970
Pay

LA INFLUENCIA DEL SUELO EN EL CRECIMIENTO DEL PINO MARITIMO (Pinus pinaster Ait.). SUELOS PREDOMINANTEMENTE ALUVIALES (Parque Suárez)

LUIS ERNESTO PEIRINI

FEBRERO DE 1974

TESIS APROBADA CON LA CALIFICACION : 12 = Ste.

14 NOV. 1974

RESUMEN

Se estudia la influencia de una serie de características edafológicas sobre el crecimiento del Pino marítimo en un total de treinta parcelas ubicadas en el Parque Suárez (Departamento de Canelones), determinándose la existencia de dos tipos de suelos diferentes: suelos formados sobre estratos de la formación geológica "Fray Bentos" y suelos aluviales.

Del conjunto de variables estudiadas , los suelos aluvales muestran mayor : profundidad de arraigamiento ; drenaje ; profundidad de la capa superior ; porcentaje de arena y contenido de fósforo, con respecto a los suelos sobre Fray Bentos, mientras que la situación es inversa en lo referente a contenido de materia orgánica, potasio y calcio.

El crecimiento, cuantificado a través del índice de sitio (altura de los tres árboles mas gruesos por parcela) fué mayor en suelos aluviales (15,8 m) en comparación con los suelos sobre Fray Bentos (11,4 m).

Se determinó , usando una computadora IBM, un modelo cudrático de regresión múltiple llegándose a la siguiente conclusión:

$$Y = 4.33\ x_3 + 0.06\ x_1 + 8.19$$

siendo: Y = altura de los árboles mas gruesos a la edad de 20 años.

x_3 = profundidad del horizonte A o de la capa I.

x_1 = intensidad del drenaje.

Los datos no son extrapolables a otros tipos de suelos , debido a la poca variabilidad de los suelos estudiados.

INTRODUCCION

La influencia de los factores edafológicos y fisiográficos sobre el crecimiento de los árboles es un hecho indiscutible. En Estados Unidos y Europa, principalmente, se han publicado bastante mas de una centena de estudios sobre el particular (de acuerdo con las recopilaciones de COILE,1952 y RALSTON,1964), todos ellos estableciendo relaciones cuantitativas entre un grupo considerable de características del suelo y el crecimiento forestal.

En Latinoamérica,existe considerable información cualitativa, pero infelizmente, los estudios cuantitativos son escasos. Probablemente, sobre el particular exista solo un trabajo de envergadura CASTAÑOS (1962), referido a Pinus patula, siendo asimismo destacable la publicación de BARRETT y GARBOSKY (1960) sobre Pinus radiata.Por otra parte,BONILLA(1964) ha efectuado una contribución al tema - aunque absolutamente preliminar - en un estudio sobre Pinus pinaster. Finalmente, LIESEGANG(1971) está realizando en Uruguay un estudio cuantitativo en Pinus taeda.

El trabajo este, presentado como Tesis, es parte de un programa general de investigaciones cuyo objetivo básico es evaluar en forma cuantitativa la influencia de diversas características del suelo en el crecimiento del Pino marítimo (Pinus pinaster Ait.) en el Uruguay, de tal manera que no solo podemos detectar cuales de dichas características limitan el crecimiento y cuales lo estimulan, sino también el grado o magnitud en que esos estímulos o limitaciones ocurren realmente, para lo cual es necesario aplicar técnicas estadísticas, basadas fundamentalmente, en el análisis de la regresión múltiple.

Este trabajo se realizó en suelos mayoritariamente aluviales del Parque Suárez, recolectándose las muestras de suelos en el mes de abril de 1970, las que fueron sometidas a análisis físicos y químicos que se detallan mas adelante. Paralelamente, se tomaron datos dasométricos para caracterizar desde el punto de vista forestal las parcelas relevadas.

