INFLUENCIA DE LOS FACTORES EDÁFICOS SOBRE EL EFECTO DEL ABONADO DE *Pinus pinaster* Ait. EN GALICIA

J. G. ÁLVAREZ GONZÁLEZ *; A. D. RUIZ GONZÁLEZ ** & S. BARA TEMES***

* ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LUGO.

** S.D.C.I.F. XUNTA DE GALICIA.

*** CENTRO DE INVESTIGACIONES FORESTALES DE LOURIZÁN

RESUMEN

En este trabajo se analiza la diferente respuesta al abonado de 23 parcelas de *Pinus pinaster* repartidas por toda Galicia. Los resultados de los análisis de varianza mostraron que parcelas con similares concentraciones de nutrientes en el suelo y en las hojas respondían de forma distinta al tratamiento. Las parcelas se agruparon en función de los factores edáficos y los resultados de los análisis foliares empleando un método de clasificación dicotómico y politético, comprobandose posteriormente que los grupos obtenidos están constituidos por parcelas con similar respuesta frente al abonado; lo que permite establecer un primer criterio de selección para evitar inversiones poco rentables.

P.C.: *Pinus pinaster*, fertilización forestal, factores edáficos, análisis foliar.

SUMMARY

It's presented the different response to the fertilised of 23 plots of *Pinus pinaster* in Galicia. The results of the analysis of variance showed that plots with similar nutrients levels in soil and leaves presented different behaviour in the presence of fertilizer. The plots were grouped in relation to soil factors and nutrient levels in leaves with a divisive polythetic method of classification, verifying that every group is composed for plots with similar behaviour in the presence of fertilizer; it allow to settle a first rule to avoid unprofitable investments.

K.W.: *Pinus pinaster*, fertilizing forests, edafics factors, leaves analysis.

MATERIAL Y MÉTODOS

- *Descripción de las parcelas*. Las parcelas se seleccionaron de entre 102 instaladas a lo largo de los años 70 por el Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán de manera que fuesen representativas de las cuatro primeras calidades definidas en el estudio "Calidad de estación de *Pinus pinaster* Ait. en Galicia" (BARA y TOVAL, 1983).

Todas ellas se instalaron en repoblaciones efectuadas por la Administración Forestal en las que se empleó planta de una o dos savias a raíz desnuda y con densidades de plantación comprendidas entre 2.000 y 2.500 pies/ha. Se escogieron zonas en las que la masa presentase una espesura completa y donde no se hubiese efectuado corta alguna durante los tres años previos a la instalación de la parcela.

El tamaño de las parcelas varió en función de la densidad de la masa de manera que todas ellas incluyesen un mínimo de 60 árboles. Las dimensiones empleadas fueron 625 m^2 (25 x 25 m.), 1.000 m^2 (40 x 25 m.), 1.400 m^2 (40 x 35 m.) y 1.600 m^2 (40 x 40 m.). La forma adoptada fue cuadrangular o rectangular y en este último caso el lado menor del rectángulo se orientó en el sentido de la máxima pendiente.

Se seleccionaron un total de 24 parcelas: 4 en la provincia de La Coruña, 8 en Lugo, 6 en Orense y 6 en Pontevedra.

En todas las parcelas se realizaron previamente al tratamiento un análisis granulométrico y químico del suelo y un análisis foliar. De las 24 parcelas sólo se pudieron emplear en este estudio 23 al no contar con los datos de los análisis de suelo y foliares de una de ellas; estos datos pueden consultarse en el mismo estudio de calidad de estación al que se ha hecho referencia anteriormente.

Las parcelas se dividieron siguiendo la línea de máxima pendiente en dos partes iguales separadas por una franja de una anchura media de dos metros con el fin de evitar los efectos de borde. La superficie situada a la derecha de la franja de separación mirando desde la parte inferior de la ladera es la zona testigo y la superficie situada a la izquierda es la zona abonada.

El tratamiento consistió en una única aplicación a cada pie de 6 pastillas de 50 gr. de un fertilizante desarrollado en el Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán (BARA y MORALES , 1977) cuya composición es: N (5%); P_2O_5 (10%); K_2O(15%); CaO (18%) y MgO (2,3%).

