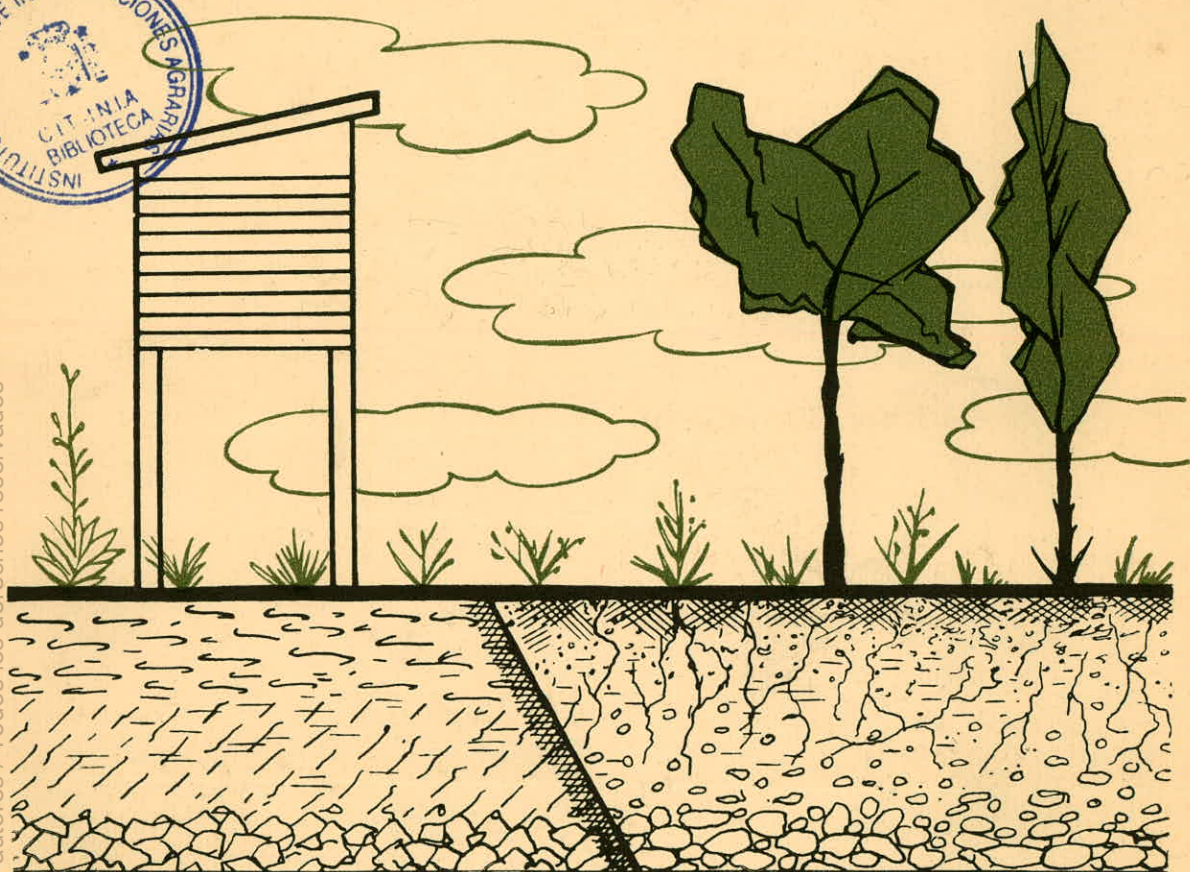


INSTITUTO FORESTAL DE INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE
LAS ESTACIONES FORESTALES



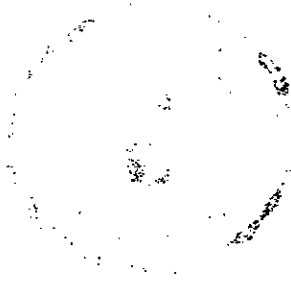
MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCION GENERAL DE MONTES, CAZA Y PESCA FLUVIAL
MADRID - 1964

XXV años de Paz

el autor o autores / Todos los derechos reservados



CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LAS
ESTACIONES FORESTALES



CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LAS ESTACIONES FORESTALES

NORMAS PARA RELACIONAR LAS CONDICIONES
CLIMATICAS Y DE SUELO CON LAS COMUNIDADES
VEGETALES

POR

ANTONIO NICOLAS
DR. INGENIERO DE MONTES

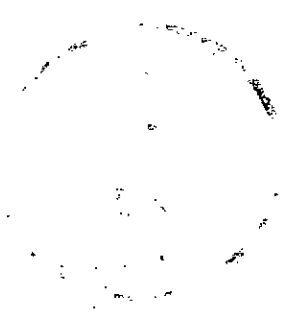
JOSE MANUEL GANDULLO
DR. INGENIERO DE MONTES



MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE MONTES, CAZA Y PESCA FLUVIAL
INSTITUTO FORESTAL DE INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS

MADRID - 1964

XXV Años de Paz



DEPÓSITO LEGAL: M. 12.125-1964

GRÁFICAS NEBRIJA, S. A.—Ibiza, 11.—Teléfono 273 56 78.—Madrid

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LAS ESTACIONES FORESTALES

*Normas para relacionar las condiciones climáticas y de suelo
con las comunidades vegetales*

I N D I C E

INTRODUCCIÓN.

1. ESTUDIO DEL PERFIL DEL SUELO Y TOMA DE MUESTRAS DEL MISMO.
 - 1.1. *Elección del lugar.*
 - 1.2. *Registro del lugar y apertura de zanja.*
 - 1.3. *Estudio del perfil.*
 - 1.4. *Toma de muestras.*
 - 1.5. *El envío de muestras de suelo al laboratorio.*
2. ANÁLISIS QUE SE HAN DE EFECTUAR EN EL LABORATORIO Y JUSTIFICACIÓN DE LOS MISMOS.
 - 2.1. *Los análisis técnicos y los análisis científicos.*
 - 2.2. *Análisis necesarios para definir los factores limitantes de los suelos forestales y justificación de los mismos.*
 - 2.2.1. *Permeabilidad y capacidad de retención de agua.*
 - 2.2.2. *Reacción del suelo.*
 - 2.2.3. *Existencia o ausencia de carbonatos cálcico y magnésico.*
 - 2.2.4. *Existencia de sales solubles.*
 - 2.3. *Normas sobre la presentación de los resultados obtenidos en los análisis.*
 - 2.4. *Otros análisis convenientes.*
3. IDEAS GENERALES SOBRE LA INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS Y CONSECUENCIAS DEDUCIBLES DEL ESTUDIO DEL PERFIL.
 - 3.1. *La permeabilidad y capacidad de retención de agua.*
 - 3.2. *La reacción del suelo.*

- 3.3. *Existencia o ausencia de carbonatos cálcico y magnésico.*
- 3.4. *Existencia de sales solubles.*
- 3.5. *Consecuencias derivadas del estudio del perfil.*
4. TOMA DE DATOS CLIMATOLÓGICOS.
 - 4.1. *Justificación de los datos climatológicos que se aconseja utilizar.*
 - 4.2. *Elección de las estaciones meteorológicas.*
 - 4.3. *Periodo que han de abarcar los datos climatológicos.*
5. LOS ÍNDICES FITOCLIMÁTICOS.
 - 5.1. *Clases de índices fitoclimáticos y elección de los mismos.*
 - 5.2. *Índice de Dantin-Revenga.*
 - 5.3. *Índices de Thornthwaite.*
 - 5.4. *Índice de Paterson.*
 - 5.5. *Los índices fitoclimáticos y los cultivos pastorales.*
6. LOS ÍNDICES CLIMÁTICOS Y LA EVOLUCIÓN DE LOS SUELOS.
 - 6.1. *Los suelos inmaturos y su evolución.*
 - 6.2. *Fórmula del drenaje calculado.*
 - 6.3. *Aplicación de los índices de Thornthwaite.*
7. LA EVOLUCIÓN DE LOS SUELOS Y LAS ASOCIACIONES INDICADORAS.