Agradezco especialmente al Ing. Agr. J.A.Bonilla,ex docente del Departamento Forestal con quién inició este estudio,la colaboración

prestada; al Ing. Agr. Luis De Leon, las sugerencias y asesoramiento que me ha brindado; al Ing.Agr.J.P.Zamalvide por su asesoramiento en estadística; al Bach. J.Di Muro,los análisis de las texturas de las muestras estudiadas; al Sr. Hélido Orecchia por su colaboración en la información climatológica; a los Bachs. A.Alaggia, M. Ventre y Daniel Puig por la relización de los análisis de P,K,Ca,pH y materia orgánica,correspondientes y al Bach. La Buonora por su colaboración en el procesamiento de los datos.

REVISION BIBLIOGRAFICA

La información bibliográfica con respecto a la influencia de los factores fisiográficos y edafológicos sobre el crecimiento del pino marítimo es relativamente reducida, refiriéndose, en general, solamente a unos pocos factores. A diferencia de otras especies,no conocemos para pino marítimo ningún trabajo completo de análisis cuantitativo suelo : crecimiento ; apenas existe un trabajo preliminar y tentativo, BONILLA (1964)en el que se estudiaron nueve variables (porcentaje de arena, limo y arcilla ; porcentaje de humus; pH en agua y en Cl K ; porcentaje de arena gruesa ; porcentaje de limo+arcilla ; diferencia entre el pH en agua y en ClK); en solamente diez parcelas. La conclusión fué la siguiente : "Solo podemos afirmar con seguridad estadística que en los suelos estudiados - arenosos -no se encontró correlación entre Indice de Sitio por un lado y porcentaje de arena , pH en agua, pH en ClK, y porcentaje de limo+arcilla, siendo insuficiente la información recogida en los casos de las otras variables para poder llegar a una conclusión estadísticamente satisfactoria".

POUTSMA y SIMPFENDORFER (1962) encontraron en Port Cambell, Australia, que las condiciones de humedad del suelo influían notoriamente sobre el vigor y establecimiento de plántulas de pino marítimo, encontrando un coeficiente de correlación de 0,81 entre vigor y grado de humedad ("waterlogging").

DEMOUNEM (1965,1967), en Burdeos,Francia, determinó que débiles variaciones de condiciones de suelo, en particular, drenaje, tienen efectos considerables sobre la calidad del sitio. En efecto ,

encontró que el crecimiento en circunferencia fué bueno en sitios semihúmedos (napa a mas de 30 cm), menor en sitios pobremente drenados (napa superficial) y peor en sitios bien drenados (napa a mas de 50 cm). Además, en los sitios semihúmedos, el período de crecimiento empieza mas temprano y termina mas tarde. Con respecto a propiedades químicas del suelo, se ha visto la importancia del efecto de los carbonatos y de nutrientes. DEMOUNEM (1970) informa que el estímulo o inhibición del crecimiento cambial tiene lugar en verano en épocas diferentes, según los sitios ecológicos, en relación con la importancia del desecamiento estival, el que depende de la amplitud de las oscilaciones de la napa freática y de la humedad equivalente de los suelos.Para las Landas, esta detención sobreviene cuando la humedad total del suelo, a nivel de la rizósfera, representa alrededor del 50% de la humedad equivalente, salvo en las landas xerófilas con débil capacidad de retención y en las cuales este valor es del orden del 30 %.

AGOSTINI (1961) trabajando en Salerno,Italia, sobre suelos con sustrato calcáreo, informó que el pino marítimo tiene solo un poder limitado de adaptación a tales sustratos, variando la capacidad crítica de carbonatos con la estructura del suelo. Mientras tanto LAPRÆ (1962), menciona que cerca de Burdeos, Francia, el pino marítimo prospera en suelos con contenidos muy altos de carbonatos.

De acuerdo a una serie importante de trabajos :GUINEAUDEAU (1959,1963),BOULLARD (1960), BARA TEMES (1965),HALL (1961) en países tan diferentes como Francia (Mimizan), España (Lugo) y Australia (Victoria) encontraron que el fósforo es el nutriente que mas estimula el crecimiento, sobre todo en forma de superfosfato. De acuerdo con GUINEAUDEAU (1959) esto se cumple aún en suelos con condiciones muy diferentes, por ejemplo, uno con pH del horizonte A mayor de 5,napa a mas de 60 cm y capa de humus espesa; otro, con pH del horizonte A menor de 5, napa a menos de 60 cm y capa de humus fina.Según HALL (1961)el agregado de nitrato de amonio al P da resultados significativos.

