

ENSAYOS DE CRECIMIENTO. PARCELAS PERMANENTES, TEMPORALES Y DE INTERVALO

K. v. GADOW
A. ROJO ALBORECA
J. G. ÁLVAREZ GONZÁLEZ
R. RODRÍGUEZ SOALLEIRO

Escola Politécnica Superior de Lugo. Universidade de Santiago de Compostela.
Campus Universitario. 27002 Lugo. ESPAÑA.

RESUMEN

En este trabajo se analizan las ventajas y los inconvenientes de utilizar parcelas con distinto grado de permanencia en los ensayos de crecimiento de las masas forestales. Se propone el uso de parcelas de intervalo, con sólo dos mediciones, para recoger las ventajas de los métodos clásicos (parcelas permanentes y parcelas temporales) evitando sus inconvenientes.

PALABRAS CLAVE: Investigación forestal
Modelos de crecimiento
Tablas de producción
Inventario
Parcelas permanentes
Parcelas temporales
Parcelas de intervalo

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se pretende dar respuesta a una cuestión de importancia crucial en la investigación forestal: ¿Cuál es el diseño más apropiado para obtener datos sobre el desarrollo de las masas forestales?

En general, y según el objetivo de investigación, se pueden distinguir los siguientes tipos de ensayos forestales de crecimiento:

- Ensayos de masa: a partir de los cuales se construyen las tablas de producción.
- Ensayos de tratamientos: para obtener información sobre los efectos de distintos tratamientos selvícolas, incluidos claras y podas.
- Ensayos de introducción de especies: para investigar la conveniencia de árboles exóticos.
- Ensayos de procedencias: para evaluar el crecimiento de diferentes procedencias de una misma especie.
- Pruebas de fertilización: para ensayar posibles aumentos de crecimiento.

Los conocimientos actuales sobre la dinámica de las masas forestales se fundamentan, en gran parte, en los resultados derivados de parcelas medidas reiteradamente. Sin embargo, la insuficiencia de fondos y el aumento de la complejidad de los objetivos de la investigación hacen necesario realizar evaluaciones continuas de los diseños de ensayos que se aplican. Por tanto ¿Es imprescindible contraer la obligación de mantener parcelas permanentes durante largos períodos de tiempo?

En las parcelas de ensayo de introducción de especies, de procedencias y de fertilización, resulta imprescindible realizar un seguimiento permanente con varios inventarios, debido a la existencia de una evidente interacción con el tiempo, por lo que es necesario esperar a que los resultados sean consistentes para conocer la especie, procedencia o abonado óptimos.

Por el contrario, en los ensayos de masa y en los de tratamientos, en los que se centra este trabajo, son posibles diferentes diseños del dispositivo experimental.

El estado de una masa forestal viene definido, principalmente, por los factores de la estación, por un lado, y por la estructura y densidad de la población por otro, dependiendo estos dos últimos, en gran medida, de los tratamientos selvícolas aplicados. Los cambios de estado de una masa pueden deberse a su propio crecimiento ininterrumpido (sin intervención de ningún tratamiento) y a los tratamientos selvícolas que se le apliquen. El principio de desarrollo múltiple del monte implica que no existe un único tratamiento selvícola “correcto” que se pueda aplicar en cada caso (Gadow, 1996). Así, para cada rodal hay diferentes posibilidades de evolución, que no se reducen a unos pocos tratamientos normales. De esta manera, para evaluar esas distintas alternativas de una masa, será necesario tener la capacidad de predecir la reacción de los árboles a diferentes tratamientos selvícolas, es decir, será preciso contar con datos que describan cambios de estado conocidos y el diseño del experimento juega un papel decisivo a la hora de obtener esos datos.

PARCELAS PERMANENTES

Hasta el momento, la información derivada de parcelas permanentes o a largo plazo (aquellas medidas, al menos, tres veces sucesivas) representan la base más importante para obtener resultados sobre el crecimiento y la producción de las masas forestales.

En este tipo de parcelas se miden reiteradamente diferentes variables dasométricas, obteniendo así series de datos (una en cada parcela) muy valiosos para la construcción de modelos de crecimiento, ya que representan exactamente la verdadera evolución de las masas estudiadas (Figuras 1 y 2).