RESUMEN GENERAL.

RÉSUMÉ

SUMMARY

INTRODUCCION

Ningún vegetal puede vivir aislado, sino que necesita estar abierto al medio exterior que lo rodea para poder extraer de él la energía y las sustancias nutritivas que precisa para su existencia; es, pues, un hecho incuestionable que su vida se encuentra condicionada por una serie de propiedades del clima en que vive y por la existencia de un suelo sobre el que se asienta y de otros organismos vivos que comparten con él el medio externo.

Todos estos factores constituyen el ambiente propio de la planta, y su influencia sobre la misma es tan manifiesta que cualquier estudio que se pretenda realizar sobre la evolución de una comunidad vegetal o sobre la posible creación de ella ha de basarse en un análisis previo y detallado de las propiedades y características del ambiente que exista en la zona donde se encuentre dicha comunidad o se procure su formación.

Este estudio de las condiciones ambientales nos permitirá definir la estación del lugar y, como consecuencia de ello y del conocimiento de las estaciones idóneas para las diversas comunidades, podremos deducir el tipo de masa que conviene crear o, si existe, prever su evolución y, por lo tanto, adoptar la utilización más conveniente de la misma.

El objeto de este trabajo no es otro que recordar cuáles son las principales propiedades ambientales que hay que tener en cuenta, forma de determinarlas y consecuencias generales que se pueden deducir de dicha determinación. Obra dirigida a técnicos forestales, nos obliga a ceñirnos al estudio de las comunidades silvopastorales, enfocando el problema desde un punto de vista eminentemente práctico y con el fin esencial de unificar criterios y actuaciones, dando unas normas orientadoras que puedan ser de utilidad en el problema que nos ocupa.

Sin embargo, antes de abordarlo de forma directa creemos conveniente fijar unas cuantas ideas. Hemos hecho referencia a que la existencia de una comunidad vegetal viene condicionada por la presencia de una serie de factores climáticos, edafológicos y bióticos (incluyendo entre estos últimos la actuación del hombre). Estos factores no son independientes entre sí, pues se

observan correlaciones entre unos y otros, y como además la propia comunidad vegetal influye sobre los mismos, algunos de estos factores sufren modificaciones y evolucionan en el futuro. Este es el caso del suelo, cuya formación y evolución está regida, de manera esencial, por el clima y por la vegetación asentada sobre él. Ahora bien: la índole de los cultivos silvo-pastorales impone, normalmente, la condición de persistencia y estabilidad de la masa creada o existente; es, pues, fundamental deducir no sólo las características y propiedades actuales de la estación, sino también las variaciones que ocurrirán en el futuro de la misma; es decir, prever la evolución del suelo como consecuencia de la influencia que sobre él ejercen el clima y la vegetación.

Este es el motivo por el que dedicaremos un apartado especial al estudio y al modo de obtención de ciertos índices climáticos, que nos puedan servir de ayuda en la resolución de las cuestiones planteadas líneas atrás.

* * *

Finalizadas estas consideraciones generales, pasemos a ocuparnos de la actuación ante el problema de definir la estación y condiciones ambientales de un lugar. Las operaciones que hay que realizar serán las siguientes:

- 1.^a Estudio del perfil del suelo y toma de muestras del mismo.
- 2.^a Realización de análisis.
- 3.^a Deducción de las consecuencias oportunas sobre las actuales propiedades del suelo.
- 4.^a Toma de datos climatológicos.
- 5.^a Cálculo de índices fitoclimáticos y deducción de las consecuencias que se pueden obtener de ellos.
- 6.^a Cálculo de índices climáticos que permitan vislumbrar la evolución del suelo y, por ello, la variación de la estación.
- 7.^a Deducción, a partir de la vegetación existente, de posibles consecuencias referentes a las actuales propiedades del suelo y su posterior evolución.

1. ESTUDIO DEL PERFIL DEL SUELO Y TOMA DE MUESTRAS DEL MISMO

1.1. Elección del lugar.

Los trabajos forestales suelen actuar sobre superficies de gran extensión. Es preciso, pues, comenzar por dividir éstas en zonas o grandes parcelas que tengan características lo más homogéneas posibles. Para efectuar esta operación bastará, normalmente, un somero recorrido por la zona objeto de estudio y atender a diferencias deducidas por simple observación.

Estas diferencias o factores determinantes serán los siguientes:

a) Vegetación (tanto en especies como en calidad y frecuencia de las mismas).

b) Tipo de roca que aflore a la superficie.

c) Pendiente (nula, suave o fuerte).

d) Humedad (zonas encharcadas, sitios marcadamente xerófilos, etc.).

Se prescindirá de las pequeñas superficies aunque éstas parezcan tener características propias y diferentes, pues serán despreciables en un estudio de conjunto, y las consecuencias que se pudieran obtener, inaplicables en buena economía.

Efectuada esta división en grandes parcelas, es preciso escoger, dentro de cada una, el lugar donde se va a hacer el estudio del perfil del suelo y toma de muestras del mismo.

La elección de dicho lugar ha de resolverse de forma que el punto elegido no presente ningún carácter accidental. Es preciso que se trate de un sitio de características medias entre las que definen la parcela, tanto en vegetación como en pendiente, orientación y pedregosidad. Insistiendo sobre lo anterior, no interesarán los lugares de suelo anormalmente profundo y de fácil excavación ni, por el contrario, aquellos otros en que se prevé que la aparición de la roca subyacente tendrá lugar a una profundidad anormalmente escasa.

Creemos que un cuidadoso criterio selectivo podrá llegar a esta elección con más probabilidades de idoneidad incluso que mediante la aplicación de procedimientos de estadística matemática.

1.2. Registro del lugar y apertura de zanja.

Se comenzará por anotar paraje, altitud, pendiente y orientación del sitio elegido para el muestreo, describiendo, asimismo, la composición botánica y pedregosidad del mismo, ambas con índice aproximado de frecuencia, y se reseñará el estado del tiempo actual, el de los días anteriores y, en fin, todos los datos que se juzguen necesarios para la identificación del lugar y de las características ambientales que puedan deducirse por esta simple observación.

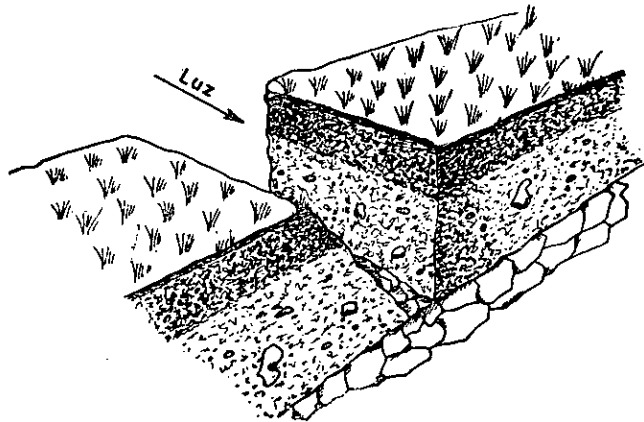
Todos estos datos servirán de ayuda imprescindible para la interpretación de los resultados del análisis de tierra, y por ello, si esta interpretación va a correr a cargo del Ingeniero analizador, deberán ser remitidos junto con la muestra de suelo.

Una vez efectuado esto, será preciso quitar de la superficie del suelo en que se va a tomar la muestra las hierbas, matas y restos orgánicos, tales como hojas secas, fragmentos de corteza, ramillos caídos, etc.

Después se procederá a la apertura de una zanja de unos dos metros de longitud y cuya forma sea, aproximadamente, un prisma triangular, con el fin de que una de sus caras quede vertical y bien iluminada y poder realizar en ella el estudio del perfil del suelo. La profundidad de la zanja será tal que se llegue a encontrar la roca subyacente (coherente o incoherente) casi inalterada. En el caso de que ésta se encuentre a gran profundidad, bastará alcanzar los 125 cm. en vertical.

