

RELACIONES ENTRE LOS FACTORES EDAFICOS Y EL CRECIMIENTO DE *PINUS PINASTER* Ait. Y *PINUS RADIATA* D. Don. EN LA PENÍNSULA DEL BARBANZA (GALICIA).

Gil Sotres, F.; Díaz de Bustamante, J. y
Díaz-Fierros Viqueira, F.

Cátedra de Edafología
Universidad de Santiago de Compostela

INTRODUCCION.

Las plantaciones del género *Pinus* son objeto de repoblación en Galicia desde hace bastantes años. La especie *P. pinaster* como mínimo desde el siglo XVIII está sujeta a una explotación y cultivo racional (Cuadernos Est. Gallegos, anejo XVII. Santiago 1970), mientras que *P. radiata* D. Don. lo hace a partir de la década de los 40.

Un censo comparativo de la evolución de la superficie dedicada en Galicia a ambas especies es el siguiente:

	<u>P. pinaster</u>		<u>P. radiata</u>	
1947	286.957	Ha	2.323	Ha
1959	224.690	"	34.786	"
1971	488.955	"	43.638	"

(Fuente: Anuario estadístico forestal).

Varios autores estudiaron la acción de los diferentes factores sobre la producción de ambas especies, Adams, Walker *1945); Ballard (1971); Von Buch (1968); Jackson, Gifford (1974). Más concretamente Nicolás y Gandullo (1967) y Gandullo, González Alonso y Sánchez Palomares (1967) realizaron esta valoración a nivel nacional, y dentro de este contexto la acción del factor edáfico, que es lo que fundamentalmente ocupa a este trabajo, no quedó suficientemente aclarada. Partiendo de una división elemental de factores edáficos físicos (ligados fundamentalmente a la aireación y economía del agua del suelo), químicos (relacionados con la accesibilidad de nutrientes) y biológicos (relativos al tipo de calidad de la materia orgánica), los citados autores encuentran que los dos últimos factores no se les encuentra en general una influencia clara sobre el crecimiento mientras en cambio que el primero es el decisivo, estableciendo para *P. pinaster* una preferencia, en general, de suelos aireados y bien drenados, mientras que *P. radiata* se manifiesta una tendencia a desarrollarse mejor sobre suelos más profundos y pesados. Esto mismo estaría de acuerdo con las teorías de Iyer y Wilde (1964) sobre la fertilidad forestal en las que relaciona fundamentalmente el crecimiento con las propiedades físicas del suelo.

MATERIAL Y METODOS:

La zona estudiada comprende un corte transversal de la península del Barbanza, de dirección NO-SE, desde Puerto del Son hasta la Puebla del Caramiñal, siguiendo la dirección de la carretera y pistas forestales que unen ambas poblaciones.

A lo largo de este trayecto y en los lugares donde existen masas forestales se hizo la toma de muestra de suelo así como las determinaciones de altura y edad de los individuos arbóreos.

a) Determinaciones de campo:

En cada punto de observación se tomó una muestra de suelo de los 30 cm. superiores excluyendo la capa de fó r ma. Determinándose en los mismos C, N, pH en agua y ClK, P, Mg y K asimilable, así como la profundidad, drenaje y déficit. La determinación del *índice de sitio* se realizó midiendo la edad y la altura de los cuatro individuos dominantes según lo citado por Carmean (1967). El índice de s i t i o s e o b t u v o p a r a P . r a d i a t a de las curvas de calidad del Ministerio de Agricultura (1976) y para P . p i n a s t e r de las proporcionadas por el Sr. Toval del I.F.I.R. E. de Lourizán (1975). Los datos se refieren a % de crecimiento en altura a los 25 años.

Para la realización del mapa de suelos se tomaron perfiles completos representativos de cada unidad taxonómica.

b) Determinaciones de laboratorio:

Las muestras se secaron al aire y fueron tamizadas por un tamiz de 2 mm.

El análisis mecánico se realizó por el método de Bouyoucos (1961). El pH se determinó en una suspensión de relación 1:2,5 suelo-líquido, tanto en agua como en ClK.

El C por el método de Sauerland por vía húmeda, y el N₂ por el método de Kjendall, ambos según lo indicado por Gúitián Ojea (1964).

Los óxidos libres de Fe mediante extracción con solución Tamm e hidrosulfito sódico (Guitián, 1964).

El P asimilable por el método Bray 2. K y Mg asimilables fueron extraídos con sol. Morgan y medidos por espectrofotometría de absorción atómica.