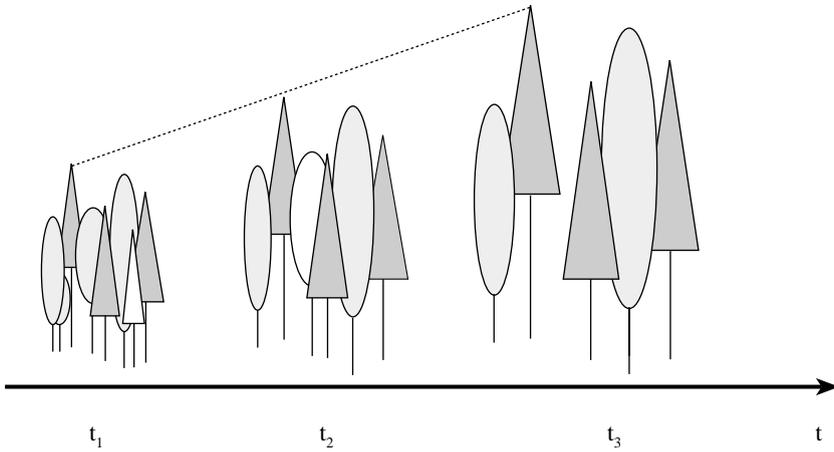


Fig. 1.—Una parcela permanente, o a largo plazo, con tres medidas sucesivas (los árboles blancos han sido cortados). El eje “t” representa el tiempo.
A permanent plot with three successive measurements (white trees are removed during thinning operations; the time axis is designed “t”).

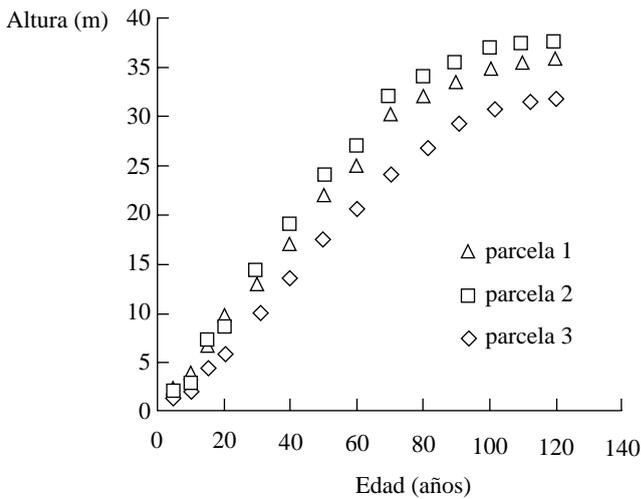


Fig. 2.—Series hipotéticas de datos obtenidas en tres parcelas permanentes o a largo plazo.
Hypothetical data series derived from three permanent plots.

A partir de los datos de parcelas permanentes es posible describir el desarrollo de cada serie (parcela) por separado; por ejemplo, en el caso de que la variable analizada sea la altura dominante, la evolución de cada parcela puede representarse por la ecuación de Richards (1959), que es el modelo más ampliamente utilizado y aceptado en la actualidad (Goelz, Burk, 1992):

$$H_0 = a_0 \left[1 - e^{-a_1 t} \right]^{a_2} \quad [1]$$

donde: H_0 = altura dominante (m)

t = edad (años)

a_0 , a_1 y a_2 = parámetros empíricos del modelo

Se pueden ajustar así los parámetros independientemente para cada parcela, por lo que sería posible construir un modelo polimórfico de crecimiento en altura. Los parámetros de forma de la curva (a_1 y a_2) pueden ser determinados para los diversos factores de la estación y para cada calidad de estación. El modelo polimórfico de crecimiento en altura para rodales de haya (*Fagus sylvatica*), utilizado por Jansen *et al.* (1996) para construir tablas de producción de la especie en Holanda, representa un ejemplo típico.

Las parcelas permanentes representan, por tanto, una base muy importante para obtener datos sobre la relación entre los factores de la estación y el crecimiento.