Si el sitio escogido es de pendiente bastante considerable, convendrá

Fig. 1



que la zanja vaya orientada en la dirección de una curva de nivel. Operando de esta manera y colocando la tierra extraída en la parte más baja, se evitará que ésta vuelva a caer a la zanja.

1.3. Estudio del perfil.

De tanta importancia como las consecuencias que se puedan obtener de los análisis de laboratorio son las deducidas de un estudio detallado del perfil del suelo que haya quedado a nuestra vista. Dicho estudio abarcará los siguientes puntos:

- 1.º Identificación de los distintos horizontes o capas que forman el perfil.
- 2.º Características de cada uno de ellos.
- 3.º Comportamiento de las partes subterráneas de la vegetación (raíces) en los diversos horizontes.

En líneas generales, el perfil que encontremos podrá pertenecer a dos tipos diferentes:

En el caso de suelos poco evolucionados, habrá una capa superior, delgada o imperceptible, formada por residuos vegetales incompletamente transformados en donde aún puede apreciarse la estructura organizada del cuerpo primitivo. Debajo de ésta, un horizonte de color oscuro, más o menos negruzco y donde se localizan la mayor parte de las raíces de las plantas herbáceas, y, por último, antes de llegar a la roca subyacente, una capa de color francamente más claro que la anterior. Estas tres capas se denominarán con las letras A_0 , A_1 y A_2 , respectivamente.

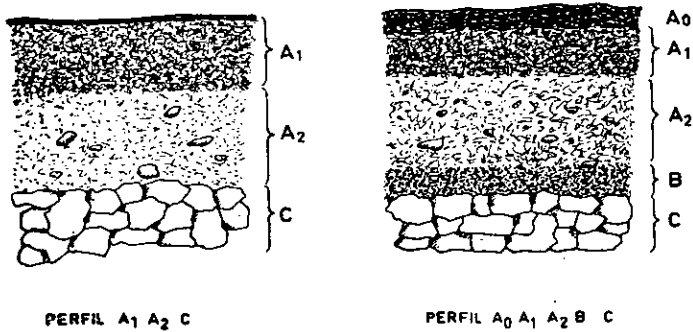
Pero puede ocurrir, en suelos muy evolucionados, que la capa A_0 tenga grosor apreciable y que por debajo del horizonte A_2 nos encontremos, antes de la roca, con una nueva capa de color más vivo e intenso que esta última. Este horizonte se designará con la letra B; en el caso de que existan dos capas por debajo de la A_2 , una de color negruzco y otra de tonalidades ocre brillantes, se denominará horizonte B_1 a la primera y horizonte B_2 a la segunda.

Identificados los diferentes horizontes, se definirá el perfil del suelo con enumeración consecutiva de todos ellos, y así se podrá hablar de perfiles A_1 , A_2 , C; A_0 , A_1 , A_2 , B, C, etc. (la letra C indica la roca madre).

Existen otros tipos de suelos (suelos de coraza, etc), pero con localización muy restringida, que justifica que prescindamos de ellos.

Dentro de cada perfil será preciso anotar la profundidad de todos los horizontes, así como el color que presentan en el momento de haber

Fig. 2 y 3



abierto la zanja. La descripción del perfil se completará con una breve alusión al comportamiento de las raíces a lo largo del mismo, diciendo, por ejemplo: ausencia total de raíces en el horizonte B, escasez de raíces secundarias en el horizonte A₂, ramificación extendida y casi horizontal de las raíces en el horizonte A₁, etc. Asimismo se indicará el tipo de roca subyacente y su grado de coherencia, agrietamiento, etc.

Todos estos datos proporcionarán consecuencias de valor incalculable para la definición del comportamiento del suelo y de su evolución en el futuro, y, por lo tanto, deberán ser puestos a disposición de la persona que haya de interpretar los resultados de los análisis del suelo, así como constatar en el trabajo que se realice con el fin de completar los estadios precisos para venir en conocimiento de la estación y deducir la actuación técnica consecuencia de los mismos.

En apartado posterior, al dar unas normas generales sobre la interpretación de los datos edafológicos obtenidos, volveremos a insistir sobre estas mismas cuestiones.

1.4. Toma de muestras.

Es preciso efectuar una toma de muestras por cada una de las capas u horizontes que hayan sido identificados en el perfil, pudiendo prescindir de muestrear el horizonte A₀ si su espesor es prácticamente despreciable (menos de 5 cm.).

En cada uno de los horizontes, y utilizando una azadilla o un escabillo, se tomarán porciones de tierra a lo largo de toda la longitud de la zanja y a diferentes alturas o niveles, cogiendo el material de la misma pared

del perfil y no dejando que caiga en el fondo de la zanja para después extraerlo de allí. Todas estas porciones se irán colocando en un hule extendido hasta juntar una cantidad del orden de los 8 ó 9 Kg., mezclando bien y desmenuzando un poco los terrones grandes hasta formar un montón lo más homogéneo posible. Dividido éste en cuatro porciones iguales, se tomará una de ellas, que serán 2 ó 2,5 Kg., y ésta se enviará al laboratorio.

Insistimos en que nunca se mezclarán, al tomar las muestras, un horizonte con otro. Los resultados que puedan obtenerse de una muestra mixta podrán llevarnos a consecuencias totalmente falsas e inducirnos a actuaciones deplorables.

Una advertencia final: En la muestra enviada al laboratorio deben entrar los elementos minerales de gran tamaño (gravillas y gravas) en la proporción natural en que se encuentren en el terreno, con el fin de poder apreciar el porcentaje de los mismos y que los análisis que se efectúen puedan dar los resultados en tanto por ciento de la muestra natural, esto es, referida al volumen del suelo que está a disposición del vegetal. En el caso de que la proporción de guijarros y piedras sea muy grande, se enviarán dos muestras de cada uno de los horizontes: una, en la que aquéllos aparezcan en su porcentaje normal, y otra, compuesta exclusivamente de los elementos finos que integraban las otras 3/4 partes sobrantes del cuarteo de la muestra.

1.5. El envío de muestras de suelo al laboratorio.

El envase que se utilice para dicho envío nunca será de papel o cartón, pues siempre las tierras estarán algo húmedas, y la bolsa mojada podría incorporar a la muestra porciones de materia orgánica; tampoco es aconsejable el empleo de bolsas de plástico, pues, al no permitir la evaporación del agua, activan el desarrollo y crecimiento de muchos microorganismos que también modificarían la primitiva cantidad de materia orgánica humificada presente en la muestra. Prescribimos, pues, la utilización de sacos de lona o de tejido muy tupido, no deshilachados y que, desde luego, lleven una etiqueta indicadora o, mejor aún, un número bordado.

Los sacos llenos deberán enviarse al laboratorio con la máxima rapidez para evitar la formación de mohos. En el caso de que esto no pueda efectuarse, convendrá conservarlos en lugar seco y ventilado, pero nunca proceder a abrirlos, y aún menos a extraer de ellos la muestra de tierra.

2. ANALISIS QUE SE HAN DE EFECTUAR EN EL LABORATORIO Y JUSTIFICACION DE LOS MISMOS

2.1. Los análisis técnicos y los análisis científicos.

Un investigador que pretenda conocer en toda su amplitud el complejo dinámico de un suelo determinado ha de realizar un análisis del mismo, científico y exhaustivo, determinando todas sus características para conocimiento del conjunto de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Sin embargo, considerando el problema desde un punto de vista exclusivamente práctico, el análisis científico deja paso, en la mayoría de los casos, a un análisis técnico que limita al anterior según la utilización que ha de tener el suelo, considerado éste como asiento de una determinada vegetación.

Este es el motivo por que los análisis de suelos para fines agrícolas difieren, en gran parte, de los realizados sobre suelos destinados al cultivo silvopastoral.