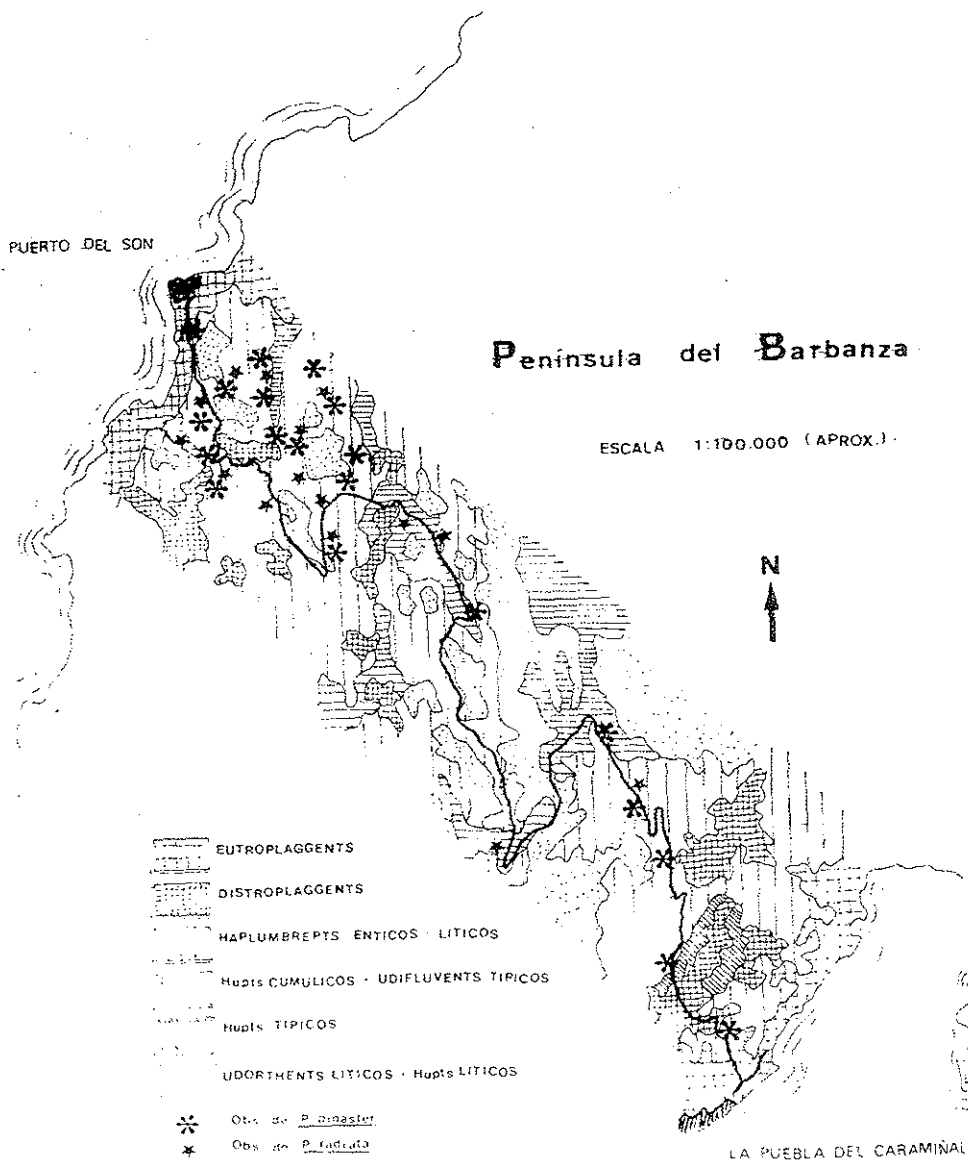


Fig. 1.-

Sección de la Península del Barbanza sobre la que se realizó el trabajo, indicando en ella los tipos principales de suelos según la 7ª aproximación (1973) y la localización de las masas forestales estudiadas.

c) Análisis estadístico:

Los diversos datos hallados en el muestreo fueron sometidos a un análisis de P.C.A. utilizando el ordenador IBM 1130 del Centro de Cálculo de la Universidad de Santiago de Compostela, para ejecutar el programa "Facto" de la biblioteca de programas del ordenador.

RESULTADOS:

A) Mapas de suelos:

Se ha realizado la cartografía de suelos a escala aproximada 1:100.000 de la zona de estudio (Fig. n° 1). Se han separado así las seis unidades de suelos que se detallan a continuación.

a) Eutroplaggens:

Suelos de cultivo con epipedon plaggen, bien desarrollado, eutróficos con pH próximo a la neutralidad y muy bien provistos de elementos asimilables, sobre todo de P_2O_5 . Se encuentran en las proximidades de la costa tanto en una como en otra orilla y su génesis está ligada a una profunda acción antropogena manifestada en un continuado abono a través de los años de algas, conchas y otros restos marinos. Como ejemplo se detalla el perfil n° 1391.

Altitud - - - - - 50 m.
Orientación - - - - - W
Pendiente - - - - - Clase 1
Drenaje - - - - - Clase 3
Material original - - - - - Granito del Barbanza
Vegetación - - - - - Prado rico en leguminosas.

DESCRIPTIVA:

Horz. Prof. cm.

- Ap₁ 0-10 cm. Bien agregado, bien enraizado con raíces finas y abundantes; suelto en seco, ligeramente adherente y no plástico de color pardo rojizo oscuro 5 YR 2/2.
- Ap₂ 10-40 cm. De color negro 10 YR 2/1; con menor agregación que el anterior, restos de cristales; suelto, ligeramente adherente y ligeramente plástico. Transición brusca al siguiente.
- C₁ 40-120 cm. Sedimentos de granito alterado y restos de piedras; blando, ligeramente adherente y no plástico. De color pardo amarillento 10 YR 5/4.

DATOS ANALITICOS

Horz.	Grav.	AG	AF	LG	LF	AR	TEX
Ap ₁	18,2	37,14	23,95	13,51	9,15	16,25	Fa
Ap ₂	30,6	43,52	22,19	11,29	8,94	14,06	Fa
C ₁	23,2	44,73	21,97	12,11	8,88	12,31	Fa

	pH ag.	pH CLK	C	N	C/N	Fe 0%
Ap ₁	6,48	5,52	7,34	0,544	13,48	0,759
Ap ₂	6,85	5,47	3,55	0,276	12,86	0,332
C ₁	6,89	5,55	0,53	0,030	17,49	0,306

b) Dystroplaggents:

Suelos de cultivo desarrollados normalmente sobre bancales de acción antropogena y formados por una notable acumulación de materiales. Se encuentran normalmente hacia el interior de forma que no han sufrido igual tratamiento de abonado que los anteriores. Debido a ello son más mesotróficos con un contenido en elementos asimilables de medio a bajo. Se desarrollan tanto sobre granitos como sobre esquistos. Se cita el perfil n° 1398:

Altitud -----	265 m.
Pendiente -----	Clase 1 (0°)
Drenaje -----	Clase 3-4
Material original -----	Esquisto micáceo
Vegetación -----	Cultivo de maíz.

DESCRIPTIVA:

Horz. Prof. cm.

Ap ₁	0-40 cm.	Abundantes raíces finas y largas, friable y blando, ligeramente adherente y ligeramente plástico de color pardo rojizo oscuro 5 YR 3/2.
Ap ₂	40-60 cm.	De color negro rojizo 10 YR 2/1, con agregación inestable abundantes arenillas; suelto, adherente y ligeramente plástico.
Ap ₃	+ 60 cm.	Con agregación ligera, con gravillas y arenas abundantes suelto, y ligeramente adherente y plástico. De color negro 10 YR 2/1.

DATOS ANALITICOS

Horz.	Grv.	AG	AF	LG	LF	AR	TEX
Ap ₁	21,46	32,99	29,20	10,53	10,41	14,85	Fa
Ap ₂	26,56	33,22	25,55	12,97	11,64	16,59	Fa
Ap ₃	30,38	37,71	25,32	10,21	10,80	15,92	Fa

Horz.	pH H ₂ O	pH CLK	% C	% N	C/N	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅
Ap ₁	4,32	3,68	2,76	0,209	13,18	0,243	66,6
Ap ₂	4,85	3,92	3,85	0,249	15,47	0,759	120,0
Ap ₃	4,80	3,91	2,96	0,308	9,61	0,447	100,0

c) Asociación Udorthent litico + Haplumbrept litico:

Comprende suelos incipientes en los que no existen horizontes de diagnóstico o están poco desarrollados. Se presenta tanto sobre granito como sobre esquistos y su posición topográfica fundamental es en zona de cumbre y lugares próximos a afloramientos rocosos ya que son el primer resultado de la meteorización de la roca; morfológicamente son suelos arenosos sueltos, sin apenas coherencia. Así el perfil 1378:

Altitud ----- 150 m.
 Orientación ----- W
 Pendiente ----- Clase 4-5
 Drenaje ----- Clase 6
 Material original ---- Granito del barbanza
 Vegetación ----- Musgod, Sedum sp., Lotus sp., etc.

DESCRIPTIVA:

Horz.	Prof. cm.	
A	0-5 cm.	Horizonte desarrollado ocasionalmente sobre cultivos de granito; no adherente y no plástico. De color pardo rojizo oscuro 5 YR 2/2.
R	+ 5 cm.	Roca sin alterar.