Otro ejemplo de tablas de producción basadas en parcelas permanentes, y en las que se ha utilizado el método anterior, son las de Schober (1995) para Alemania. En España hay publicadas algunas tablas de producción basadas en parcelas permanentes, aunque en ninguna de ellas se ha obtenido la relación altura-edad siguiendo la metodología comentada (Rojo, Montero, 1994).

Utilizando parcelas permanentes se recoge la verdadera tendencia de crecimiento de una determinada masa a lo largo de todo su ciclo productivo, lo cual es muy conveniente, pero sin embargo la necesidad de mantenerlas a tan largo plazo es uno de sus principales inconvenientes. No es infrecuente que, en tan prolongado período de tiempo, los cambios de los investigadores o de los gestores de los montes donde se encuentran las parcelas o, más frecuentemente, la falta de personal o de presupuesto por muy diversas causas, den al traste con el objeto de la investigación. Además, existe una alta posibilidad de que algunas parcelas de ensayo sean destruidas prematuramente por un incendio o por un temporal de viento o nieve, o que sufran alguna plaga o enfermedad importante que obligue a desecharlas para la investigación. En otras ocasiones, se pueden perder parcelas por cambios en el uso del suelo donde se asientan. Otra desventaja es el largo plazo de tiempo que es necesario esperar para obtener una cantidad de datos suficientemente extensa para poder elaborar un modelo de crecimiento.

Además, la variedad de estados iniciales (conjunto de diferentes condiciones de estación, densidad y estructura de la masa) es, en el caso de parcelas permanentes, muy limitado, ya que cada serie de datos (cada parcela) sólo representa uno de ellos y un determinado tratamiento selvícola.

A pesar de ello, en la actualidad son numerosos los centros de investigación forestal que tratan de mantener, con un elevado esfuerzo económico y de personal, redes de parcelas permanentes. Por ejemplo, en Alemania, el Centro de Investigaciones Forestales de Baja Sajonia, situado en Göttingen, mantiene más de 4.000 parcelas de ensayo, la mayoría permanentes, comprendiendo una superficie de 2.780 hectáreas (Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, 1996). En ellas se investigan 89 especies y la parcela de investigación más antigua se instaló hace 113 años.

En España, el extinto Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (I.F.I.E.) comenzó a instalar parcelas permanentes de ensayo en los años veinte del presente siglo, a partir de las cuales se construyeron las primeras tablas de producción españolas (Echeverría, 1942, 1952; Echeverría, Pedro, 1948). Aunque la mayoría de estas parcelas se han perdido, los datos de algunas de ellas se han utilizado recientemente en la elaboración de nuevas tablas de producción (Rodríguez Soalleiro, 1995). A comienzos de la década de los años sesenta el I.F.I.E. inició el segundo estudio a gran escala del crecimiento y la producción de las masas españolas, y comenzó a instalar una amplia red de parcelas permanentes en masas regulares de 8 especies forestales. En la actualidad, el Centro de Investigaciones Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, sucesor del I.F.I.E., intenta mantener parte de esa red, formada por cerca de 400 parcelas permanentes de producción, establecidas en masas de *Pinus sylvestris*, *P. pinaster*, *P. nigra*, *P. halepensis* y *P. pinea*, junto con 15 sitios de ensayo de claras (con varias parcelas cada uno) de las tres primeras especies.

PARCELAS TEMPORALES

Una solución habitual a los problemas de las parcelas permanentes, rápida aunque poco satisfactoria, es el diseño de ensayos con parcelas temporales o volantes.

Las parcelas temporales se instalan, para la especie y ámbito geográfico estudiado, en masas de todas las edades, calidades de la estación y densidades, y se inventarían una sola vez. Por tanto, representan un conjunto de estados de la masa diferentes, pero medidos puntualmente. Así, una parcela permanente, con medidas sucesivas, se sustituye por varias parcelas temporales (Assmann, 1955; Madrigal, 1991).

Sin embargo, este procedimiento no es nuevo. Ya se había usado mucho durante el siglo pasado en Alemania, donde el "Weiserverfahren" y el "Streifenverfahren" fueron los métodos más populares para obtener información rápida sobre el crecimiento (Kramer, 1988, p. 97). Con el "Weiserverfahren" el crecimiento era reconstruido por medio de análisis de tronco (Hartig, 1868). Con el "Streifenverfahren" los datos se obtenían de numerosas parcelas temporales "normales" ("normal stocking") de diferentes edades y calidades. De estas observaciones puntuales se deducía el crecimiento (Baur, 1877).