En el primer caso, la índole de las explotaciones agrarias, sus procesos económicos a corto plazo y la localización geográfica de las mismas, permiten al técnico una actuación directa y continua sobre el suelo, haciendo evolucionar sus características por medio de labores, riegos, enmiendas y abonados. Por el contrario, en los suelos forestales, razones económicas inexcusables imposibilitan dicha acción directa: el técnico se encuentra casi siempre en una posición pasiva y ha de contentarse con conocer aquellas propiedades del suelo que puedan actuar como factores limitantes de las diversas especies. Este conocimiento le permitirá definir unos intervalos o márgenes de elección que serán completados con el estudio de las condiciones climatológicas de la estación.

Hemos hablado de factores limitantes. La siguiente pregunta surge de manera inmediata: ¿En realidad todos los factores del suelo pueden llegar a ser, en alguna ocasión, limitantes para alguna especie vegetal? La respuesta es, sin duda, afirmativa; pero la experiencia nos enseña que, prácticamente, los factores limitantes en los suelos forestales se reducen a

cinco: profundidad, permeabilidad y capacidad de retención de agua, reacción del suelo, existencia o ausencia de carbonato cálcico y magnésico y existencia de cantidad apreciable de sales solubles.

El primero de ellos podemos estimarlo al efectuar el estudio del perfil. Los análisis que habrá que realizar en el laboratorio serán los encargados de definir las propiedades y características del suelo en relación con los otros cuatro.

2.2. Análisis necesarios para definir los factores limitantes de los suelos forestales y justificación de los mismos.

2.2.1. Permeabilidad y capacidad de retención de agua.

Las raíces de todos los vegetales precisan para vivir agua y aire. Necesitan la primera para elaborar sus jugos celulares, realizar el proceso de absorción de sustancias nutritivas y compensar las pérdidas por transpiración; precisan el segundo para poder efectuar el mecanismo de la respiración. Tanto el agua como el aire ocupan los poros del suelo, esto es, los espacios vacíos que dejan entre sí las partículas sólidas; pero esta distribución es selectiva, pues mientras el aire ocupa los poros de mayores dimensiones, el agua queda relegada a aquellos otros, más pequeños, en los que las fuerzas de capilaridad compensen la acción de la gravedad que tiende al drenaje de los mismos; también queda normalmente algo de agua tapizando las paredes de los grandes poros y en sus ángulos y aristas.

La respiración de las raíces y las necesidades de agua de la planta se hallarán cubiertas si existen, por una parte, poros de gran tamaño llenos de aire y, por otra, el número suficiente de microporos ocupados por el agua, con tal que éstos no tengan unas dimensiones tan pequeñas que las fuerzas de capilaridad que retienen el líquido sean superiores a las que pueda realizar la raíz de la planta en sus procesos de absorción.

Vemos, pues, que del tamaño y distribución de los poros dependen, tanto la permeabilidad como la capacidad de retención de agua del suelo. Como la forma y las dimensiones de los mismos son consecuencia de las partículas sólidas que forman el suelo, es preciso efectuar en el laboratorio un análisis de la composición granulométrica del mismo, y éste será un aspecto insoslayable que habrá que tener en cuenta para poder deducir las consecuencias que se pretenden en la definición de la estación de un lugar.

Por otra parte, la cantidad y forma de la materia orgánica humificada

existente en el suelo modifica las consecuencias que pudieran deducirse examinando tan sólo la composición granulométrica, pues aquélla, con sus propiedades coloidales hidrófilas y su capacidad de modificar la estructura del terreno con la creación de grumos, juega un papel de gran importancia en el problema que nos ocupa. Así, pues, el análisis de la composición granulométrica habrá que completarlo con un estudio sobre la cantidad de materia orgánica presente y de ambos se podrán deducir las consecuencias precisas en orden a permeabilidad y capacidad de retención de agua en el suelo.

2.2.2. *Reacción del suelo.*

Se ha discutido mucho si la reacción del suelo influía sobre el vegetal de manera directa o, exclusivamente, a través de otros factores del mismo. Hoy parece adoptarse una postura ecléctica que admite influencias directas e indirectas, incluyendo entre las primeras una relación entre la concentración de iones de hidrógeno del suelo y la actividad metabólica de ciertas enzimas y entre las segundas, efectos innegables sobre la vida de los microorganismos humificantes, formación de micorrizas, asimilabilidad de nutrientes y creación de sustancias tóxicas asimilables. Sin entrar en discusión sobre la posibilidad de esa acción directa a que antes hicimos referencia, las influencias indirectas no pueden ser negadas por nadie y, en su conjunto, traen como consecuencia que todas las especies vegetales precisen para su vida en el suelo valores de pH comprendidos en un determinado intervalo.

Es, pues, necesario efectuar los análisis convenientes para llegar al conocimiento de la reacción del suelo, es decir, del pH de la solución del mismo.

2.2.3. *Existencia o ausencia de carbonatos cálcico y magnésico.*

Todos los vegetales tienen necesidad de calcio para subsistir, y en todos los suelos existe Ca en mayor o menor proporción. El calcio de los suelos proviene, fundamentalmente, de dos orígenes distintos: por una parte, del CO_3Ca existente en calizas y dolomías; por otra, de los feldespatos o feldespatoides que, en redes más o menos complejas de silicatos contienen este catión.

Hemos dicho que todos los vegetales necesitan calcio. Sin embargo, estas necesidades son de grado muy variable según las diversas especies. Algunas de ellas, no sólo requieren una pequeña cantidad de él, sino que

no toleran su abundancia. Otras, una vez satisfechas sus pequeñas necesidades, son indiferentes en cuanto a la mayor o menor abundancia del mismo. Unas terceras, en fin, necesitan gran cantidad de calcio para poder desarrollarse bien.

El calcio existente en los silicatos complejos y puesto a disposición de la planta por alteración progresiva de los mismos, cubre las necesidades de las denominadas plantas calcífugas, pero no basta, en modo alguno, para satisfacer el mínimo exigido por las especies calcícolas. Estas requerirán la presencia de CO_3Ca en mayor o menor proporción e, inversamente, las primeras no podrán tolerar dicha existencia, pudiendo, en fin, las plantas indiferentes progresar tanto exista el carbonato cálcico o se carezca de él.

Vemos, pues, la necesidad de efectuar una evaluación del CO_3Ca existente en el suelo con el fin de deducir la posibilidad o imposibilidad de vida de una determinada especie. Este análisis vendrá completado con la determinación de las existencias de carbonato magnésico, pues este último metal, antagonista del calcio, parece frenar o modificar las consecuencias derivadas de su presencia.

2.2.4. *Existencia de sales solubles.*

La transferencia de agua desde la solución del suelo a la raíz de la planta no es, exclusivamente, un fenómeno de ósmosis, pues sólo tiene efecto cuando las raíces se encuentran aireadas y pueden respirar, lo que supone que la planta gasta energía bien en efectuar dicha transferencia, bien en asegurar la semipermeabilidad de las paredes celulares de las raíces.

Pero es innegable que el descenso de energía libre del agua en el suelo está ocasionado, tanto por la tensión capilar como por la presión osmótica de la solución del suelo y que la fuerza de succión de la planta depende de la concentración de su jugo celular: esto es, también de la presión osmótica que es capaz de ejercer contra el agua pura.

Normalmente, la solución del suelo es extremadamente diluída y su presión osmótica apenas alcanza el valor de una atmósfera aun en los momentos de máxima sequía. La mayor parte de los cultivos, con presión osmótica en sus jugos del orden de las 15 ó 20 atmósferas, tienen fuerza de succión capaz de sobrepasar la suma del valor anterior y de la tensión capilar del agua en los poros, y la absorción se realiza sin dificultad mientras esta última no alcance valores muy elevados.

Pero si el suelo tiene gran cantidad de sales solubles, su presión osmótica aumentará de forma apreciable y entonces la fuerza de succión

capaz de ser ejercida por los cultivos normales no podrá sobrepasar la fuerza de retención del agua por parte del suelo, aun cuando no sean grandes los valores de la tensión capilar del agua de los poros; la absorción no podrá realizarse con normalidad e, incluso, podrá morir la planta por desecación.