ILLY (1964), a diferencia de los anteriores, trabajando cerca de Burdeos,Francia, encontró mayor crecimiento en altura y en largo de acícula, por medio del agregado de N. Comentando la diferencia de

resultados con respecto a Guineaudeau, dado que se trataba de la misma especie, clima y roca madre, Illy hace notar que en su caso hay solamente trazas de materia orgánica y por lo tanto ninguna reserva de N , el cual se transforma así en unfactor limitante.

En SOIL FERTILITY(1958),trabajando con plántulas en recipientes, conteniendo arena de Bharwarree,Australia, se determinó que al primer año ocurrían grandes deficiencias de N y P; al segundo N,P y S; al tercero, N,P,S y K, siendo mas sensitivas las medidas diamétricas que las altimétricas para indicar deficiencias.El uso de roca fosfatada en vez de superfosfato, puede inducir a deficiencias en azufre.

LEWIS y HARDING (1963) informan que en el sur de Australia, los sitios humedos responden a la aplicación del superfosfato, pero los sitios secos pueden o no responder.

HOPKINS (1960) comunica que el pino marítimo es la única especie que ha probado ser conveniente en los suelos infértiles,arenosos y fuertemente lavados del sur de Australia y que para su establecimiento satisfactório es generalmente necesario emplear un fertilizante fosfatado al tiempo de la plantación. Asimismo se ha constatado la necesidad de agregar N y Zn.

En base a la información bibliográfica mencionada anteriormente podemos describir las características generales del comportamiento del pino marítimo como siendo las siguientes :

a) Prefiere terrenos arenosos, profundos, sobre todo de dunas costeras, siempre que haya un contenido constante de agua en el sub suelo , pero con un buen drenaje. La textura arcillosa restringe mu mucho el desarrollo, habiéndose visto a esta especie, tolerar las inundaciones invernales.
b) No es exigente en fertilidad, prosperando muy bien en arenas pobres, aún cuando informaciones procedentes de Australia, recomiendan la fertilización con fósforo.
c) Es una especie netamente calcífuga.
d) El pH mas adecuado oscilaría entre 6 y 7.
e) Soporta cierta cantidad de sales, aunque no excesiva.

Desde el punto de vista de la influencia del clima, la información recogida indica lo siguiente :

a) En su lugar de origen, las temperaturas estivales llegan a 35º C, pudiendo soportar mínimas invernales bastante inferiores a 0ºC. En el Uruguay resiste temperaturas muy extremas, pero también se le ha visto sufrir con los grandes frios.

b) En su lugar de origen, las lluvias oscilan entre 700 y 1200 mm anuales, entendiéndose que con 800-900 mm, es suficiente para obtener un buen crecimiento.

c) Es tolerante a sequías estivales, aún cuando en el Uruguay solo hay datos de resistencia moderada.

d) Se le reconoce generalmente como bastante resistente a las heladas, aún cuando en el sur del país no parece tan clara dicha resistencia.

e) Es tolerante a los vientos marinos, vegetando perfectamente bien en las cercanías del mar, aún en primera línea.

f) Se beneficia con la humedad atmosférica.

g) Resiste el vuelco por viento, no siendo quebradizo.

h) Es muy exigente a la luz.

MATERIALES Y METODOS

El bosque en estudio está ubicado en el Parque Joaquín Suárez (Km 51 del ramal de la ruta 36 al Parador Tajes), Departamento de Canelones, siendo su edad 20 años, estando constituído por rodales casi puros (excepto dos parcelas donde hay mezcla con pino insigne), de Pino marítimo (Pinus pinaster Ait.).