Hoy todavía se siguen usando parcelas temporales, que sustituyen la sucesión temporal de datos de las parcelas permanentes por una serie espacial simultánea de

diferentes estados de desarrollo. El principio se muestra en la Figura 3. En ella, parcelas de varias edades se han separado por una vertical; el eje "X" indica, de forma muy simplificada, las posiciones de los árboles, y el eje "t" el tiempo. Los pares de valores altura-edad que se obtienen en las diferentes parcelas temporales son, por tanto, independientes (Figura 4).

Entonces, si se quiere explicar el crecimiento durante períodos anteriores concretos, es necesario reconstruir las condiciones pretéritas, como la densidad o la competencia. Por ejemplo, dentro de la parcela 3 (Figura 3), puede haber existido un antiguo competidor (señalado con un signo de interrogación) del cual no se conoce nada, excepto quizá el tocón. Es posible, aunque con restricciones severas, reproducir estados pasados con ayuda de muestras de barrena Pressler o análisis de troncos.

A pesar de ello, con el establecimiento de una metodología basada en el inventario único de una red suficientemente extensa de parcelas temporales (Decourt, 1964) se abrió una nueva etapa para la elaboración de tablas de producción. Así, desde la década de los sesenta varios países europeos construyen sus tablas de producción mediante una red de entre 50 y 100 parcelas temporales (Madrigal, 1991). Tal es el caso de la mayoría de las tablas de producción de Francia (Vannièrè, 1984) o de las de Gran Bretaña (Hamilton, Christie, 1971). En España, una gran parte de las tablas de producción están construidas de esta forma.

Estos modelos obtenidos a partir del inventario único de una red de parcelas temporales son de carácter estático, por lo que tienen algunas importantes limitaciones: los datos deben ser todos representativos de un determinado tratamiento (lo cual casi nunca se cumple) y, además, no pueden establecerse predicciones para diferentes alternativas de silvicultura (Alder, 1980). Esto implica que las tablas de producción que se construyen con parcelas temporales sólo reflejan la silvicultura que realmente se ha venido aplicando en las masas estudiadas, y por tanto son tablas de producción de silvicultura media observada o, como mucho, tablas de producción de silvicultura de referencia, que son modelos basados en los anteriores y en los cuales, mediante alguna hipótesis sencilla de simulación, se presentan tratamientos selvícolas más intensos, como alternativas razonables a la silvicultura media.

Con parcelas temporales no pueden obtenerse tablas de producción de silvicultura variable¹ ni modelos de gestión², que son modelos de carácter dinámico, pues consideran que la variación del área basimétrica no es independiente de la silvicultura que se practique, al contrario de lo que se supone en los dos tipos de tablas de producción anteriores (Decourt, 1974).

¹ Las tablas de producción realizadas en España que se autodenominan de densidad variable son, en realidad, tablas de silvicultura de referencia (Rojo, Montero, 1994).

² Los modelos de gestión intentan predecir la producción en función de diversos tratamientos y representan el futuro de las tablas de producción. En ellos se incluyen múltiples variables (distintas densidades de plantación, tratamientos culturales, daños por plagas, etc).