Las pastillas se enterraron alrededor del tronco a una profundidad de unos 20 cm. y a una distancia del mismo proporcional a su diámetro. Los árboles externos a la parcela que se encontraban rodeando la zona abonada y los más cercanos a esta de la franja de separación recibieron el mismo tratamiento.

Todos los árboles fueron numerados y marcados con una "T" invertida en el punto de medición del diámetro normal. Durante cuatro años consecutivos, incluyendo un inventario previo al tratamiento, se midieron en todos los pies el diámetro normal en cruz mediante el empleo de forcípulas con aproximación al mm. y las alturas totales con pértiga telescópica de fibra de vidrio con aproximación al cm.

- *Determinación de los crecimientos en volumen.* Para determinar el volumen total con corteza de cada uno de los pies en cada inventario se emplearon los datos de 467 árboles tipo, pertenecientes a las 102 parcelas del dispositivo inicial, cuyas edades pertenecían al intervalo 8-20 años y se ajustó una tarifa de dos entradas (diámetro normal, altura total) por el procedimiento REG del programa estadístico SAS/STAT™. La ecuación obtenida es la siguiente:

$$VTCC\,(dm^3) = 169{,}313 * 10^{-6} * d^{1{,}927189}\,(mm.) * h^{0{,}769933}\,(dm.) \quad R^2 = 0{,}9901$$

Donde "*VTCC* " es el volumen total con corteza expresado en dm^3; "*d* " es el diámetro normal en milímetros y "*h*" es la altura total en decímetros.

Una vez obtenidos los volúmenes se calcularon por diferencia los crecimientos correspondientes a los tres años siguientes al abonado.

- *Análisis de varianza.* Para determinar la respuesta al tratamiento de cada una de las parcelas se realizaron análisis de varianza empleando el procedimiento GLM del programa estadístico SAS/STAT™. La variable dependiente fue el crecimiento en volumen en cada uno de los tres años siguientes a la aplicación del tratamiento y se incluyó como covariante el volumen inicial,

debido a la influencia que este tiene sobre el crecimiento posterior. El modelo utilizado es el siguiente:

$$x_{(ij)} = \mu + A_i + \beta_1 Y_1 + \varepsilon_{j(i)}$$

Siendo:

"$x_{(ij)}$" el crecimiento en volumen del árbol "*j*" con el tratamiento "*i*".

"μ" la media de la población de crecimientos.

"A_i" el tratamiento (abonado o no abonado).

"β_1" el parámetro que modifica al covariante (volumen inicial) "Y_1"en el análisis.

"ε" el error.

Se consideró que el abonado era efectivo cuando se obtuvieron diferencias significativas al 95% entre los crecimientos en volumen de los árboles abonados y no abonados al menos en dos de los tres períodos de crecimiento analizados. De las 23 parcelas hay 11 en las que no hubo respuesta al tratamiento en los términos descritos (Tabla 1).

- *Clasificación de las parcelas.* La clasificación de las parcelas se ha realizado siguiendo el procedimiento descrito por Hill et al. (1975) que permite llegar a una agrupación dicotómica en función de ciertas variables o descriptores de las parcelas de manera que una vez obtenida la clasificación, cualquier otra parcela puede incluirse automáticamente en ella. Para ello se ha empleado el programa TWINSPAN (Hill, 1979).

Los parámetros descriptores empleados son de dos tipos: los obtenidos en los análisis de suelos (la profundidad del suelo en cm., el pH, los contenidos de materia orgánica y de nitrógeno en tanto por ciento, la relación carbono-nitrógeno, el contenido de fósforo utilizable en ppm, los contenidos en suelo de potasio, calcio y magnesio cambiables en ppm, los porcentajes de arena y arcilla y la pendiente del terreno en tanto por ciento) y los obtenidos en los análisis foliares (los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en tanto por ciento).

Los parámetros descriptores obtenidos en el análisis de suelo se dividieron en tres intervalos cuyos límites se establecieron en función de la media (μ) y la desviación típica (σ) de cada uno de ellos obtenidas a partir de los datos de 24 parcelas. Los intervalos se definen de la siguiente manera:

$$1^o\ x_i \geq \mu_i + \sigma_i \qquad 2^o\ \mu_i + \sigma_i < x_i > \mu_i - \sigma_i \qquad 3^o\ x_i \leq \mu_i - \sigma_i$$

Donde "x_i" es el valor del parámetro descriptor "i", "μ_i" es la media de los valores de dicho parámetro y "σ_i" es la desviación típica.