DATOS ANALITICOS

Horz.	Grav.	AG	AF	LG	LF	AR	TEX
A	31,03	47,19	22,04	12,14	6,18	12,45	Fa

Horz.	pH H ₂ O	pH ClK	% C	% N	C/N	Fe ₂ O ₃	
A	4,75	3,75	5,46	0,369	14,79	0,867	

d) Asociación Haplumbrepts entico + Haplumbrept lítico:

Es la asociación más extensa de estudio y comprende los suelos de ladera, normalmente, caracterizados por la presencia de un horizonte umbrico bien desarrollado. Por su posición de ladera presentan a menudo un neto policiclismo. Morfológicamente comprenden suelos de diverso aspecto que se diferencian en profundidad del suelo, textura, contenido en gravas, presencia o ausencia de contactos líticos o paralíticos, etc.

Se presenta tanto sobre granito como sobre esquistos. Como ejemplo se cita el perfil n°1406.

Altitud ----- 400 m.
Orientación ----- -
Pendiente ----- Clase 1
Drenaje ----- Clase 3
Materia orgánica ---- Granito del Barbanza
Vegetación ----- Brezal con tojo.

DESCRIPTIVA:

<u>Horz.</u>	<u>Prof. cm.</u>	
1 Au1	0-15 cm.	Orgánico, con mucha arena fina y abundantes raíces gruesas, abundantes gravillas de cuarzo lavadas, algo masivo, muy friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico. De color negro 5 YR 2/1.
1 Au2	15-30 cm.	Más arenoso, con escasas raíces finas y largas; ligeramente duro en seco, muy friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico. De color negro 5 YR 2/1. A los 30 cm. línea de coluvios de cuarzo lavados.
2 C	+ 3 cm.	Granito alterado muy arenoso de color pardo 7,5 YR 4/4 blando, muy friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico.

DATOS ANALITICOS

Horz.	Grav.	AG	AF	LG	LF	AR	TE
1 Aul	6,00	23,62	13,63	12,94	16,96	28,86	Fpa
1 Au ₂	13,66	43,82	20,61	9,03	9,84	16,67	Fa
2 C	16,86	43,22	18,60	10,39	13,98	13,79	Fa

Horz.	pH H ₂ O	pH ClK	% C	% N	C/N	Fe ₂ O ₃	
1 Aul	4,61	4,03	5,78	0,504	11,45	1,215	
1 Au ₂	4,91	4,21	2,35	0,196	11,99	1,347	
2 C	5,33	4,44	0,76	0,066	11,19	1,470	

e) Hapblumbrepts típicos:

Unidad de suelos menos frecuentes. Se presenta esporádicamente en los bordes de vaguadas; en estos lugares carece de extensión como para ser representada. Se localiza únicamente en extensión apreciable cerca de la Puebla del Caramiñal estando ligada su presencia a un sustrato geológico de sedimentos cuaternarios.

Genéticamente representan el tipo de suelos más evolucionados de la zona de estudio y se caracterizan por la aparición de un horizonte B cámbico o estructural en el que se observa una liberación apreciable de óxidos de Fe que dan lugar al típico empardecimiento del perfil, así como por el desarrollo de una cierta estructura. Por su posición de ladera pueden presentar policiclismo. Se cita el perfil n°1386.

Altitud ----- 160 m.
 Orientación ----- NE
 Pendiente ----- Clase 3-4
 Drenaje ----- Clase 4
 Materia original --- Granito del Barbanza
 Vegetación ----- Repoblación de P. pinaster

DESCRIPTIVA:

Horz. Prof. cm.

- | | | |
|-----|-----------|--|
| A | 0-30 cm. | Orgánico de color pardo oscuro 7,5 YR 3/2, muy enraizado, escasa densidad, sin estructura, suelto, no adherente y no plástico. De 30 a 50 cm. línea de grandes coluvios. |
| 2A | 50-70 cm. | De color pardo grisáceo muy oscuro 10 YR 3/2; con lijera agregación granular inestable, raíces largas de grosor medio abundantes; blando, bastante friable, ligeramente adherente y no plásti
co. |
| 2Bw | + 70 cm. | Raíces medias y largas de abundancia media; blando, bastante friable, lige-
ramente adherente y no plástico. De <u>co</u>
lor pardo amarillento 10 YR 3/4. |

DATOS ANALITICOS

Horz.	Grav.	AG	AF	LG	LF	AR	TEX
A	17,02	40,39	28,36	16,32	9,92	15,21	Fa
2A	18,99	30,42	19,06	14,03	15,11	21,35	F
2Bw	20,76	35,75	15,61	16,88	16,88	16,88	F

Horz.	pH H ₂ O	pH CLK	% C	% N	C/N	Fe ₂ O ₃	
A	5,01	4,05	5,39	0,324	16,64	0,916	
2A	5,16	4,25	4,30	0,272	19,38	0,830	
2Bw	5,16	4,38	3,04	0,116	26,07	1,141	

f) Asociación Haplumbrept cumulico + Udifluent típico:

Unidad compleja de suelos caracterizados morfológicamente por un notable desarrollo de sus horizontes orgánicos, que descansan normalmente sobre un sustrato de roca no alterada.

Topográficamente se presentan en dos zonas bien diferenciadas: 1°) En zonas de inflexión de pendiente; 2°) Rellenando antiguos cauces de río dando lugar a las denominadas *campas*. Genéticamente corresponden a procesos de evolución distintos, así, en el primer caso el agente formador principal es la acción de la gravedad mientras que en el 2° predomina la sedimentación fluvial.

Normalmente estos suelos se encuentran afectados por el nivel freático en mayor o menor grado de forma que el perfil permanece húmedo la mayor parte del año lo que favorece la existencia de una buena actividad biológica. Se cita como representativo el perfil n° 1395.

Altitud ----- 210 m.
 Orientación ----- NW
 Pendiente ----- Clase 1
 Drenaje ----- Clase 3
 Materia original -- Granito del Barbanza
 Vegetación ----- *Alnus glutinosa*, *P. pinaster*,
 gramíneas, helechos.

DESCRIPTIVA:

Horz. Prof. cm.

Au1	0-10 cm.	Orgánico, de color 5 YR 2/1, muy <u>suel</u> to, afientrado, con abundantes raíces menudas; sin estructura, blando, <u>fria</u> ble no adherente y no plástico.
Au2	10-100 cm.	Orgánico, de color pardo rojizo, oscuro 5 YR 3/2, con abundantes arenillas de cuarzo, consistente, untuoso y de aspecto masivo; ligeramente duro muy friable, ligeramente adherente y <u>lige</u> ramente plástico.