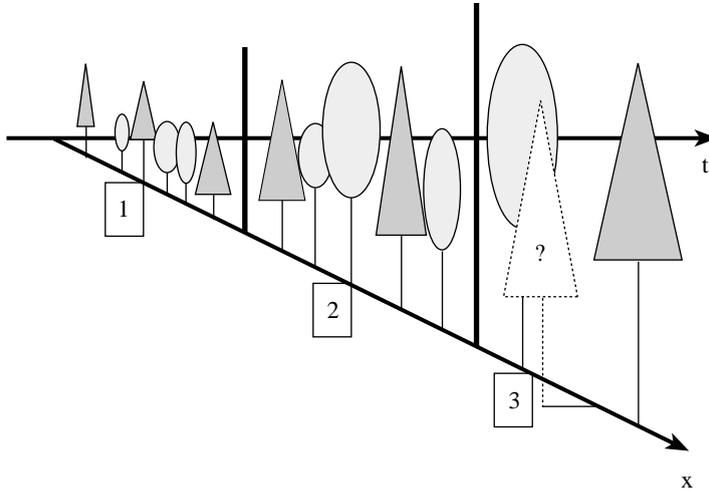


Fig. 3.—Tres parcelas temporales de varias edades. El eje “X” indica las posiciones de los árboles, y el “t” el tiempo (según Biber, 1996, p. 27).

Three temporary plots of varying age; the x-axis signifies the tree position; the symbol “t” indicates the time axis (after Biber, 1996, p. 27)

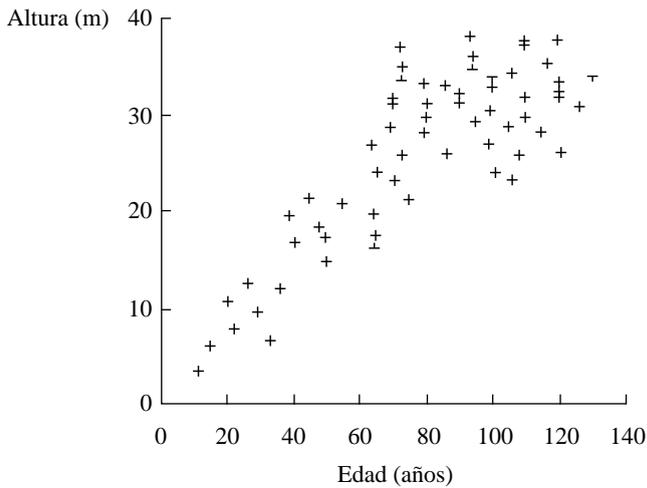


Fig.4.—Datos independientes de alturas y edades obtenidos en diferentes parcelas temporales. *Independent height-age data obtained in temporary plots.*

Este tipo de modelos dinámicos requieren, entonces, parcelas con más de un inventario, para contar con datos reales de crecimiento.

Por tanto, con parcelas temporales no es posible usar técnicas nuevas (efectivas y muy prácticas) basadas en ecuaciones diferenciales al carecer de datos de crecimiento (García, 1988).

PARCELAS DE INTERVALO

Las parcelas de intervalo son aquellas que se miden solamente dos veces, y que se instalan en masas de diferentes edades, calidades de estación y densidades, dentro de la zona geográfica estudiada.

La duración del intervalo entre las dos medidas depende de la rapidez de crecimiento de la especie. Para absorber las condiciones climáticas anormales que ocurren en determinados años, parece conveniente considerar intervalos de 3 años en especies como *Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata* o *P. pinaster ssp. atlántica* y, al menos, 5 años para el resto de las especies.

Además, la medición debe coincidir con el momento anterior al de realización de una clara, obteniendo así no sólo el cambio de estado como resultado del propio crecimiento de la masa, sino también el debido a la propia clara. De esta manera, se pueden tasar las modificaciones originadas por la clara tanto en la fecha de la primera medición (t_1) como en la segunda (t_2). La situación está ilustrada en la Figura 5.

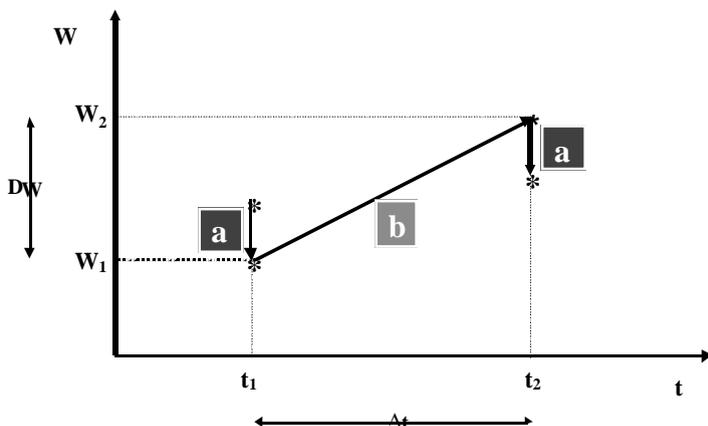


Fig. 5.—Dos medidas sucesivas para obtener el cambio del estado de una masa como resultado de una intervención selvícola (a) o de su propio crecimiento (b). “W” representa cualquier variable de la masa (altura, área basimétrica, volumen, espaciamiento medio, etc.), y “t” es el tiempo.