El procedimiento de trabajo consistió en tomar como unidad operacinal la parcela, para la cual se determinaron los valores de las características edafológicas y dasométricas. Las pautas metodológicas generales se tomaron de BONILLA, siendo las siguientes:

Indice de sitio : Altura promedio de los tres árboles mas gruesos por parcela.

Tamaño de la parcela : Alrededor de 400 m^2.

Número de parcelas : Ante falta de información adecuada acerca de la variabilidad del bosque y teniendo en cuenta , además, las dimensiones del mismo,

adoptamos una muestra preliminar de 30 parcelas.

Muestras de suelo: Se tomó una submuestra al pie de cada árbol medido de , para cada horizonte (o capa) ; luego se mezclaron dichas submuestras, las que pasaron a constituir una muestra única por horizonte (o capa) y para cada parcela.

Variables estydiadas : Se estudiaron alrededor de 20 variables de acuerdo a la siguiente clasificación:

a)Variables de campo: Textura a mano; profundidad de horizontes; drenaje; exposición; pendiente; posición topográfica; profundidad a la napa; profundidad al horizonte de carbonatos; profundidad de arraigamiento.

b)Variables de laboratorio: Materi orgánica; pH en agua y en ClK; porcentaje de limo,arena y arcilla (en el horizonte A o capa I), contenido de P,K y Ca.

El porcentaje de arena, limo y arcilla se obtuvo aplicando el método Internacional; el pH con un potenciómetro con electrodo de vidrio; la materia orgánica se determinó aplicando el método de Walkley-Black; el P por medio de la solución Bray Nº 1, mientras que el K yel Ca se extrajeron con una solución de acetato de amonio 1N a pH 7 y la determinación fué hecha con el fotómetro de llama.

DESCRIPCION DEL SITIO

A. Suelos. Existen dos tipos de suelos bien definidos : uno, que simbolizaremos por FB, ocurre en las parcelas 1,2,3 y 4 (ver croquis), cuyo material madre está constituido por estratos de la formación Fray Bentos; se trata de planosoles (parcelas 1,2 y 3) y praderas pardas máximas (parcela 4). En los cuatro casos, los horizontes A y B están perfectamente definidos, con una profundidad que oscila entre 20 y 43 cm para el A, cuya textura es franca o francolimosa. La textura del horizonte B, en cambio, es arcillo limosa. El drenaje es imperfecto. El horizonte con abundancia de carbonatos así como la napa freática se encuentran a mas de un metro de profundidad.

El resto de parcelas, o sea 26 (desde la 5 a la 30) están ubicadas en suelos aluviales, los que indicaremos por medio del símbolo AL. Estos suelos carecen de diferenciación de horizontes, pudiendo separarse, sin embargo, en capas, de acuerdo a la coloración presentada. La capa I, mas oscura, tiene una profundidad que oscila entre 40 y 100 cm (generalmente entre 70 y 100 cm). La textura de la capa I es entre franco-arenosa y arenosa, mientras que la capa II es siempre arenosa. El drenaje es generalmente excesivo. La napa freática se encontraba a mas de un metro de profundidad, en todas las parcelas.

Los análisis de laboratorio para cada tipo de suelos, en lo referente al horizonte A (o en su caso, la capa I) arrojan los siguientes resultados, en promedio:

SUELOS	arena %	limo %	arcilla %	pH en agua	pH en ClK	materia org. %	P ppm	Ca (m eq/100 gr.suelo)
FB	38.9	40.8	20.3	4.9	4.2	3.3	2.5	5.7
AL	89.7	4.1	6.2	5.0	4.3	0.8	19.3	1.5

En los suelos FB , el índice de sitio obtenido fué de 11,4 m en promedio, mientras que los suelos aluviales, dicho promedio alcanzó el valor de 15,8 m.

B) Bosque. Salvo en las parcelas 2 y 3, se trata de rodales puros o casi puros de Pinus pinaster Ait. En las parcelas mencionadas hay una fuerte mezcla con Pinus radiata. En todos los casos , la edad de los árboles es de 20 años.