DATOS ANALITICOS

Horz.	GR	AG	AF	LG	LF	AR	TEX
Au1	7,87	39,47	23,62	10,48	8,38	18,03	Fa
Au2	4,68	18,36	21,50	11,36	18,10	30,58	Fp

Horz.	pH H ₂ O	pH ClK	%C	%N	C/N	Fe ₂ O ₃	
Au1	5,02	4,35	10,14	0,561	18,06	0,828	
Au2	4,35	4,08	8,69	0,606	14,33	0,986	

B) Relación entre el tipo de suelo y el índice de sitio:

Se estudia en primer lugar la relación existente entre el tipo de suelo y la productividad para cada especie forestal, definida a partir de un I.S. Los datos se muestran en la tabla n° 1.

Tabla 1.

Asociación	S max.	S min.	I.S. medio	S _x
Ud. 1. + Ha. 1.	53	40	48,33	8,07
Ha. cum. + Uf. tip.	72,5	56	62,83	7,25 P. pinaster
Ha. en. + Ha. 1	100,0	40	64,1	18,13
Ud. 1. + Ha. 1	42	24	33	9
Ha. en + Ha. 1	55	22	38,5	15,5 P. radiata
Ha. cum. + Uf. tip.	73	43,3	54,96	10,7

Como primer dato a destacar se observa el mejor crecimiento de *P. pinaster* en relación a *P. radiata*, ya que en el primero mientras que son muy frecuentes los índices de Sitio superiores al 50% y que en casos determinados pueden llegar a alcanzar hasta el 100%, en el segundo caso son realmente extrañas las masas que superan el valor del 50%. Estos resultados contrastan con los señalados por V. Buch (1968) para una zona relativamente parecida a la estudiada y en la que los crecimientos de *P. radiata* son francamente aceptables (del orden del 75%).

Por otro lado al considerar la influencia del tipo de suelo se puede destacar que para *P. pinaster* el mayor crecimiento medio se presenta en suelos de la asociación Haplumbrept éntico + lítico, con una dispersión de valores bastante amplia. El crecimiento medio mínimo se presenta sobre Udorthents mientras que para los suelos de tipo cumúlico la media es muy próxima a la de los suelos énticos.

Con respecto a *P. radiata* el máximo crecimiento medio se presenta sobre suelos de tipo cumúlico, con una dispersión de valores nomuy amplia. Los suelos éntico y lítico ofrecen unos valores de I. de S. muy próximos entre sí y bastante distanciados de él del tipo cumúlico.

Es decir, que así como la asociación Udorthent lítico + Haplumbrept lítico presenta el mínimo crecimiento para las dos especies, resultado lógico dada la escasa profundidad y desarrollo del suelo, para las otras dos asociaciones el comportamiento de las especies forestales es inverso: El crecimiento de *P. pinaster* se favorece con la asociación Haplumbrept énticos + líticos, mientras que el de *P. radiata* lo hace con la otra asociación.

Esta primera aproximación ofrece ya un inicio de las diferencias de habitat de las dos especies consideradas en relación al tipo de suelo sobre el que se asientan.

C) Estudio de las variables de sitio:

Se han intentado hallar las correlaciones directas entre el valor del Índice de Sitio y las diferencias variables que caracterizan al suelo pero los resultados fueron escasamente concluyentes por lo que se prefirió establecer una escala de valores de I. de S. (Tabla II), agruparlos en clases y comprobar el valor central de la clase con la medida de las variables edáficas de cada clase (gráfica II).

Tabla II

Valores centrales para cada clase de crecimiento

P. pinaster

Crecimiento	malo (40-60%)	Bueno (60-80%)	Muy bueno (+80%)
I.S. (valor central)	50	70	90

P. radiata

Crecimiento	Muy malo (40%)	Malo (40-60%)	Bueno (60-80%)
I.S. (valor central)	20	50	70

Para *P. pinaster* las variables físicas indican que los mejores crecimientos se encuentran sobre suelos de profundidad media, con drenaje algo excesivo y que sufren déficit de precipitación tanto en años normales como en otros

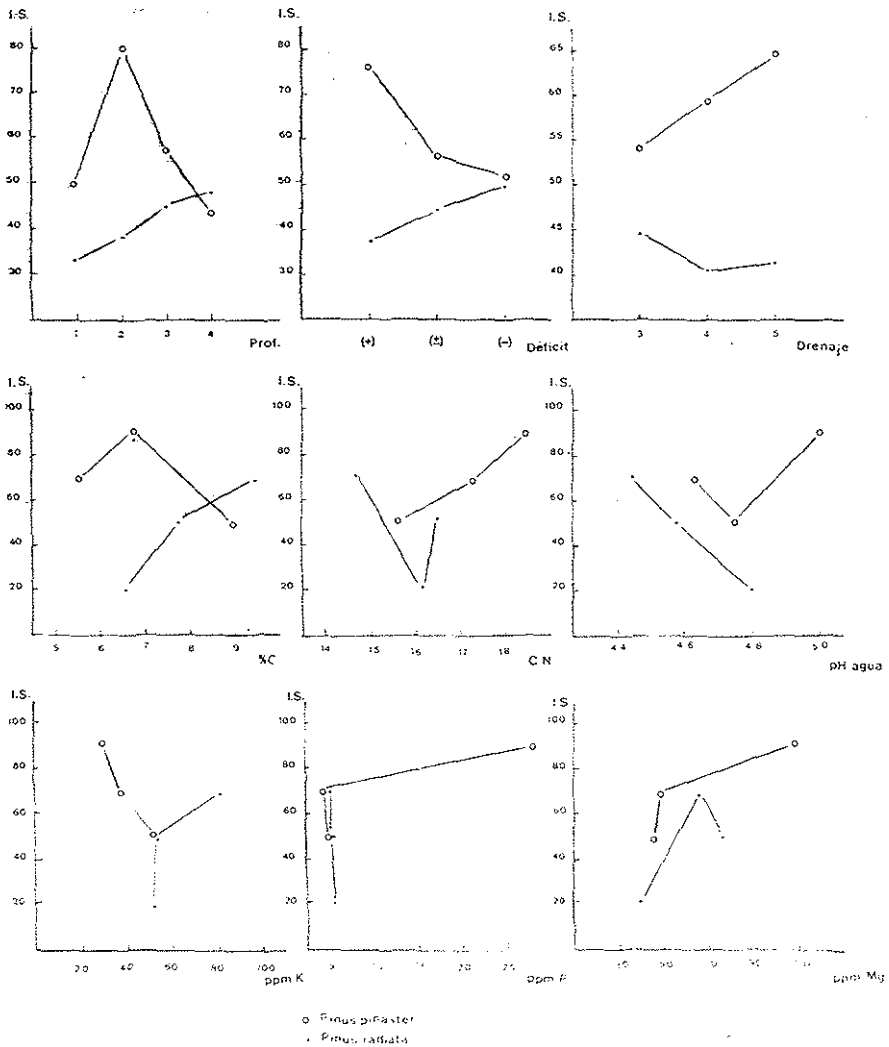


Fig. 2.-

Relación entre el rendimiento de las masas forestales y diferentes factores edáficos.

con período de recurrencia de 5.