Two successive measurements for obtaining the change of state variables resulting from (a) a thinning and (b) natural growth. “W” is some stand variable (height, basal area, volume, etc.), and “t” is the time axis.

Durante el intervalo de tiempo (Δt) no deben existir perturbaciones al normal desarrollo de la masa. Por tanto, no se debe hacer ninguna intervención selvícola entre las dos mediciones, con el fin de que sea posible explicar de manera precisa el cambio del estado de la masa, como reacción al estado inicial, en función exclusivamente de su propio crecimiento.

Es decir, una parcela de intervalo encarna a la vez las características de las parcelas permanentes o a largo plazo (medidas sucesivas del mismo objeto) y de las parcelas temporales (que abarcan muchos estados iniciales diferentes), como se aprecia en las Figuras 6 y 7.

El diseño de este tipo de parcelas a corto plazo ofrece una gran flexibilidad. En cualquier momento las parcelas se pueden abandonar, en cuanto al objeto del ensayo, cuando se hayan realizado los dos inventarios. Por otra parte, no se tiene que esperar largo tiempo, porque es posible disponer de datos utilizables después de un corto intervalo de tiempo (5 ó 3 años). Además, pueden obtenerse muchos estados iniciales diferentes.

Volviendo al ejemplo de la altura dominante, un procedimiento de estimar los parámetros de la ecuación (1) muy conveniente cuando se poseen datos de parcelas de intervalo, es utilizar una forma especial de la misma, denominada "algebraic difference" (Clutter *et al.*, 1983; Ramírez-Maldonado *et al.*, 1988) que se basa en la relación entre dos mediciones sucesivas:

$$H_2 = H_1 \cdot \left[\frac{1 - e^{-a_1 t_1}}{1 - e^{-a_1 t_2}} \right]^{a_2} \quad [2]$$

donde: H_1 y H_2 = altura dominante a las edades t_1 y t_2 respectivamente.
 a_1 = parámetro del modelo, función lineal del índice de sitio
 (altura dominante a la edad típica).
 a_2 = parámetro del modelo.

La información de este tipo de parcelas también permite utilizar el sistema multidimensional de ecuaciones diferenciales propuesto por García (1988), en el cual el desarrollo de la masa depende únicamente del estado inicial, por lo que para poder aplicarlo es necesario tener datos que describan esos estados iniciales y los cambios asociados. Esta metodología evita los inconvenientes de dependencia de errores y posible heteroescasticidad de las técnicas de regresión por mínimos cuadrados.

CONCLUSIONES

Utilizando parcelas de intervalo se consiguen las ventajas de los otros dos tipos de parcelas, evitando sus inconvenientes. Por todo ello parece preferible, en general, establecer una nueva parcela de intervalo frente a remedir una parcela permanente. Igualmente, resulta más conveniente remedir una parcela que ya existe que establecer una nueva parcela temporal. El objetivo es obtener intervalos de crecimiento para una elevada variedad de estados iniciales.

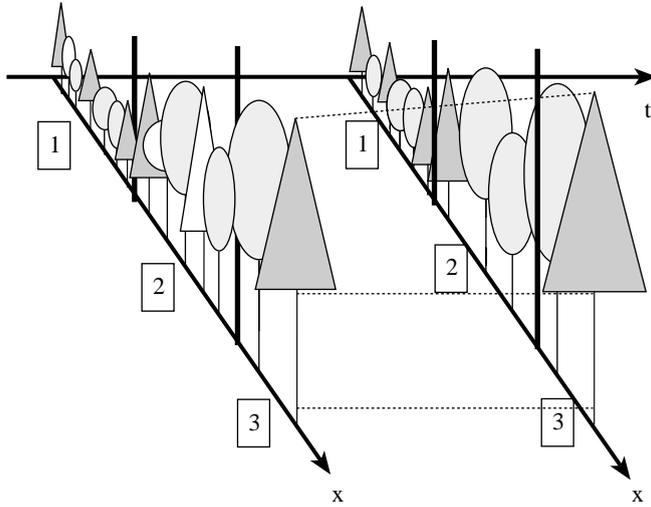


Fig. 6.—Tres parcelas de intervalo (los árboles blancos han sido cortados).
Three interval-plots (white trees are removed during a thinning operation).