En suelos de estas características, será preciso acudir a especies que tengan una gran presión osmótica en sus jugos. Estas plantas que, decimos, toleran la salinidad en mayor o menor grado, pueden llegar a sobrepasar las 100 atmósferas como valor de la presión osmótica de su jugo celular; su fuerza de succión será muy grande y, desde luego, superará abiertamente la fuerza de retención que opone el suelo, pudiendo absorber agua con gran rapidez, sobre todo inmediatamente después de las lluvias.

Así, pues, un análisis que nos proporcione los datos precisos sobre la concentración de sales solubles nos permitirá, bien una libertad completa de actuación, bien la necesidad de acudir a especies halófitas entre las que se encuentran algunos álamos y, en estadios posteriores, los tarajes y la casi totalidad de las plantas de la familia de las salsoláceas.

2.3. Normas sobre la presentación de los resultados obtenidos en los análisis.

Recordemos que los análisis que juzgamos necesarios son: composición granulométrica, cantidad de materia orgánica, pH, cantidad de CO_3Ca , cantidad de CO_3Mg y cantidad de sales solubles.

La composición granulométrica se referirá a las partículas de diámetro menor de 2 mm. y expresará los porcentajes (en tanto por ciento de tierra seca en estufa) de arena, limo y arcilla existentes, entendiéndose por arena las partículas de diámetro comprendido entre 2.000 y 50 micras, por limo, aquéllas cuyas dimensiones oscilen entre 50 y 2 micras, y llamando arcillas a las de diámetro aparente inferior a esta última cifra. Naturalmente, la suma de los porcentajes correspondientes a estos tres lotes será el 100 %.

La cantidad de materia orgánica se expresará en tanto por ciento de la tierra menor de 2 mm., seca en estufa.

El pH de un suelo será determinado con una suspensión de tierra menor de 2 mm., en agua destilada, en la proporción de 1 : 2,5.

Resultaría más adaptado a la realidad el hacer las determinaciones en una pasta obtenida humedeciendo la tierra, en lugar de analizar la suspensión de proporciones 1 : 2,5 que acabamos de indicar.

Existen hoy electrodos de vidrio resistente que permiten hacer deter-

minaciones de pH en sólidos blandos (quesos, etc.). Es de esperar que, en un futuro próximo, se generalice su uso.

En cuanto a la cantidad de carbonatos cálcico y magnésico, se expresará en tanto por ciento de la tierra menor de 2 mm., seca en estufa y, por otra parte, se hallará también su proporción en las arenas. La razón de esta doble determinación se basa en que lo verdaderamente interesante es determinar la existencia de calcio y magnesio químicamente activos y éstos son la caliza y dolomía que se hallen finamente divididos dentro de las fracciones limosa y arcillosa; pero como la técnica no ha conseguido eliminar o superar la totalidad de dificultades para efectuar dicha determinación, se estima preferible efectuar los análisis anteriormente indicados y deducir, por comparación, el orden de magnitud de la cantidad existente de elemento activo.

La cantidad de sales solubles será, asimismo, objeto de doble análisis, expresando, por una parte, la concentración total de sales neutras (cloruros y sulfatos) y, por otra, el porcentaje de sales solubles hidrolizables (carbonato sódico). El motivo de esta separación está fundado en que la acción de las segundas, aparte de las consideraciones expuestas con anterioridad sobre el problema de la ósmosis, influye también sobre la permeabilidad del suelo, por destrucción o dispersión de los grumos y, además, sobre la reacción del mismo.

2.4. Otros análisis convenientes.

Los análisis citados en el apartado anterior son los fundamentales para la determinación de las actuales propiedades del suelo, y deben ser completados por otros datos que les permitan prever su evolución. Ya se dijo, con anterioridad, que el estudio del perfil era elemento fundamental en dicha previsión; sin embargo, con el fin de disponer de mayor número de elementos de juicio, se solicitará:

1.º Análisis mineralógico de gravas y gravillas (partículas mayores de 2 mm.), pues estos minerales serán los que, en el futuro y tras su disgregación física y alteración química, provean de sustancias nutritivas a los vegetales. Bastará una descripción somera de dichos elementos gruesos para poder deducir consecuencias de interés.

2.º pH del suelo en una suspensión de CIK normal, con objeto de saber el valor de la llamada acidez de cambio y deducir ideas claras sobre la posibilidad de adsorción de cationes metálicos por parte de las micelas coloidales.

3.º Porcentaje de los elementos gruesos, con el fin de poder evaluar la pedregosidad del terreno (recuérdese que estos elementos gruesos son inertes químicamente e inactivos físicamente y representan una porción “muerta” del volumen del suelo puesto a disposición de las raíces de la planta). Estos porcentajes se darán expresando en tanto por ciento las partículas mayores de 6 mm., las comprendidas entre 2 y 6 y las menores de 2 mm. o tierra fina.

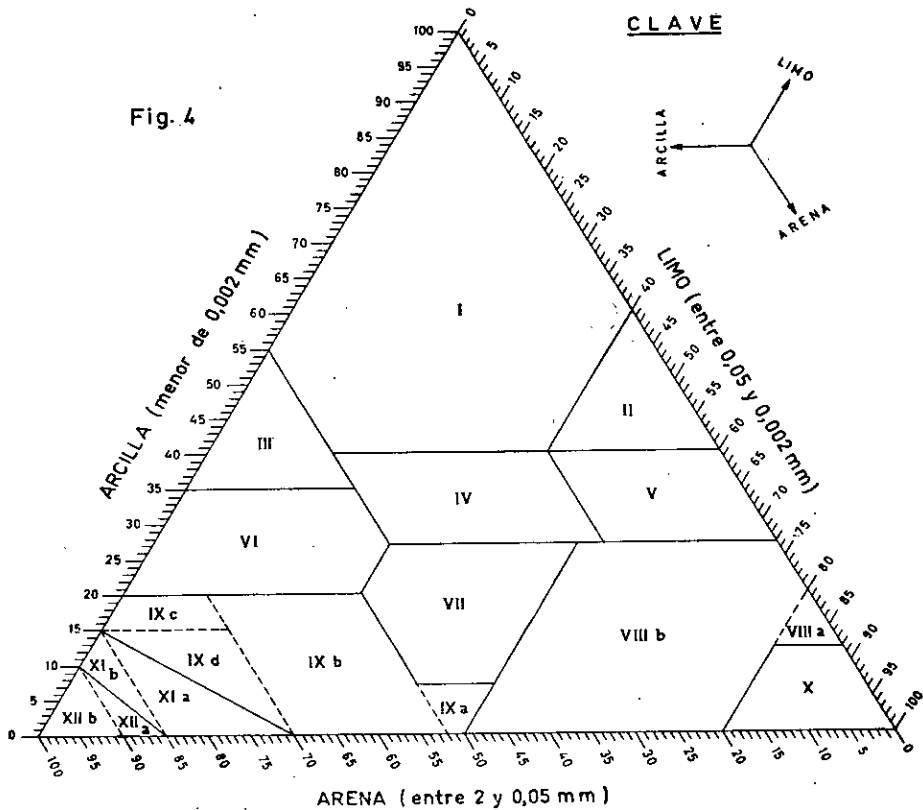
Todos estos análisis, así como los citados en anteriores apartados, se harán por separado en cada una de las muestras tomadas en los diversos horizontes. Si se tomó muestra del horizonte A₀, sólo se exigirá en éste un análisis de pH.

3. IDEAS GENERALES SOBRE LA INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE SUELOS Y CONSECUENCIAS DEDUCIBLES DEL ESTUDIO DEL PERFIL

3.1. La permeabilidad y capacidad de retención de agua.

Con los porcentajes obtenidos de arena, limo y arcilla, se procederá a efectuar una clasificación textural del suelo de acuerdo con el siguiente cuadro o, lo que es lo mismo, según el gráfico en coordenadas trilineales oblicuas que se adjunta.