Por otra parte se observa una tendencia a preferir suelos con bajo contenido en materia orgánica y con relación C/N alta, es decir, mal humificada. Los valores altos de pH favorecen el crecimiento, lo que parece un contrasentido con lo anterior. En relación al K las mejores clases de crecimiento son las que menos K asimilable presentan, mientras que con el P y el Mg ocurre a la inversa.

Con relación a *P. radiata* se observa una preferencia por las clases altas de profundidad, moderadamente bien drenadas y que no sufren sequía en ninguna época en años normales ni de períodos de recurrencia de 5. Los mejores crecimientos se presentan asimismo en lugares con alto contenido de materia orgánica y de baja relación C/N. Presentan tendencia a preferir pH bajos, y los lugares provistos de K y Mg asimilables proporcionan buenos crecimientos, mientras que el P no ofrece variación de unos a otros lugares.

Las preferencias para cada especie pueden concordar con lo encontrado en el estudio de la relación entre los suelos y el I. de S. ya que para *P. radiata* sus aptencias físicas definen el tipo de suelo cumúlico, y para *P. pinaster* refleja el tipo de suelo de ladera éntico o lítico.

D) Análisis estadístico:

A fin de poder concretar y asegurar los resultados encontrados en el estudio anterior se sometieron los datos a un análisis factorial para poder deducir los tipos y número de componentes que determinan la variación del suelo para una y otra especie forestal.

Así para *P. pinaster* se ponen en evidencia la acción de 5 factores que explican el 80,86% de la variación

total y cuyos autovalores y % de variación explicada se muestran en la tabla III. Las saturaciones de las variables se muestran en la tabla IV.

La primera componente presenta alta saturación positiva con los pH en agua y el ClK y alta saturación negativa con el C y el N; se puede considerar este factor íntimamente ligado a la materia orgánica. La segunda componente presenta altas saturaciones positivas con el Mg y el K asimilables y expresaría el factor *fertilidad*. El tercero está relacionado con signo negativo con el déficit de agua y profundidad del perfil pudiéndose considerar como un factor físico regulador de la disponibilidad de agua del perfil. El quinto factor viene influido mayoritariamente por la relación C/N y se puede interpretar como un componente que regula la humificación.

Para *P. radiata*, la variación de las propiedades del suelo es muy parecida. Aparecen 4 factores cuyos autovalores y % de variación se muestran en la tabla V, así como las saturaciones en la tabla VI.

La primera componente representa una dirección importante de la variación total y se encuentra correlacionada positivamente con el pH en agua y en ClK, y negativamente con los contenidos en C, N y Mg asimilable. Se puede considerar como un factor ligado a la materia orgánica. La segunda componente presenta alta saturación negativa con la profundidad del perfil y con el déficit de agua de éste, y representa como en el caso de *P. pinaster* la disponibilidad de agua; el tercer factor presenta una dirección de variación influida por la diferencia de pH del suelo y con los contenidos en P y K asimilables, por lo que se asocia esta componente con un factor de fertilidad. Finalmente el 4º factor aparece como una componente compleja correlacionada con el grado de humificación del perfil, así como con la altitud y drenaje del suelo.

Para poder estudiar la acción de estas componentes sobre el crecimiento se han calculado las estimaciones

AUTOVALORES OBTENIDOS EN EL ANALISIS DE LA MATRIZ DE CORRELACIONES DE
LA VARIABLES CAUSALES (P. pinaster)

Componente	Autovalor	% de variación explicada	% acumulado de variación explicada.
1	3,84313	29,562	29,562
2	2,49675	19,206	48,768
3	1,52666	11,743	60,511
4	1,43340	11,027	71,538
5	1,21264	9,328	80,866

Tabla III

SATURACIONES DE LAS VARIABLES EN LOS FACTORES (P. pinaster)

Variable	I Factor	II Factor	III Factor	IV Factor	V Factor
Drenaje	0,17157	0,01863	0,16589	-0,67150	0,42817
Prof. d.	-0,12024	-0,05894	-0,84942	-0,05944	0,11117
Déficit	0,22286	0,15662	-0,70948	-0,16727	0,12438
pH agua	0,85821	0,11360	0,12970	-0,43980	0,03170
pH CLK	0,90710	0,23622	0,24410	0,12656	0,01474
Dif. pH	-0,15533	-0,20114	-0,18984	-0,83986	0,02342
P	0,18208	0,04660	-0,28889	-0,61784	-0,30494
Mg	-0,23480	0,60124	-0,31585	-0,42327	0,34832
K	0,05835	0,89654	-0,00104	0,23654	-0,18932
C	-0,78509	0,33771	0,37066	-0,12557	0,13250
N	-0,80549	0,25185	0,26722	-0,01126	-0,31214
C/N	0,06002	-0,10254	-0,17141	0,03783	0,86454
Altitud	-0,53879	-0,13391	0,34647	0,34409	-0,54497

Tabla IV

AUTOVALORES OBTENIDOS EN EL ANALISIS DE LA MATRIZ DE CORRELACIONES DE
LAS VARIABLE CAUSALES (P. radiata)

Componente	Autovalor	% de variación explicada	% acumulado de variación explicada.
1	4,09973	31,536	31,536
2	2,48070	19,082	50,618
3	2,29178	17,629	68,247
4	1,35806	10,447	78,694

Tabla V

SATURACIONES DE LAS VARIABLES EN LOS FACTORES (P. radiata)

Variable	I Factor	II Factor	III Factor	IV Factor
Drenaje	0,19071	0,06096	-0,37539	-0,73795
Prof. d.	0,09515	-0,96227	-0,01743	-0,00870
Déficit	-0,18550	-0,85665	0,25346	0,13816
pH agua	0,70256	0,03610	0,43645	-0,40426
pH CLK	0,81312	-0,00343	-0,16973	-0,33983
Dif. pH	-0,12456	0,04364	0,83597	-0,08124
P	0,04530	-0,29628	0,74248	-0,16266
Mg	-0,72556	0,40522	0,26273	-0,33265
K	-0,16489	0,01700	0,63977	0,45096
C	-0,94155	-0,00550	0,12205	-0,02240
N	-0,81588	-0,26675	-0,00191	0,33623
C/N	0,01881	0,36608	0,24433	-0,71976
Altitud	-0,17659	0,06924	-0,14646	0,80001

Tabla VI

ESTIMACIONES FACTORIALES DE CADA OBSERVACION (P.pinaster)

