa, como promedio, que los procedentes del sur. Por otro lado, en estaciones más cálidas los clones del sur crecieron comparativamente mejor (KUSER *et al.*, 1995).

El estudio concluye que las procedencias del extremo septentrional de su ámbito sobreviven mejor y sufren menos daños de helada en el norte de Francia y las procedencias más meridionales pueden crecer con tanta rapidez o más en estaciones cálidas. Por tanto, la falta de tolerancia al frío es el factor limitante para el uso de la secuoya (KUSER *et al.*, 1995).

CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis anteriores y tomando como referencia la variables de crecimiento podemos concluir que:

No existe una procedencia que sea estadísticamente superior en los dos sitios en cuanto al desarrollo en altura.

La procedencia 4 del Condado de Mendochino es la que presenta mayor desarrollo en altura en Fontao, en el caso de análisis conjunto de los dos sitios, esta procedencia también mantiene el mayor desarrollo. En el extremo opuesto están las procedencias 123 del Condado de Humbolt y la procedencia 2 del Condado de Sta. Cruz que presenta el menor desarrollo en altura en el caso de análisis conjunto.

En cuanto al espesor de corteza, las procedencias 1 y 5 de los Condados de Monterrey y Humbolt presentan mayor desarrollo en Fontao. En el caso del análisis conjunto la procedencia 1 es la que presenta mayor espesor de corteza.

Bibliografía

- CASADO, M.; GARCÍA, M. & ACUÑA, L.; 2001. Caracterización físico-mecánica del *Pinus pinaster* Ait. procedencia Sierra de Oña (Burgos), influencia del factor rectitud. *III Congreso Forestal Español, Granada*(Mesa 9): 545-553.
- DANS DEL VALLE, F.; FERNÁNDEZ DE ANA-MAGÁN, F. & ROMERO GARCÍA, A.; 1999. Manual de silvicultura del *Pinus radiata* en Galicia. *Proyecto Columela. Area Forestal, Serie Manuales Técnicos. Universidade de Santiago de Compostela*: 199.
- FAO-UNESCO; 1990. Mapa Mundial de suelos. Leyenda revisada. Roma: 142.
- FOWELLS, H.A.; 1965. Silvics of Forest Trees of United States. *Agriculture Handbook, Forest Service U.S. Department of Agriculture Washington, D.C. 20250*(271): 663-670.
- GANDULLO, J.M.; 1984. Clasificación básica de los suelos españoles. *Fundación Conde del Valle de Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes*. Madrid: 63.
- KUSER, J.E.; 1981. Redwoods around the world. *American Forests* 87(12): 30-32, 60.
- KUSER, J.E. et al.; 1995. Early Results of a Rangewide Provenance Test of *Sequoia sempervirens*. *Forest Genetic Resources-FAO* 23(1):
- MILLAR, C.I.; DUNLAP, J.M. & WALKER, N.K.; 1985. Analysis of growth and specific gravity in a 20-year-old provenance test of *Sequoia sempervirens*. *Univ. Cal. Berkeley, Forestry and Forest Products, Dept. of Forestry and Resource Management, Forest Products* (59): p.: 8.
- OLSON, J.D.F.; ROY, D.F. & WALTERS, G.A.; 1990. *Sequoia sempervirens* (D. Don)Endl., redwood. *Burns RM, Honkala BH eds. Silvics of North America. Conifers. Agric. Handbk. 654. Washington DC: USDA Forest Service* 1: 541-551.
- PARDOS, J.A.; 1988. Mejora genética de especies arbóreas forestales. *Fundación Conde del Valle de Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes*. Madrid: 445.
- PITA, P.A.; 1974. Apuntes de Dasometría. *Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal-Madrid* Tomos I, II, III:
- ROY, D.F.; 1966. Silvical characteristics of redwood (*Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.). *Res. Pap. PSW-28. Berkeley, CA:USDA, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.*: 20.

Fig. 1.
Área natural de sequoia y localización de las procedencias ensayadas.