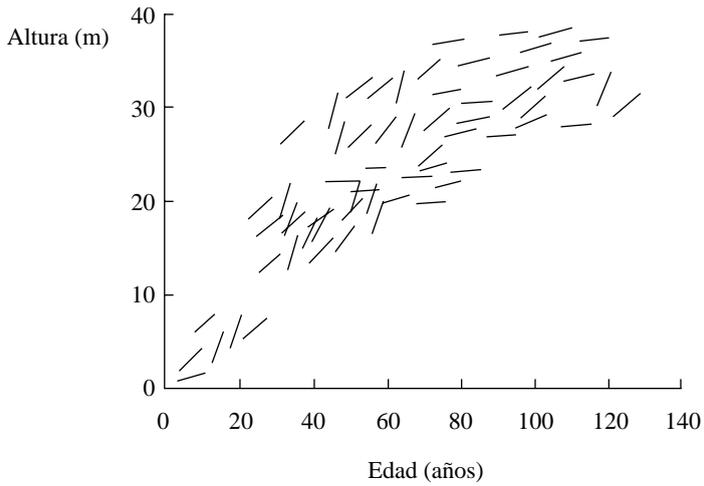


Fig. 7.—Datos procedentes de parcelas de intervalo.
Interval data for obtaining rates of change of observed state variables.

Sin embargo, al plantearse la instalación de nuevas redes de parcelas para el estudio del crecimiento lo más recomendable es instalar las parcelas como si fuesen permanentes, susceptibles de inventariarse en varias ocasiones. Con el primer inventario es posible construir tablas de producción de selvicultura media observada (las clásicas) y de selvicultura de referencia (a partir de alguna hipótesis de simulación sencilla), que son modelos muy simples, pero imprescindibles cuando no se posee otra herramienta de gestión.

Si además es posible mantener la red de parcelas (o una parte importante de la misma) y realizar un segundo inventario, se contaría ya con datos que permitiesen la elaboración de tablas de producción de selvicultura variable y modelos de gestión, mucho más flexibles, ya que posibilitan la consideración de varias alternativas reales de selvicultura.

Cuando una parcela se haya inventariado en varias ocasiones, tendrá escasas posibilidades de proporcionar mayor información. Si los objetivos de la investigación están cumplidos puede abandonarse la parcela, aunque siempre es necesario considerar la posibilidad de obtener datos acerca de, por ejemplo, regeneración natural o evolución de la producción en rotaciones sucesivas. En tales casos podría mantenerse la parcela, pero con una frecuencia menor entre inventarios sucesivos.

En definitiva, la base de los ensayos de crecimiento y producción debería ser una red de parcelas de intervalo, con el apoyo de parcelas temporales para buscar situaciones poco frecuentes, y de algunas permanentes cuando sea posible.

Por otra parte, constituye una pérdida importante de información aplicar técnicas adaptadas para parcelas temporales cuando se cuenta con datos de dos o más inventarios.

SUMMARY

Growth experiment trials. Permanent, temporal and interval plots

The paper evaluates three types of temporal design of growth experiments: permanent, temporary and interval. Among the disadvantages of permanent plots are the high costs of the research infrastructure and the long wait for data while temporary plots cannot provide information about the rates of change of state variables. Interval plots, measured twice and spread over a range of growing sites, development stages and silvicultural treatment categories, combine the advantages of the permanent and the temporary designs.

KEY WORDS: Forest research
Growth models
Yield tables
Inventory
Permanent plots
Temporal plots
Interval plots

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDER D., 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Estudios FAO. Montes 22/2. Roma. 80 pp.