Observación	I Factor	II Factor	III Factor	IV Factor	V Factor
1	1,56737	-1,40722	-2,91665	0,31787	2,71349
2	4,77226	-2,19361	-0,79213	-0,63394	1,15570
3	0,86021	-0,05842	-2,54928	0,26981	1,35362
4	-1,71675	0,99110	-1,07710	1,85375	-1,33330
5	-5,11677	-1,87872	1,51730	0,62799	0,44392
6	-6,91854	-1,01593	3,54613	0,62029	-3,13737
7	-2,80749	2,87837	-1,80526	-1,82539	2,85302
8	-0,94412	0,93982	-2,38794	-2,67101	2,40925
9	0,21775	1,69981	-3,18322	-3,68933	1,86374
10	4,35573	-0,29693	4,23233	-6,43824	0,92511
11	3,85375	-2,01693	2,22873	-0,46076	1,93186
12	0,05866	-0,27089	0,22573	0,01709	-1,05175
13	-2,02677	-0,75233	0,69544	2,29562	-0,98848
14	3,94808	2,69231	1,71163	3,61918	0,20658
15	6,85969	-0,46197	0,48428	0,71928	-0,19357
16	0,47006	1,75951	0,74738	2,90874	-2,63599
17	-1,17909	-0,63123	-0,15249	1,62362	-0,98017
18	1,38049	-0,53655	1,13808	0,08363	-1,52746
19	-3,91451	-0,60923	1,52356	2,38812	-2,67080
20	-1,23792	0,49929	2,40565	-1,60441	0,04965
21	0,05573	-0,74108	3,29014	-0,28574	-1,22985

Tabla VII

ESTIMACIONES FACTORIALES DE CADA OBSERVACION (P.radiata)

Observación	I Factor	II Factor	III Factor	IV Factor
1	0,35139	1,28561	-0,62692	1,54435
2	-3,98101	-2,71159	0,60032	3,42524
3	-6,51496	-1,18706	-0,41313	2,86197
4	2,36983	2,38209	-2,01690	-1,71193
5	-1,76659	3,39637	0,16900	-2,70113
6	0,31125	1,39310	0,61343	-3,28727
7	0,08971	-1,74342	-2,26100	2,68726
8	-5,06030	-2,11866	5,69045	-1,74631
9	-1,00539	0,17383	-0,51322	-3,75158
10	-2,79992	-0,29189	-0,76254	1,49575
11	1,65140	1,92933	-3,02197	-0,22402
12	2,30146	2,13168	1,47766	2,36791
13	1,90934	-0,27870	-1,66490	-0,02137
14	0,50430	-1,64609	-2,32069	0,18461
15	1,46246	-1,58024	0,43686	-1,44269
16	-0,69264	-2,39415	3,03271	4,08730
17	6,34815	2,93809	1,80208	-1,16188
18	1,91738	-1,59263	0,11090	-0,10046

Tabla VIII

factoriales para cada punto de muestreo según lo indicado por Hope (1970) y González-Bernáldez y al. (1969). Los valores de estas estimaciones se muestran en las tablas VII y VIII.

Tabla IX

CORRELACIONES ENTRE LAS ESTIMACIONES FACTORIALES Y EL INDICE DE SITIO					
<i>P. pinaster</i>					
Factor	I	II	III	IV	V
r	-0,018	0,032	-0,708**	-0,546*	0,391
<i>P. radiata</i>					
Factor	I	II	III	IV	
r	-0,411	-0,379	-0,037	0,452	
** Correlación significativa al nivel del 1%					
*	"	"	"	"	5%

Las correlaciones de las estimaciones factoriales con el Índice de Sitio se muestran en la tabla IX.

Para *P. pinaster* las correlaciones más altas las ofrecen los factores III, IV y V, mientras que la acción de los dos primeros factores es nula.

Dado que el signo de la correlación del I. de S. con el tercer factor es negativo, las variables profundidad

y déficit de agua, que como ya se indicó, presentaban en este factor altas saturaciones negativas, influirán de forma positiva en el crecimiento o, lo que es lo mismo, que los altos valores de profundidad (que en este caso corresponden a suelos de clase 2 y 3, es decir, de profundidad media) y de déficit (suelos que sufren sequía durante años normales y años con período de recurrencia de 5) van a implicar crecimientos de medianos a buenos.

El cuarto factor guarda con el crecimiento una alta correlación negativa y, por tanto, las variables que tenían en este factor altas saturaciones negativas favorecen el crecimiento positivamente, así las clases de drenaje altas (clase 5: algo excesivamente drenados). Por otra parte los altos valores de P también favorecen el crecimiento.

El quinto factor indica una tendencia a preferir suelos con un nivel de materia orgánica poco humificada independientemente de la cantidad de aquella.

Para *P. radiata* no hay ninguna correlación que sea significativa al nivel del 5%, por lo menos. Considerando que la distribución de estas variables no se realiza al azar se deduce:

El primer factor presenta con el Índice de Sitio una correlación negativa por lo que los valores de pH en agua y en ClK bajos favorecerán los altos valores de I. de S., así como lo favorecen altos valores de C, N y Mg asimilable.

El segundo factor estaba dominado por la presencia de agua en el perfil. Tanto el signo de las variables más influenciadas por él como el de la correlación de las estimaciones con el I. de S. son negativos por lo que hay que pensar que los valores altos de profundidad (es decir, suelos profundos de clase 4 predominantemente) y de déficit (por el sistema de calificaciones adoptado, cuando el suelo no sufre ninguna época de sequía) favorecerán el buen crecimiento de los individuos de *P. radiata*.

Dado que estos dos factores explican juntos el 50,61% de la variación total del proceso se puede considerar que las variables definidas por ellos son las que intervienen en mayor grado en el crecimiento de los individuos.

En el caso de *P. pinaster* los factores más correlacionados con el I. de S. son el tercero y el cuarto que explican respectivamente el 11,74 y el 11,02% de la variación total del proceso lo que indica una menor dependencia entre las variables de sitio y el crecimiento de los individuos, a pesar de estar mejor correlacionados.

CONCLUSIONES:

Los resultados obtenidos por los diferentes métodos muestran una coherencia marcada y confirman el tipo de suelo más propicio para el crecimiento de ambas especies, concepto que es más restringido para *P. radiata* que para *P. pinaster* debido a la mayor ubicuidad de esta especie y su mejor adaptación a cualquier tipo de sitio, hecho que se refleja además por su mayor crecimiento medio (en %) en relación a *P. radiata*. Para esta última especie las características encontradas para su habitat no parecen diferir grandemente de las encontradas por Gandullo (1967).

Por otra parte, y para ambas especies, se observa que la máxima influencia en el crecimiento viene dada por la acción de las variables físicas ya que el contenido de nutrientes del suelo no guarda en ningún caso gran relación con el crecimiento. Aunque gran número de investigadores, Ballard (1971), Adams (1945), Jackson (1974) entre otros, han encontrado estrecha relación entre el contenido de P asimilable del suelo y el crecimiento de *P. radiata* dicha relación no ha sido encontrada en este trabajo, lo que creemos sea debido a la gran disparidad

de características físicas y fisiográficas de los lugares de muestreo y la poca amplitud de los niveles de P. Esta misma disparidad apoyada por los resultados obtenidos nos inclina a aceptar la teoría de Wilde e Iyer (1964) sobre el concepto de productividad de un suelo forestal en el que influye, más que el contenido en nutrientes del suelo la capacidad de los árboles para utilizar tanto los mayores como los menores elementos nutritivos del sustrato geológico, lo que depende, tanto de la solubilidad de ellos como del grado de humedad en la zona de enraizamiento, ya que el aporte constante de agua permitiría una actividad ininterrumpida de los hongos simbióticos, organismos rizosféricos, etc. responsables en parte de la extracción y toma de nutrientes por los árboles.