Los parámetros descriptores obtenidos en el análisis foliar se dividieron en dos intervalos separados por el valor crítico correspondiente a cada parámetro definido para la especie por Bara y Toval (1983) y Leaf (1973). La Tabla 2 muestra los límites de los intervalos de cada parámetro clasificatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra los resultados de la clasificación y las parcelas que pertenecen a cada uno de los grupos. Se han obtenido un total de nueve grupos y cabe destacar el hecho de que en todas las dicotomías interviene un único parámetro descriptor, a pesar de que en el análisis no se limitó su número. En todas las divisiones el intervalo del parámetro descriptor que marca la separación es uno de los dos extremos, es decir, son los valores más alejados de la media, en unos casos por encima y en otros por debajo de ella, los que determinan las agrupaciones.

Las concentraciones de nutrientes en el suelo no aparecen en ningún caso como parámetro descriptor, aunque algunas de ellas se encuentran implícitamente por su relación con otros

descriptores, es el caso de los niveles de nitrógeno conjuntamente con la relación carbono-nitrógeno y el contenido de materia orgánica.

El primer grupo está constituido por 6 parcelas (OR12, OR54, PO19, PO26, PO27 y PO38) que no presentan diferencias significativas en crecimiento entre árboles tratados y no tratados. Todas ellas tienen en común el hecho de no presentar deficiencias graves de ningún nutriente y los valores de la mayor parte de los parámetros analizados pertenecen al intervalo marcado en torno a la media.

El segundo grupo lo forman dos parcelas (C15 y C17) que si responden al abonado y cuya principal peculiaridad es el hecho de tener una relación carbono-nitrógeno muy baja y unos niveles de nitrógeno en suelo muy elevados. Sólo hay otra parcela en los restantes grupos con similares valores de los dos parámetros (PO39) y también responde al tratamiento.

El tercer grupo lo constituyen las parcelas (LU23, LU24 y OR48) cuya respuesta al abonado es positiva. Estas parcelas además de tener un contenido de materia orgánica muy bajo presentan niveles deficientes en acículas de nitrógeno y potasio (BARA, 1990; LEAF, 1973) y concentraciones muy bajas de nitrógeno en suelo.

Los grupos cuarto y quinto (LU16, LU22 y LU28; OR29 y PO23 respectivamente) engloban todas las parcelas que presentan unos niveles de fósforo en las acículas por encima de las concentraciones consideradas como deficitarias; sin embargo la respuesta al tratamiento es dispar: en las parcelas del grupo cuarto no varía significativamente el crecimiento como consecuencia del abonado mientras que en las del grupo quinto si. La única característica diferenciadora es la profundidad del suelo, pero a priori este factor no se puede considerar como fundamental en el efecto del abonado.

Los dos siguientes grupos están formados por las cuatro parcelas con una relación carbono-nitrógeno superior a 23 (OR13; LU26, LU27 y OR21), la diferencia radica en los niveles de nitrógeno en las acículas: mientras que la primera parcela (grupo 6) no presenta valores deficitarios y no responde al abonado, las tres últimas (grupo 7) tienen concentraciones inferiores al 0,83% y presentan diferencias significativas en crecimientos.

Los dos últimos grupos están formados por las tres parcelas con unos porcentajes de arcilla superiores al 20%. Las parcelas del noveno grupo (LU10 y PO39) responden al abonado y se caracterizan además de por la elevada cantidad de arcilla por presentar altos porcentajes de materia orgánica y una relación carbono-nitrógeno baja, incluso en la parcela PO39 inferior al 15%. La única parcela del grupo octavo (C26) no responde al abonado y al igual que las anteriores tiene una relación carbono-nitrógeno baja, aunque en este caso el porcentaje de materia orgánica esta en torno a la media.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se pueden extraer a partir de los resultados de los análisis anteriores van dirigidas a evitar los costes del tratamiento con fertilizante en aquellos casos en los que existe un riesgo evidente, en vista de los efectos del ensayo, de no obtener un aumento significativo en el crecimiento en volumen. Estas situaciones desfavorables son las siguientes:

1) Las masas en las que los niveles de los parámetros del análisis de suelos se encuentran dentro de los valores medios para *Pinus pinaster* en Galicia definidos por Bara y Toval (1982).