En el presente estudio, solo hemos tomado la siguiente información dasométrica:

Area basal promedio .....38.2 m^2/há

Diámetro promedio de los árboles medidos.....28.0 cm

Altura promedio de los árboles medidos.....15.2 m

El área basal fué medida con el Relascopio de Bitterlich; la altura, con un hipsómetro Blume-Leiss y el diámetro con una forcípula de madera.

De acuerdo con datos anteriores (DEPARTAMENTO FORESTAL), podemos estimar algunas otras características dasométricas del bosque :

Diámetro promedio	20 cm
Altura promedio	13.5 m
Nº de árboles por há	1200
Volumen por há	240 m^3

Incremento medio anual

volumétrico	..	12 m3/há
diamétrico	..	1.0 cm
altimétrico	..	0.7 m

C) Clima. El clima de la zona está caracterizado por los valores siguientes, de acuerdo con ORECCHIA (1970).

Temperatura media anual	16º9 C
Temperatura media del mes mas frio	10º9 C
Temperatura media del mes mas cálido	24º2 C
Temperatura máxima abspluta	42º8 C
Temperatura mínima absoluta	- 5º0 C
Temperatura media en verano	23º7 C
Nº de días libres de heladas	317 días
Precipitación media anual	1190 mm
Humedad relativa	71 %
Precipitación acumulada en verano	275 mm

El clima , de acuerdo con la clasificación de Thornwaite puede simbolizarse como B_1 B_2^1 r a':

RESULTADOS

Una vez efectuado el relevamiento dasométrico y edafológico, se procedió a determinar la variabilidad del índice de sitio a los efectos de precisar si era necesario tomar una muestra complementaria. El único antecedente que disponíamos al respecto eran datos proporcionados por LIESEGANG (1971) quién trabajando con pino taeda (en este

la variabilidad estaba aumentada por un componente especial, ya que su estudio se realizó sobre varios orígenes de dicha especie, sin discriminar), determinó un coeficiente de variación del 29.2% de manera que partiendo de un eror de muestreo fijado en 5 %, resultaba necesario tomar 35 parcelas.

En el presente trabajo, la media del índice de sitio es de 15.2 metros y la desviación típica 2.11 m, lo cual arroja un coeficiente de variación del 13.9 % y un error de muestreo de solo 2.53 %. Por lo tanto, se comprueba que la muestra tomada es ampliamente suficiente en lo que se refiere a su tamaño, en virtud de que la variabilidad registrada es realmente baja.

Del conjunto de datos obtenidos, la variable dependiente Y (índice de sitio) y las variables independientes X_i (características edafológicas), se seleccionaron las X_i que presentaban un coeficiente de correlación significativo (Tabla de Fisher) con respecto a Y. Se eliminaron todas las variables que tenían un r=no significativo, como por ejemplo, K con un r = 0.281 y pH con un r =0.229.
Las variables seleccionadas fueron:

X_1	= Drenaje	r = 0.776
X_2	= Prof. de Arraigamiento	r = 0.737
X_3	= Prof. de horizonte A o capa I	r = 0.787
X_4	=% de arena	r = 0.618
X_5	=% mat. orgánica	r = - 0.601
X_6	= Fósforo	r = 0.369
X_7	= Calcio	r = - 0.696

Los resultados obtenidos son presentados en el cuadro 1.