VARIABLES FISICAS Y TOPOGRAFICAS; EDADES Y ALTURAS MEDIAS, E INDICE DE
SITIO A 25 AÑOS (%) (P.pinaster)

Muestra	Altit.	Prof.	Drenaj.	Défic.	Edad	Altura	I.S.
1	50	2	4	+	17	8,25	70
2	125	5	5	+	24	13,70	74
3	200	2	5	+	25	13,60	70
4	550	2	4	+	20	12,26	72
5	470	3	4	+	19	11,45	72
6	520	5	5	+	14	6,72	56
7	150	1	5	+	18	8,86	59
8	100	2	5	+	19	16,89	100
9	50	2	5	+	16	9,82	70
10	100	2	5	+	19	16,89	100
11	210	5	4	-	16	5,85	40
12	250	3	4	+	20	7,90	47
13	290	2	4	+	11	4,30	45
14	175	5	4	+	16	7,07	50
15	200	1	5	+	17	5,72	40
16	420	1	3	+	6	3,00	53
17	270	3	4	+	24	11,60	62
18	360	5	4	-	20	9,88	60
19	400	5	3	-	20	9,51	56
20	190	4	5	+	14	6,25	48
21	250	4	5	+	17	7,77	52

Tabla X

VARIABLES QUÍMICAS (P. pinaster)

Muestra	pH H ₂ O	pH ClK	Dif. pH	C%	N%	C/N	P (mm)	Mg (ppm)	K (ppm)
1	4,62	3,81	0,81	4,60	0,20	23,0	2,10	27,6	0,0
2	4,95	4,12	0,83	1,31	0,08	16,1	3,50	12,6	0,0
3	4,69	3,79	0,90	5,56	0,25	21,7	6,30	37,2	60,0
4	4,45	3,72	0,73	5,66	0,47	14,0	3,85	36,0	84,0
5	4,21	3,33	0,88	10,08	0,48	20,7	2,80	45,0	7,5
6	4,34	3,50	0,84	11,32	1,07	10,5	5,95	33,0	18,0
7	4,59	3,71	0,88	12,34	0,59	21,3	4,37	174,0	66,0
8	4,77	3,73	1,04	9,77	0,49	19,7	7,35	108,0	15,0
9	4,82	3,68	1,14	6,26	0,39	16,0	3,50	150,0	67,5
10	5,23	4,05	1,18	3,58	0,21	17,2	50,00	108,0	15,0
11	5,15	4,29	0,86	4,91	0,21	22,7	3,85	15,0	0,0
12	4,89	3,88	1,01	6,95	0,51	13,5	4,20	19,8	45,0
13	4,41	3,79	0,62	7,00	0,48	14,5	0,00	30,0	15,0
14	4,91	4,71	0,20	5,95	0,32	18,6	5,60	66,0	102,0
15	5,39	4,51	0,88	1,35	0,06	12,7	1,05	17,4	65,0
16	4,74	4,01	0,73	7,13	0,48	14,8	7,35	39,6	105,0
17	4,43	3,75	0,68	6,06	0,43	14,1	5,25	33,6	30,0
18	4,77	3,89	0,88	4,51	0,35	12,7	9,10	46,8	54,0
19	4,44	3,60	0,84	8,26	0,60	13,7	8,05	41,4	36,0
20	4,91	3,84	1,07	14,04	0,94	15,0	6,47	27,0	57,0
21	4,80	4,05	0,75	8,64	0,68	12,7	8,40	43,8	84,0

Tabla XI

VARIABLES FISICAS Y TOPOGRAFICAS; EDADES Y ALTURAS MEDIAS, E IN
DICE DE SITIO (%) (P.radiata)

Muestra	Altit.	Prof.	Drenaj.	Défic.	Edad	Altura	I.S.
1	330	2	4	+	7	3,35	35
2	490	4	3	-	19	10,87	43
3	385	3	4	±	22	20,65	73
4	350	2	5	+	22	11,72	43
5	180	2	5	+	26	13,50	44
6	100	2	5	+	14	9,96	50
7	450	4	3	-	20	16,13	61
8	50	4	3	-	17	8,40	36
9	210	4	5	±	25	11,2	30
10	250	3	4	+	11	4,50	27
11	310	2	4	+	12	4,03	22
12	420	1	3	+	11	6,79	42
13	270	3	4	+	22	13	46
14	310	4	5	±	8	6,30	55
15	190	4	5	±	12	5,90	33
16	450	4	3	-	22	17,29	61
17	420	1	3	+	13	8,85	24
18	250	3	5	±	17	7,40	33

Tabla XII

VARIABLES QUIMICAS (p. radiata)

Muestra	pH H ₂ O	pH ClK	Dif. pH	C%	N%	C/N	P (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
1	4,45	3,72	0,73	6,63	0,43	14,0	3,85	36,0	84,0
2	4,02	3,11	0,91	10,52	0,77	13,6	6,12	90,0	37,5
3	4,38	3,63	0,95	8,77	0,55	15,8	8,75	96,0	51,0
4	4,33	3,80	0,53	5,42	0,32	16,7	4,20	78,0	37,5
5	4,59	3,71	0,88	12,55	0,59	21,3	4,37	174,0	66,0
6	4,77	3,73	1,04	9,77	0,50	19,7	7,35	108,0	45,0
7	4,15	3,66	0,49	9,75	0,70	14,0	2,27	35,4	45,6
8	4,81	3,78	1,03	6,42	0,36	17,6	18,55	55,8	81,0
9	5,15	4,29	0,86	4,90	0,21	22,7	3,85	15,0	0,0
10	4,89	3,88	1,01	7,00	0,51	13,5	4,2	19,8	45,0
11	4,41	3,79	0,82	7,00	0,48	14,5	0,0	30,0	15,0
12	4,74	4,01	0,73	7,14	0,48	14,7	7,35	39,6	105,0
13	4,43	3,75	0,68	6,06	0,43	14,0	5,25	33,6	30,0
14	5,15	4,54	0,61	2,84	0,19	14,8	4,90	20,4	45,0
15	4,91	3,84	1,07	6,65	0,44	15,0	6,47	27,0	57,0
16	4,65	3,43	1,28	10,15	0,72	14,1	5,60	68,4	150,0
17	4,98	3,70	1,28	5,36	0,27	19,5	6,65	81,6	55,8
18	4,80	4,05	0,75	8,64	0,70	12,6	8,40	43,8	84,0