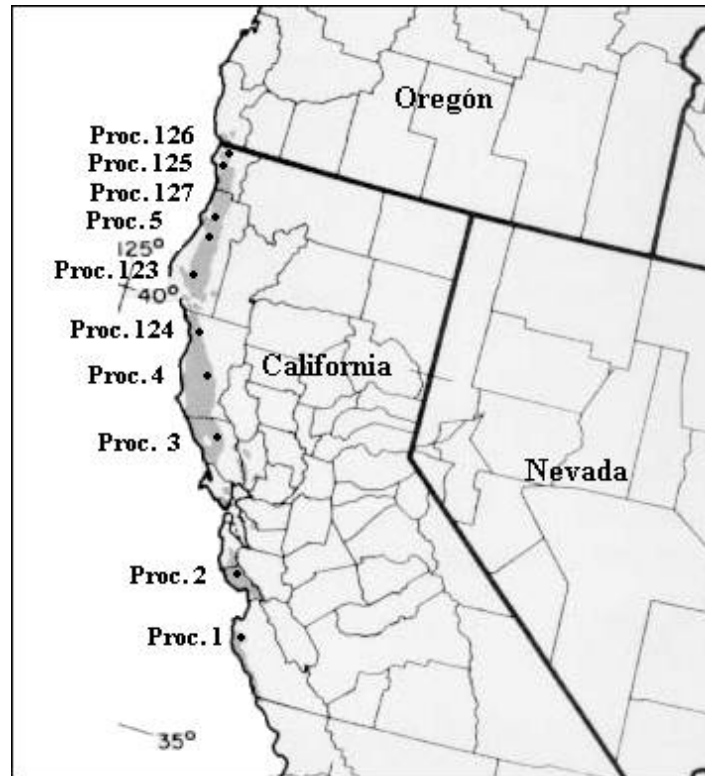


Tabla 1
Resumen de los principales parámetros para cada sitio

Nombre	Daneiro	Fontao
Provincia	La Coruña	Lugo
Año instalación	1987	1992
Superficie (ha)	0,3	0,2
Nº total de plantas	450	270
Diseño	9 bloques	3 bloques
nº ptas/proced.-bloq.	5	5
Nº Procedencias	10	10
Inventarios (años)	9,17	4,12
Edad actual	18	13
P anual (mm)	1265	1345
T media (°C)	12.4	12.5
T media mes más frío (°C)	7.5	8
T media mes más cálido (°C)	17.3	18.1
Tipo de suelo	Leptosol/Fluvisol	Leptosol/Fluvisol
Geología	granitos	cuarcitas

Tabla 2
Resultados del ANOVA 10 procedencias valores medios cada sitio por procedencia y bloque

		Variables Dependientes, estimación F												
Fuente de variación	g. l.	Ht(1)	Ht	Hr	Øn	Ø4m	Elip	Coni	Coef	ec	n°ra	α	β	
Daneiro														
Blo	8	5.86***	5.75***	10.39***	3.83***	3.52**	1.23ns	2.05ns	1.68ns	2.76*	3.72**	0.33ns	1.86ns	
Procedencia	9	1.14ns	1.85ns	0.61ns	1.52ns	1.30ns	1.37ns	1.11ns	0.69ns	1.83ns	1.22ns	1.61ns	2.35*	
Fontao														
Blo	2	3.68ns	6.08*	2.69ns	0.67ns	0.56ns	2.91ns	0.89ns	1.41ns	1.28ns	0.23ns	1.02ns	3.04ns	
Procedencia	9	1.62ns	3.91*	1.15ns	1.82ns	1.75ns	1.44ns	0.99ns	1.35ns	3.55*	5.49**	0.87ns	6.28**	

Tabla 3
Resultados del ANOVA 10 procedencias valores medios análisis conjunto de los dos sitios, procedencia y bloque

		Variables Dependientes, estimación F												
Fuente de variación	g. l.	Ht(1)	Ht	Hr	Øn	Ø4m	Elip	Coni	Coef	ec	n°ra	α	β	
Sitio	1	0.0ns	0.02ns	0.72ns	0.5ns	0.29ns	0.08ns	1.46ns	0.18ns	2.26ns	0.08ns	0.14ns	0.19ns	
Procedencia	9	1.79ns	2.86**	0.69ns	1.82ns	1.59ns	0.91ns	1.21ns	0.92ns	2.52*	1.64ns	1.24ns	3.18**	
Blo (Sitio)	10	5.47***	5.65***	9.15***	3.31***	3.02**	1.26ns	1.82ns	1.62ns	2.55**	3.45***	0.43ns	1.86ns	
Sitio*Procedencia	9	0.69ns	1.12ns	0.88ns	0.96ns	1.10ns	0.30ns	0.72ns	0.65ns	0.78ns	0.61ns	0.51ns	0.45ns	

Ht(1) se corresponde con 9 y 4 años y Ht con 17 y 12 años en Daneiro y Fontao respectivamente.

* Significativo al 5%. ** Significativo al 1%. *** Significativo al 1%. ns: no significativo.

Tabla 4
Matriz de correlación para cada sitio

Daneiro													
	Ht(1)	Ht	Hr	Øn	Elip	Ø4m	Coni	Coef	ec	n°ra	α	β	
Fontao													
Ht(1)	1	0.68	0.71	0.66	0.004	0.71	0.2	0.74	0.67	-0.14	0.32	-0.07	
Ht	0.95	1	0.16	0.49	-0.12	0.49	0.11	0.77	0.84	0.22	0.31	-0.56	
Hr	0.84	0.87	1	0.74	0.31	0.75	0.63	0.2	0.42	0.03	0.42	0.18	
Øn	0.84	0.85	0.88	1	-0.09	0.98	0.79	0.53	0.81	0.23	0.8	-0.3	
Elip	-0.15	-0.22	-0.07	0.11	1	-0.18	0.26	-0.55	-0.13	0.32	-0.09	0.4	
Ø4m	0.8	0.82	0.78	0.95	-0.02	1	0.71	0.58	0.8	0.14	0.71	-0.24	
Coni	0.54	0.51	0.71	0.83	0.58	0.68	1	-0.03	0.53	0.54	0.75	-0.22	
Coef	0.64	0.73	0.6	0.45	-0.74	0.46	-0.02	1	0.71	-0.24	0.41	-0.49	
ec	0.7	0.72	0.77	0.89	0.43	0.78	0.9	0.18	1	0.22	0.69	-0.54	
n°ra	0.19	0.21	0.09	0.33	0.56	0.3	0.4	-0.18	0.6	1	0.19	-0.44	
α	0.55	0.58	0.61	0.72	0.34	0.51	0.76	0.27	0.8	0.35	1	-0.47	
β	-0.77	-0.8	-0.77	-0.77	-0.09	-0.6	-0.65	-0.52	-0.83	-0.42	-0.86	1	

Figura 2