- ASSMANN E., 1955. Zur Bonitierung süddeutscher Fichtenbestände. *AFZ* 10: 61-64.
- BAUR F., 1877. Die Fichte in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. Berlin.
- BIBER P., 1996. Konstruktion eines einzelbaumorientierten wachstumssimulator für Fichten-Buchen Mischbestände im Solling. Diss. Forstw. Fak. d. Ludwig-Maximilians-Univ. München: 239 pp.
- CLUTTER J.L., FORTSON J.C., PIENAAR L.V., BRISTER G.H., BAILEY R.L., 1983. Timber management. A quantitative approach. John Wiley & Sons. New York. 333 pp.
- DECOURT N., 1964. Las tables de production, leurs limites et leur utilité. *Revue Forestière Française*, 8-9: 640-657.
- DECOURT N., 1974. Remarque sur une relation dendrometrique inattendue. Consequences methodologiques pour la construction des tables de production. *Annales des Sciences Forestiers*, 31(1): 47-55.
- ECHEVERRÍA I., 1942. Ensayo de tablas de producción del *Pinus insignis* en el norte de España. *Boletines del I.F.I.E.*, nº 22, Madrid. 67 pp.
- ECHEVERRÍA I., 1952. Producción del *Eucalyptus globulus*. Estudio de las leyes de crecimiento en la zona forestal de Huelva del Patrimonio Forestal del Estado. *Boletines del I.F.I.E.*, nº 62, Madrid. 39 pp.
- ECHEVERRÍA I., PEDRO S. DE, 1948. El *Pinus pinaster* en Pontevedra. Su productividad normal y aplicación a la celulosa industrial. *Boletines del I.F.I.E.*, nº 38, Madrid. 147 pp.
- GADOW K. v., 1996. Zur Planung forstlicher Maßnahmen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 115: 90-96.
- GARCÍA O., 1988. Experience with an advanced growth modelling methodology. In: Ek A.R., Shifley S.R. & Burke T.E. (Eds): *Forest Growth modelling and prediction*. USDA For. Serv. Gen. Techn. Rep. NC-120: 668-675.
- GOELZ J. C. G., BURK T.E., 1992. Development of a well-behaved site index equation: jack pine in north central Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*, 22, 776-784.
- HAMILTON G.J., CHRISTIE J.M., 1971. Forest management tables (metrics). Forestry Commission Booklet 34. Londres. 201 pp.
- HARTIG R., 1868. Die Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirtschaft im Harze und im Wesergebirge. Stuttgart.
- JANSEN J.J., SEVENSTER J., FABER P.J. (Eds.), 1996. Opbrengst tabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland. Hinkeloord Report nº 17, Landbouwniversiteit, Wageningen. 202 pp.
- KRAMER H., 1988. *Waldwachstumslehre*. Paul Parey Verlag.
- MADRIGAL A., 1991. Tablas de producción. Seminario sobre inventario y ordenación de montes, Valsain, Segovia, Vol. II: 32-70.
- NIEDERSÄCHSISCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT, 1996. Stand der Versuchsflächen vom 1. Januar 1996.
- RAMÍREZ-MALDONADO H., BAILEY R.L., BORDERS B.B., 1988. Some implications of the algebraic difference form approach for developing growth models. In: Ek A.R., Shifley S.R. y Burke T.E. (Eds.): *Forest Growth modelling and prediction*. USDA For. Serv. Gen. Techn. Rep. NC-120: 731-738.
- RICHARDS F.J., 1959. A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental botany*, 10(29): 290-300.
- RODRÍGUEZ SOALLEIRO R., 1995. Crecimiento y producción de masas forestales regulares de *Pinus pinaster* Ait. en Galicia. Alternativas selvícolas posibles. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid. 297 pp.
- ROJO A. y MONTERO G., 1994. Tablas de producción españolas. *Montes* 38: 35-42.
- SCHOBER R., 1995. Ertragstabellen wichtiger Baumarten. J. D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main. 166 pp.
- VANNIÈRE B., 1984. Tables de production pour les forêts françaises. E.N.G.R.E.F., I.N.R.A., O.N.F. 2ª Ed. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts. Nancy. 158 pp.