2) Las masas en las que los niveles de nitrógeno y de fósforo en las acículas están por encima de los valores considerados como limitantes. En el 100% de los casos en los que no existen deficiencias de ninguno de los dos nutrientes el abonado no influye significativamente en el crecimiento. En caso contrario la respuesta al abonado es significativa en el 86% de los casos cuando existe solo deficiencia de nitrógeno, en el 50% de los casos cuando la deficiencia es únicamente de fósforo y en el 100% de los casos cuando la deficiencia es de ambos nutrientes.

Para poder establecer relaciones causa-efecto en un sistema en el que intervienen tantos factores y tan dependientes unos de otros como es el conjunto suelo-vegetación sería necesario diseñar un experimento con diferentes dosis de fertilizante y que incluyese parcelas con niveles bajos de aquellos nutrientes que han aparecido como parámetros clasificatorios en este ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

BARA, S. & MORALES, F. (1977). Suministro lento de nutrientes con fertilizantes pastillados para uso forestal. Estudio lisimétrico de las pastillas y resultados de las experiencias de fertilización. *Anales INIA. Serie Recursos Naturales* 3: 235-249.

BARA, S: & TOVAL, G. (1982). Calidad de estación del *Pinus pinaster* Ait. en Galicia. *Comunicaciones* INIA. *Serie Recursos Naturales* 24. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

BARA TEMES, S. (1990). Fertilización Forestal. *Consellería de Agricultura, Gandería e Montes. Xunta de Galicia.* Santiago de Compostela. 143 pp.

HILL, M.O.; BUNCE, R.G.H.; SHAW, M.W. (1975). Indicator species analysis, a divisive polythetic method of classification, and its application to a survey of native pinewoods in Scotland. *Journal Ecology 63*, pp 597-613.

HILL, M.O. (1979). TWINSPAN. A Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. *Cornell Ecology Programs*. Microcomputer Power. Nueva York. 29 pp.

LEAF, A.L. (1973). Plant analysis as an aid in fertilizing forests. *In.*: L.M. Waslsh. (eds.), *Soil testing and plant analysis.*

SAS INSTITUTE INC. (1988). SAS/STAT™ *User's Guide, Release 6.03 Edition.* Cary NC. SAS Institute Inc.

PARCELA	RESPUESTA AL ABONADO (95%)	PARCELA	RESPUESTA AL ABONADO (95%)	PARCELA	RESPUESTA AL ABONADO (95%)
C15	SI	LU26	SI	OR54	NO
C17	SI	LU27	SI	PO19	NO
C26	NO	LU28	NO	PO23	SI
LU10	SI	OR12	NO	PO26	NO
LU16	NO	OR13	NO	PO27	NO
LU22	NO	OR21	SI	PO38	NO
LU23	SI	OR29	SI	PO39	SI
LU24	SI	OR48	SI		

Tabla 1. Resultados del análisis de varianza para determinar la influencia del tratamiento sobre el crecimiento en volumen al 95% de probabilidad.