CUADRO Nº 1 : INDICES DE SITIO Y SU RELACION CON CARACTERISTICAS DEL SUELO

Parcela Nº	Indice de sitio Y	Drenaje X_1	Prof. arraig. X_2	Prof. hor.A X_3	% de arena X_4	% de Mat. orgánica X_5	ppm de P X_6	m.eq/100gr de suelo de Calcio X_7
3	10.3	2	0.25	0.25	40.5	3.3	3.1	6.5
4	10.3	2	0.20	0.20	50.8	3.2	1.8	4.6
2	12.0	2	0.43	0.43	30.9	2.7	2.0	5.2
15	12.7	5	1.00	0.40	93.3	0.5	5.1	5.1
1	13.0	2	0.40	0.40	33.3	4.2	3.2	6.4
11	13.2	2	1.00	0.90	91.4	0.9	26.3	1.1
23	13.8	4	1.00	0.40	78.2	1.5	3.2	3.4
24	14.0	5	1.00	1.00	94.9	0.3	16.0	0.7
27	14.2	4	1.00	0.60	92.0	0.8	5.9	1.8
28	14.8	5	1.00	0.70	91.6	0.6	8.4	1.7
20	14.8	5	1.00	0.50	91.2	0.8	17.7	1.2
5	15.0	5	1.00	0.70	88.7	0.9	6.3	1.8
7	15.0	5	1.00	0.90	94.4	0.5	41.3	0.7
14	15.0	5	1.00	0.80	92.5	0.8	9.0	1.4
6	15.3	5	1.00	0.90	95.4	0.7	5.7	1.2
16	15.5	5	1.00	0.70	86.6	0.9	2.5	1.9
12	15.8	5	1.00	1.00	83.3	1.1	7.5	2.6
25	15.8	5	1.00	1.00	93.6	0.8	59.3	0.6
29	16.0	5	1.00	0.70	89.3	0.6	24.9	0.7
9	16.0	5	1.00	0.80	93.6	0.7	11.6	2.0
17	16.7	5	1.00	0.90	91.8	0.6	64.3	1.2
30	16.7	5	1.00	0.80	91.2	0.5	10.7	1.2
26	16.8	5	1.00	1.00	91.0	0.5	30.0	1.1
18	17.2	5	1.00	0.90	89.3	2.1	10.9	2.0
10	17.3	5	1.00	1.00	92.9	0.6	29.2	1.2
13	17.3	5	1.00	0.90	76.3	1.5	3.5	3.2
8	17.5	5	1.00	0.80	90.4	1.2	65.3	1.4
21	17.5	5	1.00	0.80	90.0	0.7	18.7	1.4
22	18.2	5	1.00	0.90	81.1	0.5	10.2	1.1
19	18.3	5	1.00	1.00	88.7	0.6	7.9	1.3

ANALISIS ESTADISTICO

Las variables elegidas, la variable dependiente Y y las variables independientes X_1 , X_2 ..... X_7, fueron sometidas a un análisis de regresión múltiple.

El objetivo era ajustar una ecuación del tipo:

$$Y = a + b_1 X_1 + c_1(X_1)^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + c_7 (X7)^2$$

En la cual el crecimiento en altura del pino marítimo a la edad de 20 años que es igual a Y, podria ser determinado conociendo el valor de las variables X_i.

Como no se tenía conocimiento de si las variables independientes X_i se ajustaban a un modelo lineal o a un modelo cuadrático, se obvió este problema usando para el análisis un programa denominado "Steep way" (camino por pasos) en el cual ambas posibilidades son consideradas.

Para la realización de los cálculos tendiente a determinar los parámetros de la regresión, se utilizó una computadora IBM, sistema 360 de el Centro de Computación de la Universidad de la República.

Para el modelo cuadrático, las variables utilizadas fueron en total 15 y son las que a continuación se detallan. :

Variable	Nº	1	=	Y	Variable Nº	9	= $(X_1)^2$
		2	=	X_1		10	= $(X_2)^2$
		3	=	X_2		⋮	
		⋮				⋮	
		8	=	X_7		15	= $(X_7)^2$

Una vez entregado los datos a la computadora, ésta va seleccionando por orden de importancia a las variables y las va incluyendo una a una en el modelo. La primer variable seleccionada fue la Nº4 que corresponde a X_3 = a la profundidad del horizonte A (o capa I) y la ecuación resultante fue la siguiente:

$$Y = 6.94\ X_3 + 10.04$$

El coeficiente de correlación múltiple es = 0.787 , el cual es muy alto. Esta variable es responsable en un 62 % de Y . Los valores de F = 89.10 y T = 6.76 también fueron muy altos, lo que reafirma la alta significancia de esta variable.