CLASIFICACION GRANULOMETRICA DE TIERRAS SEGUN EL BUREAU OF SOILS U.S.
DEPARTMENT OF AGRICULTURE.



CLASIFICACION GRANULOMETRICA DE TIERRAS EMPLEADA EN EL BUREAU OF SOILS U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE Y CORRESPONDENCIA CON LA CLASIFICACION ADOPTADA POR EL INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZACION DE ESPAÑA

| Arena % | Limo % | Arcilla % | Designación americana | Designación española | Numeración del I. N. C. de España |
|---------|--------|-----------|-----------------------|--|-----------------------------------|
| 0-45 | 0-40 | 40-100 | Clay | Tierra muy arcillosa | I |
| 0-20 | 40-60 | 40-60 | Silty clay | Tierra limoso-arcillosa | II |
| 45-65 | 0-20 | 35-55 | Sandy clay | Tierra arenoso-arcillosa | III |
| 20-45 | 15-53 | 27-40 | Clay loam | Tierra franca algo arcillosa | IV |
| 0-20 | 40-73 | 27-40 | Silty clay loam | Tierra franca bastante limoso-arcillosa. | V |
| 45-80 | 0-28 | 20-35 | Sandy clay loam | Tierra franca algo arenoso-arcillosa | VI |
| 23-52 | 28-50 | 7-27 | Loam | Tierra franca | VII |
| 0-8 | 80-88 | 12-20 | Silt loam | Tierra franca bastante limosa | VIII ^a |
| 0-50 | 50-80 | 0-27 | Silt loam | Tierra franca bastante limosa | VIII ^b |
| 43-52 | 41-50 | 0-7 | Sandy loam | Tierra franca bastante arenosa | IX ^a |
| 52-70 | 10-48 | 0-20 | Sandy loam | Tierra franca bastante arenosa | IX ^b |
| 70-85 | 0-15 | 15-20 | Sandy loam | Tierra franca bastante arenosa | IX ^c |
| 70-85 | 0-30 | 0-15 | Sandy loam | Tierra franca bastante arenosa | IX ^d |
| 0-20 | 80-100 | 0-12 | Silt | Tierra muy limosa | X |
| 70-85 | 0-30 | 0-15 | Loamy sand | Tierra arenosa | XI ^a |
| 85-90 | 0-15 | 0-15 | Loamy sand | Tierra arenosa | XI ^b |
| 85-90 | 0-15 | 0-10 | Sand | Tierra muy arenosa | XII ^a |
| 90-100 | 0-10 | 0-10 | Sand | Tierra muy arenosa | XII ^b |

**CLAVE NUMERICA PARA LOS PUNTOS DUDOSOS ENTRE LAS
REGIONES IX_d Y XI_a**

| <i>Arcilla</i> | REGION IX _d | REGION XI _a |
|----------------|------------------------|------------------------|
| | <i>Arena</i> | <i>Arena</i> |
| 1,0 | Menor que 71,0 | Mayor que 71,0 |
| 2,0 | " " 72,0 | " " 72,0 |
| 3,0 | " " 73,0 | " " 73,0 |
| 4,0 | " " 74,0 | " " 74,0 |
| 5,0 | " " 75,0 | " " 75,0 |
| 6,0 | " " 76,0 | " " 76,0 |
| 7,0 | " " 77,0 | " " 77,0 |
| 8,0 | " " 78,0 | " " 78,0 |
| 9,0 | " " 79,0 | " " 79,0 |
| 10,0 | " " 80,0 | " " 80,0 |
| 11,0 | " " 81,0 | " " 81,0 |
| 12,0 | " " 82,0 | " " 82,0 |
| 13,0 | " " 83,0 | " " 83,0 |
| 14,0 | " " 84,0 | " " 84,0 |
| 15,0 | " " 85,0 | " " 85,0 |

**CLAVE NUMERICA PARA LOS PUNTOS DUDOSOS ENTRE LAS
REGIONES XII_a Y XI_b**

| <i>Arena</i> | REGION XII _a | REGION XI _b |
|--------------|-------------------------|------------------------|
| | <i>Arcilla</i> | <i>Arcilla</i> |
| 85,1 | Menor que 0,2 | Mayor que 0,2 |
| 85,2 | " " 0,4 | " " 0,4 |
| 85,3 | " " 0,6 | " " 0,6 |
| 85,4 | " " 0,8 | " " 0,8 |
| 85,5 | " " 1,0 | " " 1,0 |
| 85,6 | " " 1,2 | " " 1,2 |
| 85,7 | " " 1,4 | " " 1,4 |
| 85,8 | " " 1,6 | " " 1,6 |
| 85,9 | " " 1,8 | " " 1,8 |
| 86,0 | " " 2,0 | " " 2,0 |
| 86,1 | " " 2,2 | " " 2,2 |
| 86,2 | " " 2,4 | " " 2,4 |
| 86,3 | " " 2,6 | " " 2,6 |
| 86,4 | " " 2,8 | " " 2,8 |
| 86,5 | " " 3,0 | " " 3,0 |
| 86,6 | " " 3,2 | " " 3,2 |
| 86,7 | " " 3,4 | " " 3,4 |
| 86,8 | " " 3,6 | " " 3,6 |
| 86,9 | " " 3,8 | " " 3,8 |
| 87,0 | " " 4,0 | " " 4,0 |
| 87,1 | " " 4,2 | " " 4,2 |
| 87,2 | " " 4,4 | " " 4,4 |
| 87,3 | " " 4,6 | " " 4,6 |
| 87,4 | " " 4,8 | " " 4,8 |

CLAVE NUMERICA PARA LOS PUNTOS DUDOSOS ENTRE LAS
REGIONES XII_a Y XI_b (Continuación)

| Arena | REGION XII _a | REGION XI _b |
|-------|-------------------------|------------------------|
| | Arcilla | Arcilla |
| 87,5 | Menor que 5,0 | Mayor que 5,0 |
| 87,6 | " " 5,2 | " " 5,2 |
| 87,7 | " " 5,4 | " " 5,4 |
| 87,8 | " " 5,6 | " " 5,6 |
| 87,9 | " " 5,8 | " " 5,8 |
| 88,0 | " " 6,0 | " " 6,0 |
| 88,1 | " " 6,2 | " " 6,2 |
| 88,2 | " " 6,4 | " " 6,4 |
| 88,3 | " " 6,6 | " " 6,6 |
| 88,4 | " " 6,8 | " " 6,8 |
| 88,5 | " " 7,0 | " " 7,0 |
| 88,6 | " " 7,2 | " " 7,2 |
| 88,7 | " " 7,4 | " " 7,4 |
| 88,8 | " " 7,6 | " " 7,6 |
| 88,9 | " " 7,8 | " " 7,8 |
| 89,0 | " " 8,0 | " " 8,0 |
| 89,1 | " " 8,2 | " " 8,2 |
| 89,2 | " " 8,4 | " " 8,4 |
| 89,3 | " " 8,6 | " " 8,6 |
| 89,4 | " " 8,8 | " " 8,8 |
| 89,5 | " " 9,0 | " " 9,0 |
| 89,6 | " " 9,2 | " " 9,2 |
| 89,7 | " " 9,4 | " " 9,4 |
| 89,8 | " " 9,6 | " " 9,6 |
| 89,9 | " " 9,8 | " " 9,8 |

Una vez obtenida la clasificación textural del suelo que nos ocupa, se podrá deducir su permeabilidad y su capacidad de retención de agua de acuerdo con las normas generales que se dan a continuación:

1.º Suelos de textura arenosa o similar: Permeabilidad elevada y escasa capacidad de retención de agua, propios para asiento de aquellas especies que no toleran en modo alguno encharcamiento de raíces.

2.º Suelos de textura limosa o similar: Permeabilidad muy deficiente o nula; gran capacidad de retención de agua.