Parámetro	Intervalo 1º	Intervalo 2º	Intervalo 3º
Profundidad (cm.)	>= 80 (6)	< 80 - > 40 (12)	<= 40 (5)
pH	>= 4,85 (1)	< 4,85 - > 4,36 (21)	<= 4,36 (1)
Mat. Orgánica %	>= 16,93 (4)	< 16,93 - > 8,67 (14)	<= 8,67 (5)
C/N	>= 23,00 (4)	< 23,00 - > 15,35 (15)	<= 15,35 (4)
N en suelo %	>= 0,575 (4)	< 0,575 - > 0,238 (16)	<= 0,238 (3)
P utilizable en suelo (ppm)	>= 11,32 (3)	<11,32 - > 1,21 (20)	<= 1,21 (0)
K cambiable en suelo (ppm)	>= 65,34 (2)	< 65,34 - > 25,97 (21)	<= 25,97 (0)
Ca cambiable en suelo (ppm)	>= 25,36 (3)	< 25,36 - > 0 (18)	= 0 (2)
Mg cambiable en suelo (ppm)	>= 11,16 (2)	< 11,16 - > 4,14 (18)	<= 4,14 (3)
Arena %	>= 76,42 (2)	< 76,42 - > 61,05 (19)	<= 61,05 (2)
Arcilla %	>= 19,83 (3)	< 19,83 - > 10,52 (18)	<= 10,52 (2)
Pendiente %	>= 23,01 (5)	< 23,01 - >4,12 (12)	<= 4,12 (6)
N acicular %	> 0.98 (11)	≤ 0.98 (12)	---
P acicular %	> 0.103 (5)	≤ 0.103 (18)	---
K acicular %	> 0.45 (9)	≤ 0.45 (14)	---
Ca acicular %	> 0.12 (8)	≤ 0.12 (15)	---
Mg acicular %	>0.07 (21)	≤ 0.07 (2)	---

Tabla 2. Intervalos de los parámetros descriptores de la clasificación. Entre paréntesis el número de parcelas incluidas dentro de cada intervalo.

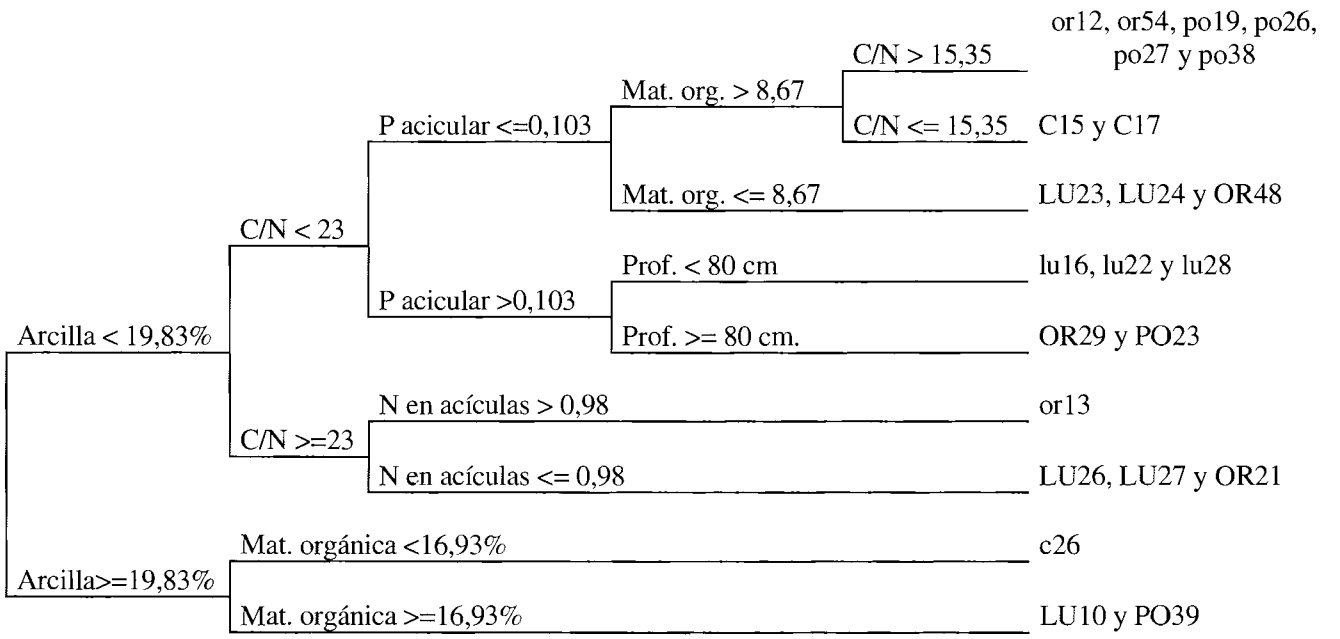

Figura 1. Clasificación de las parcelas. En mayusculas aquellas que presentan diferencias significativas al 95% en los crecimientos en volumen en al menos dos de los tres períodos analizados.