La segunda variable incluida en el modelo fue la Nº 2 que corresponde a X_1 = drenaje y la ecuación determinada fue la siguiente:

$$Y = 4.33\ X_3 + 0.86\ X_1 + 8.19$$

Con esta ecuación el coe ficiente de correlación aumentó a 0.862, disminuyendo el valor de F a 39.102 y también el valor de T al estar repartido entre las dos variables.

De acuerdo con estos resultados no es necesario seguir agregando variables al modelo , debido a que el coeficiente de correlación múltiple se va incrementando muy poco en los sucesivos pasos y el eror va aumentando progresivamente.
Por estas razones preferimos quedarnos con la última ecuación presentada.

Una vez que la computadora incluyó las 15 variables en el modelo el coeficiente de correlación llegó a un valor de 0.937, lo que indica que las variables elegidas son responsables casi totalmente del valor de Y , y de que no fue dejada de evaluar ninguna característica del suelo que tuviera alguna importancia en el crecimientp del pino marítimo.

Las variables entraron en el siguiente orden según el grado de influencia en Y :

1º Prof. del horizonte A
2º Drenaje
3º (% de arena)^2
4º (Prof del horizonte A)^2
5º % de arena
6º Fósforo
7º (Mat. orgánica)^2
8º (Fósforo)^2
9º (Drenaje)^2
10º (Calcio)^2
11º Calcio
12º Mat. orgánica
13º Prof. de arraigamiento
14º (Prof. de arraig.)^2

Con todas las variables incluidas el valor de F seguía siendo significativo, F = 7.67

CONCLUSIONES

1) La altura de los árboles mas gruesos de pino marítimo posible de obtener en un determinado sitio a la edad de 20 años (Y), puede ser predecida, evaluando dos características de ese sitio (profundidad del horizonte A y el drenaje) y aplicando la siguiente ecuación :

$$Y = 4.33\ X_3 + 0.86\ X_1 + 8.19$$

donde X_3 es la profundidad del horizonte A expresada en metros y X_1 es la intensidad del drenaje cuantificado con una escala que va desde 1 = drenaje pobre a 5 = drenaje excesivo.

2) Es lógico el resultado obtenido de que la variable prof. del horizonte A es responsable del 62 % de Y, debido a que esta variable resume las influencias de casi todas las demás.

3) La afirmación anterior está demostrada en los coeficientes de correlación existente entre las variables, casi todos, altamente significativos. (Matriz completa de correlaciones:en el original)

4) Las variables elegidas fueron correctamente elegidas ya que en su conjunto expresan casi totalmente el valor del índice de sitio.

$$Y = 3.65X1 + 72.30X_2 + 21.41X_3 + 0.96X_4 + 0.12X_5 + 0.06X_6 - 0.07X_7 - 0.35X_1^2 - 66.44X_2^2 - 11.62X_3^2 - 0.006X_4^2 + 0.008X_5^2 - 0.0007X_6^2 + 0.025X_7^2$$

con un coeficiente de correlación = 0.937 y un F = 7.67

5) Estos resultados no son extrapolables a sitios con suelos muy diferentes a los estudiados debido a la poca variabilidad de las características en los suelos en la zona donde se desarrolló este trabajo.

6) La importancia asignada por otros autores a la cantidad de P y Ca en este caso, su efecto puede haber estado oculto por la relativa mucho mayor importancia de la variable prof. del hor. A.y drenaje

Para llegar a conclusiones que sean definitivas y de uso mas general, es necesario realizar nuevos trabajos sobre el tema cubriendo la mayor gama posible de suelos.