3.º Suelos de textura arcillosa o ricos en arcilla: Si son pobres en materia orgánica, o ricos en ella pero existe abundancia de sales solubles hidrolizables (ver apartado posterior), son suelos de permeabilidad nula, permanentemente encharcados, pero, incluso, con poca agua utilizable para las plantas. Si, por el contrario, son ricos en materia orgánica y no hay cantidad de sales solubles hidrolizables, se trata de suelos de estructura grumosa, con buena permeabilidad y aceptable capacidad de retención de

agua. Aun cuando sólo sea a título de orientación, puede considerarse un suelo húmífero, rico en materia orgánica, cuando su cantidad alcanza o supera el valor de 5 %.

En los suelos arenosos o limosos la existencia de materia orgánica y ausencia de sales solubles hidrolizables atenúa los valores extremos, disminuyendo la excesiva permeabilidad y aumentando la capacidad de retención de agua en los primeros y haciendo un papel análogo y contrario en los segundos.

3.2. La reacción del suelo.

De acuerdo con los valores obtenidos del pH el suelo se clasificará siguiendo el cuadro propuesto por Wilde y que transcribimos a continuación.

| Valores de pH | Designación de los suelos | Vegetación forestal |
|---------------------|---------------------------|---|
| Menor que 4,0. | Extremadamente ácidos. | Líquenes, musgos y arbustos enanos. Muy reducido interés forestal. |
| De 4,0 a 4,7. | Muy fuertemente ácidos. | Coníferas muy acidófilas y abedules, álamos temblones y algunos alisos. |
| De 4,7 a 5,5. | Fuertemente ácidos. | Coníferas acidófilas y frondosas frugales. |
| De 5,5 a 6,5. | Moderadamente ácidos. | La mayoría de las coníferas (especialmente pinos) y frondosas septentrionales. |
| De 6,5 a 7,3. | Neutros. | Fronosas exigentes en principios nutritivos. |
| De 7,3 a 8,0. | Moderadamente básicos. | Fronosas de reducida importancia maderable. |
| De 8,0 a 8,5. | Fuertemente básicos. | Arboles, y principalmente arbustos, algo resistentes a la presencia de cloruros, sulfatos y catión sodio o a grandes proporciones de carbonato cálcico. |
| De 8,5 en adelante. | Extremadamente básicos. | Vegetación halófila y algo resistente al carbonato sódico. Sin interés forestal. |

3.3. Existencia o ausencia de carbonatos cálcico y magnésico.

Comparando los resultados obtenidos en los análisis de carbonato cálcico en la tierra menor de 2 mm. y en las arenas, se dividirán los suelos con arreglo a la siguiente clasificación:

1.º Suelos calizos: Suelos con porcentaje elevado de CaCO_3 , tanto en arenas como en el conjunto de tierra fina. Tienen, en la actualidad, abundancia de calcio activo y en el futuro no se modificará esta característica. Propios para especies calcícolas o indiferentes.

2.º Suelos calizos descalcificados: Elevado tanto por ciento de CaCO_3 en las arenas y escaso en el conjunto de tierra fina. Normalmente su localización coincidirá con áreas de bastante precipitación. Poca o nula cantidad de calcio activo, y esta característica no sufrirá apreciables modificaciones. Propios de especies indiferentes o calcícolas y calcífugas no extremadas.

3.º Suelos provisionalmente calizos: Presentan riqueza de CaCO_3 en la tierra fina y no existe en las arenas. Suelos muy raros, mezcla de varios por motivo de erosión, coluvios o aluviones. Como, aunque en la actualidad abundan en carbonato cálcico activo, en el futuro tendrán escasez del mismo, son propios de especies indiferentes capaces de soportar en sus primeras edades la abundancia de calcio y en un porvenir más o menos lejano su escasez.

4.º Suelos no calizos, adecuados para especies netamente calcífugas o indiferentes.

En cuanto al carbonato magnésico, su presencia en calizas dolomíticas, asociado al carbonato cálcico, puede frenar y atenuar los efectos de este último, por las razones siguientes:

Cuando en la solución del suelo y en el complejo adsorbente arcillo-húmico existe un catión en mayoría absoluta respecto a los demás, se presenta el llamado "efecto de bloqueo", que se traduce en que los cationes minoritarios encuentran dificultades para ingresar en los vegetales a través de sus raíces. Cuando en un suelo existe gran cantidad de carbonato cálcico puro en forma muy dividida, las aguas carbónicas liberan cationes calcio en abundancia, que producen el citado efecto de bloqueo; en cambio, en las dolomitas, el magnesio impide la mayoría absoluta del calcio a que antes hemos hecho mención.

3.4. Existencia de sales solubles.

Los suelos se clasificarán de acuerdo con el criterio utilizado en muchos países y de origen mejicano.

| Designación de los suelos, atendiendo a su salinidad | Suelos salitrosos blancos | Suelos alcalinos negros |
|--|---|-----------------------------------|
| | Concentración total de cloruros y sulfatos solubles | Concentración de carbonato sódico |
| Libres o prácticamente libres. | 0 % 0,2 % | 0 % 0,05 % |
| Ligeramente afectados | 0,2 % 0,4 % | 0,05 % 0,10 % |
| Afectados | 0,4 % 0,6 % | 0,10 % 0,20 % |
| Muy afectados | 0,6 % 1,0 % | 0,20 % 0,30 % |
| Sumamente afectados | más de 1 % | más de 0,30 % |

Bien entendido que la existencia de sales neutras sólo presenta el problema relacionado con el proceso de absorción y al que antes hicimos referencia, mientras que la abundancia de sales hidrolizables arrastra consigo, además, valores muy elevados del pH y la influencia sobre la permeabilidad citada líneas atrás.

3.5. Consecuencias derivadas del estudio del perfil.

Recordemos que podían distinguirse dos tipos generales de perfiles: $A_1 A_2 C$ y $A_0 A_1 A_2 B C$; los suelos que pertenezcan al primero de ellos se denominarán "poco evolucionados" y "muy evolucionados" si el perfil es del segundo tipo.

Un suelo con perfil $A_1 A_2 C$ indica la ausencia casi total de procesos migratorios y lavado escaso que sólo afecta a las sustancias solubles o fácilmente solubilizables. Se trata, en general (y salvo que existan circunstancias geográficas especiales, como por ejemplo suelos formados sobre una ladera erosionada), de terrenos estables en cuanto a sus propiedades y características; su posterior evolución sólo estará influida por los residuos orgánicos que se vayan incorporando al suelo y la clase de los minerales que, en la actualidad, formen las piedras y gravillas.

Por el contrario, un suelo $A_0 A_1 A_2 B C$ indica la existencia de fuertes migraciones de sustancias, con empobrecimiento de las capas superiores

y enriquecimiento de las inferiores. El suelo será estable si el motivo de tales migraciones es exclusivamente la precipitación; pero si la acidez es grande en el horizonte A_0 y elevada la diferencia entre la acidez normal y la que denominamos anteriormente acidez de cambio, podemos prever que dichas migraciones se irán acelerando en el futuro, haciendo evolucionar el suelo con arreglo a las siguientes características:

1.º Empobrecimiento rápido del horizonte A_2 , con ausencia de elementos finos, textura excesivamente arenosa, gran permeabilidad y nula capacidad de retención de agua. Esta capa llegará a ser totalmente estéril.

2.º Impermeabilización progresiva del horizonte B, con aumento de su compacidad, hasta poder llegar a impedir el paso de las raíces de los vegetales.

Es fácil comprender que esta evolución se halla tanto más avanzada cuanto más blanquecino se encuentra el horizonte A_2 y de color más vivo y fuerte se halle el horizonte B.

Resulta innecesario resaltar los peligros que presenta una evolución de tal tipo y que impide la persistencia de la masa existente o futura. Con el fin de evitarla será preciso impedir esta gran acidez en el horizonte superior y para eso, bien prescindir de toda vegetación acidificante que proporcione residuos de extremada pobreza y acidez, bien la creación de un sotobosque de especies más nobles y conservadoras, bien, si no, tratar la masa con cortas a hecho y en turno corto, seguidas de períodos de descanso en los que el suelo pueda frenar los procesos evolutivos antes mencionados.