Tabla XIII

BIBLIOGRAFIA

- 1) Adams, J.A.; Walker, T.W. (1945).- *Nutrient relationship of radiata pine in Tasman Forest.*- New Journal of Forestry Science 5 (1), págs. 18-32.
- 2) Ballard, R. (1971).- *Interrelationship between site factors and productivity of radiata pine at Riveshead Forest, New Zeland.* Plant and Soil 35, págs. 371-380.
- 3) Boyoucos, G.T. (1961).- *Hydrometer method improved for meking particle size analysis of soils.*
- 4) Buch von, M. (1968).- *Análisis de la producción del P. radiata D. Don en algunas localidades del Norte de España y del Sur de Chile: I) Los factores climáticos y la calidad de los rodales.* I.F.I.E., comunicación n° 34. Madrid.
- 5) Carmen, W.H. (1967).- *Soil survey refinements for predicting Black Oak Site quality in Southeartern, Ohio.* Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31, págs. 805-810.
- 6) Gandullo, J., González Alonso, S., Sánchez Palomares, O. (1967).- *Ecología de los pinares españoles. IV Pinus radiata D. Don.* I.F.I.E., Madrid.
- 7) González-Bernardez, F., Monrey, M., Velasco, F. (1969). *Influence of Quercus ilex rotundifolia on the herb layer at the El Pardo forest (Madrid).* Bol. Soc. Española Hist. Nat. (Biología). 67, págs. 265-284.
- 8) Guitián Ojea, F.- *Técnicas de análisis de suelos.* C.S. I.C. Monografías de Ciencia moderna, 70. Madrid, 1964.
- 9) Hope, K.- *Manual práctico de estadística avanzada.* Ed. F. Trillas, S.A. México, 1970.

- 10) Iyer, J.G., Wilde, S.A. (1964).- *Fertility of forest soils, its concept and auality. 8th. Inter. Congress of Soil Science, Bucharest 1964.* Forest Soils 1, págs. 1003-1007.
- 11) Jackson, D.S., Gifford, H.H. (1974).- *Enviromental va riabiles influencing the increment of radiata pine, 1] Periodic volume increment.* New Zeland Journal of Forestry Science, 4, n° 1, págs. 3-26.
- 12) Nicolás, A., Gandullo, J.- *Ecología de los pinares es- pañoles. I. Pinus pinaster Ait.* I.F.I.E. Madrid, 1967.
- 13) Raupach, M. (1967).- *Soil and fertilizer requirements for forest of Pinus radiata.* Advances in Agronomy 19, págs. 307-368.
- 14) Reflexiones que se le ofrecieron al conde de San Juan, académico corresponsal, sobre los tres puntos que propone la Academia de Agricultura del Reyno de Galicia en orden al cultivo de los montes de dicho Reyno. La Coruña 1767. (Cuadernos Est. Gallegos, anejo XVII. San tiago 1970). (C. Martínez, Impresores gallegos de los Barbeito, siglos XV, XVII y XVIII).
- 15) Soil Taxonomy 1973.- *Soil survery staff.* U.S. Depart- ment of Agriculture. Soil Conservation Service. Wa- shington D.C.
- 16) Tablas de producción, cubicación y tarifas de P. radiata D. Don. en las provincias vascongadas. Dirección General de la Producción Agraria. Ministerio de Agricultura, 1976.
- 17) Tovaí, G. (1975).- *Curva calidad I de Pinus pinaster en Galicia.* Comunicación personal.

Resume:

Estúdanse as terras e os "índices de sitio" dos piñeiros da Barbanza (*Pinus pinaster* Ait., *Pinus radiata* D. Don) tirándose as relacións existentes entre os factores edáficos e o desenvolvemento forestal.

As meirandes medras para o *P. pinaster* atópanse na asociación de terras "haplumbrept entico + haplumbrept lítico", mentres que para o *P. radiata* atópanse na "haplumbrept cumílico + udifluents típicos"; os máis baixos rendimentos, para as dúas especies, atópanse na "udorthent lítico + haplumbrept lítico".

As comparacións entre os datos edafolóxicos e os índices de sitio, o mesmo que o análise factorial (P.C. A.) amosan:

- a) O desenvolvemento das especies arbóreas non dependen das variables químicas.
- b) Os mellores rendimentos danse para o *P. pinaster* nas terras lixeiras e de profundidades medias.
- c) Os *P. radiata* medran mellor nas terras fondas e sin falla da auga.
- d) Atópase, ó remate, unha meirande relación dos factores edáficos co *P. radiata* que con *P. pinaster* o que demostra unha meirande ubicuidade ambiental de esta derradeira especie.

Resumen:

Se estudian los suelos y los índices de sitio de las masas forestales (*Pinus pinaster*, Ait.; *Pinus radiata* D. Don) comprendidas en un corte transversal de la Península del Barbanza (Galicia), deduciéndose las relaciones existentes entre los factores edáficos y el crecimiento forestal.

Los máximos crecimientos para *P. pinaster* se loca-

lizan sobre la asociación de suelos "haplumbrept éntico + haplumbrept lítico", mientras que para P. radiata se encuentran sobre "haplumbrept cumílico + udifluent típico". Los rendimientos mínimos en ambas especies se localizan sobre "udorthent lítico + haplumbrept lítico".

Las comparaciones entre los datos edafológicos y el índice de sitio, así como el análisis factorial (P. C.A.) indican:

- a) Las variables químicas no muestran influencia sobre el crecimiento de las especies arbóreas.
- b) Los mejores rendimientos se dan, para P. pinaster, en suelos bien drenados y aireados y de profundidad media.
- c) Para P. radiata los crecimientos mayores se obtienen sobre suelos profundos y sin déficit de agua.
- d) Se observa, finalmente, una mayor dependencia de los factores edáficos en el P. radiata que en el P. pinaster, lo que demuestra una mayor ubicuidad ambiental de esta última especie.

Summary:

Soils and site-index of the forestal mass (Pinus pinaster Ait., Pinus radiata, D. Don) localized in a transversal cross-section through Peninsula del Barbanza (Galicia) are studied. Relationships between pedologic factors and forestal growth are determined.

Highest growth for P. pinaster and P. radiata in "entic haplumbrept" + "lithic haplumbrept", and "cumulic haplumbrept" + "tipic udifluent" asotiations-soils occur respectively, and lowest in "lithic udorthent" + "lithic haplumbrept".

Both direct comparisons between the pedologic data and site-index, and stadistic annalysis (P.C.A.) sugest:

- a) *Chemical variables show no influence on the growth of the species.*
- b) *Highest growths for P. pinaster in well drained, aerated and moderate depth soils occur.*
- c) *Highest growths for P. radiata in deep, and without moisture deficit soils are presented.*
- d) *P. radiata show more dependence of pedologic factors than P. pinaster and that proves a greatest environmental ubiquity of latter.*