En todo caso, el presente trabajo tiene el valor de servir como antecedente de una metodología adaptada perfectamente a nuestras condiciones.-

---

BIBLIOGRAFIA

1.AGOSTINI R. 1961. Sul comportamento del pino marittimo(Pinus pinaster Sal.) introdutto in una stazione a substrato calcáreo. Ital.for.mont.16(3);89-97

2.BARA TEMES S.1961. Diagnosis de una deficiencia en Ca en una plantación en el bosque de Fraga Vella,Lugo.An.Inst.For.Inv.Exp.Madrid 33(6) : 137-76

3.BARA TEMES S/1965.El conocimiento del suelo como un preliminar necesario ára la forestación.Montes.Madrid,21:237-9

4.BARRET W/ Y GARBOSKY A.1960 Efecto del sueloman el crecimiento de Pinus radiata en el N. de la provincia de Buenos Aires. Rev.Inv.For.2(1):67-88

5.BONILLA J.A.,RAVA C.y ROLFO M/ 1964. Evaluación de la calidad de sitio del pino marítimo en la zona de Carrasco en base a caracteríeticas edafológicas.Bol.Dep.For.Montevideo,12:1-9

6.BONILLA J.A.(MX.La influencia del suelo y el clima en el crecimiento de los árboles en las regiones templadas.(mimeografiado).

7.BOULLARD M.1960.L'effet d'engrais sur micorrhyzes de pin maritime.Rev. Gen.Bot.67:47-59.

8.CASTAÑOS J.1962.Evaluación de la calidad de estación del Pinus patula en el N. de Oaxaca.Inst.Nac.Inv.For.México.Boletín técnico Nº2.

9.COILE T.S.1952.Soil and the growth of forests.Adv.in Agronomy 4:329-98.

10.DEMOUNEM R.1965.Relationships between soils, the composition of the vegetation of the heathy country of the Gironde,and the growth of Pinus pinaster.Comtes Rendues Acad,Sci.Paris 261

11.DEMOUNEM R.1967.Influence des variations du niveau de la nappe phréatique et le pluie sur les accroissements lgneux chez le Pinus pinaster dans les Landes de Gascogne.C.R.Acad.Sci.Paris.264

12.DEMOUNEM R.yDAYANI A.1970.Influence de la teneur en eau du sol sur les accroissements ligneux chez le Pinus pinaster.C.R. Acad. Sci. Paris 270, Série D,1250-53.

13. Departamento FORESTAL.(Inédito).Archivos.

14. GUINAUDEAU J. 1959.Une expérience d'emploi d'engrais dans un reboisement par semis de Pin Maritime a Mizimen (Landes). Rev. For. Franc. 11(4): 310-6.

15. GUINAUDEAU J.et al. 1963 Essai de Fertilisation minérale sur Pin Maritime à Mimizan (Landes).Ann.Ec. Nat. Eaux. For. Nancy,(20-1) : 1-71.

16 HALL M.J. 1961. The establishment of Pines on poor deep sands atLangford, Victoria.APPITA, Melbourne. 15(2): 68-76.

17 HOPKINS E.R. 1960. The Fertilizer Factor in Pinus Pinaster Ait. plantations on sandy soils of the swan coastal plain, western Australia. Bull. Dept. For. W.Aust. Nº60, 2 pag.

18 ILLY G. 1964 Premiers résultats de la fertilisation azotée en fôret de dune. Rev For. Franc. 16: 734-43.

19 LAPRAZ G. 1962 (The presence of Erica Scoparia and Pinus Pinaster in calciphilous associations of the Bromion alliance) Rev. Gen. Bot. 69:399-406 (Resumen Nº289 en Forestry AbstractsVol. 26) .

20 LEWIS N.B. y HARDING J.H. 1963. Soil factors in relation to pine growth in South Australia . Austr. For. 27(1): 27-34.

21 LIESEGANG J. 1971. Comunicación personal.

22 ORECCHIA H. 1970 . Comunicación personal.

23 PARDE J. 1961 Debdrométrie. Ecole Nat. Eaux. For. , Nancy. 350 pag.

24 POUTSMA T. y SIMPFENDORFER K.J. 1962. Soil Moisture conditions and Pine failure at Waarre near Port Campbell, Victoria. Amer. J. Bot. 49(7),426-33.

25 RALSTON Ch. W. 1964. Evaluation of forest site productivity.Int. Rev. For. Res. 1:171-201.

26SOIL FERTILITY. Glasshouse pot trials. Extr. from. Rep. For Timb Bur. Australia. 1958, 1959 (16).