4. TOMA DE DATOS CLIMATOLOGICOS

4.1. Justificación de los datos climatológicos que se aconseja utilizar.

Una gran cantidad de índices climáticos han sido propuestos por diversos autores; en ellos entran en juego multitud de datos climatológicos que, barajados de muy diversas formas, nos dan unos valores que pretenden ser exponentes del clima en cuanto a la influencia de éste sobre la vegetación.

Sin entrar en discusión sobre el aspecto teórico de los índices referidos, no cabe duda que, al menos en nuestra patria, muchos de ellos no resisten un examen somero sobre las posibilidades prácticas y reales de su cálculo, pues actúan o se basan en datos que únicamente son suministrados por un corto número de estaciones meteorológicas que, además, se encuentran situadas normalmente en las ciudades y, por ello, alejadas de las masas forestales.

Los observatorios montados por el Servicio Meteorológico Nacional pueden dividirse en tres grandes categorías: estaciones pluviométricas que nos miden las precipitaciones recogidas; estaciones termométricas que suministran datos acerca de las temperaturas y, por último, estaciones de primer orden que, además, recogen los valores de evaporación, humedad relativa media, insolación, velocidad del viento, etc.

Las primeras son, con mucho, las más abundantes, existiendo una media de veinte a treinta estaciones en cada provincia; de éstas, la mitad o la tercera parte son, a su vez, estaciones termométricas; observatorios de primer orden sólo se encuentran en las capitales de provincia o ciudades de importancia.

Si se pretende que los índices climáticos calculados sean adecuados a la masa forestal objeto de estudio o creación, hay que lograr que los datos meteorológicos con que operemos sean sensiblemente parecidos a los sufridos por el monte. Este es el motivo por el que propugnamos, en lo posible, jugar exclusivamente con datos térmicos y pluviométricos, pues con

facilidad mayor encontraremos observatorios en situación similar al monte estudiado.

A reserva de la justificación que haremos posteriormente de los índices climáticos que se proponen, diremos ya que son datos fundamentales los siguientes: temperaturas medias mensuales y media anual, media de las máximas del mes más cálido y media de las mínimas del mes más frío y precipitaciones medias de cada mes y año. También, y aun a riesgo de tener que acudir a un observatorio muy alejado, es interesante deducir la media de horas anuales de insolación.

4.2. Elección de las estaciones meteorológicas.

Es innegable que el ideal sería poder contar en cada monte con un observatorio capaz de suministrarnos los datos citados en el apartado anterior. Rara vez ocurre esto y, por ello, es preciso elegir entre las estaciones meteorológicas más próximas al lugar que estemos estudiando.

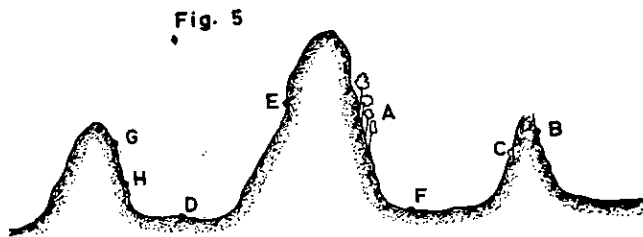
Sin embargo, hay que desterrar definitivamente la idea o costumbre de utilizar sistemáticamente los datos de aquel observatorio más cercano, sino que, por el contrario, el criterio de elección ha de basarse en la consideración de las circunstancias geográficas del relieve, del monte, por una parte, y por otra del punto donde se encuentren localizadas las diversas estaciones de observación.

Es decir, el observatorio escogido habrá de estar situado a una altitud similar a la del monte estudiado y localizado en la misma orientación en cuanto a posición con respecto a cadenas montañosas; sólo cuando queden satisfechas las dos condiciones anteriores se recurrirá al criterio de proximidad y exclusivamente si existen varias estaciones que cumplan los requisitos anteriores y se encuentren a distancias similares se podrá operar con la media de estos observatorios. En ningún otro caso se tomarán medias de datos proporcionados por estaciones diferentes.

Lo que sí es factible, y necesario en la generalidad de los casos, es acudir a un observatorio para la obtención de datos pluviométricos; a otro más alejado para los datos de temperatura y a otro más distante para las observaciones relacionadas con insolación, pues, como dijimos, estos últimos datos sólo los registran las estaciones meteorológicas de primer orden.

En el caso de que exista incompatibilidad entre el criterio de altitud y de orientación, se dará primacía al segundo de ellos y, si se trata de datos térmicos, vendrán modificados en $0,65^{\circ}\text{C}$ por cada cien metros de

diferencia de nivel, aumentando las cantidades si el monte se encuentra más bajo que el observatorio y disminuyéndolas en caso contrario.



Se utilizará la media de los observatorios G y B. Si no existieran, se tomarán los datos de la estación H (con modificación en los registros térmicos) pero nunca los proporcionados por los observatorios E, F, C y D.

4.3. Período que han de abarcar los datos climatológicos.

Los números definitivos que nos representen los valores de precipitación anual y de cada mes, temperatura media anual y mensual y horas de insolación anuales se obtendrán por media aritmética de los datos recogidos en los últimos veinticinco años, pues este período es el mínimo exigible, según demuestra la experiencia, para lograr que la media sea verdaderamente representativa.

El Servicio Meteorológico Nacional ha ampliado el número de observatorios de forma considerable en los últimos diez años. Puede, pues, ocurrir que al elegir (de acuerdo con los criterios anteriormente expuestos) una determinada estación meteorológica, nos encontremos con la desagradable sorpresa de que su archivo de datos abarca exclusivamente un corto número de años. En este caso se procederá de la forma siguiente:

- 1.º Hallar los valores medios de este período.
- 2.º Hallar los valores medios de este mismo período con los datos suministrados por el observatorio más próximo.
- 3.º Ver las diferencias existentes entre unos y otros.
- 4.º Calcular los valores medios en el período de los últimos veinticinco años con los datos recogidos por el segundo observatorio.
- 5.º A partir de éstos, deducir los valores que a nosotros interesen modificando los resultados anteriores con las diferencias aditivas o sustractivas calculadas en el punto 3.º.

5. LOS INDICES FITOCLIMATICOS

5.1. Clases de índices fitoclimáticos y elección de los mismos.

Los índices climáticos pueden agruparse en tres categorías perfectamente diferenciadas. Hasta el año 1940 estos índices no eran sino fórmulas que intentaban expresar numéricamente el concepto empírico que todos tenemos de la aridez: índices generales susceptibles de satisfacer a la vez a hidrólogos, botánicos e incluso sociólogos, con escaso número de variables y de gran simplicidad en cuanto a cálculo. Estos índices, para nosotros, sólo tienen un valor de definición y mediante ellos podemos comparar unas estaciones con otras y definir, para cada especie, un intervalo y un óptimo de existencia, de acuerdo con los valores de los expresados índices.

Posteriormente fueron enunciados otros cuantos índices climáticos, encaminados exclusivamente a la fitología, de cálculo más complicado y que pretenden dar idea, no solamente de la aridez de una zona (y en consecuencia el valor definitorio a que hacíamos referencia), sino, incluso, describir y retratar la influencia del clima sobre la vegetación, evaluando, en cada tiempo, las necesidades de la planta en cuanto a humedad y el sobrante o déficit de agua de la misma.

Por último, a partir de 1955 se están intentando definir índices fitoclimáticos destinados a un fin concreto, utilizando no solamente las variables clásicas, sino también observaciones relacionadas con la luminosidad, consecuencia de los últimos estudios efectuados sobre este tema.

Tanto unos como otros presentan ventajas e inconvenientes, derivados siempre de su mayor o menor generalidad, pues ésta, por una parte, trae consigo una visión o concepto amplio y diluído, mientras que los índices más particulares presentan complicaciones en su cálculo (e inexactitud si tenemos que utilizar datos obtenidos por observatorios muy distantes).

Se propone la adopción de los índices de Dantin, Thornthwaite y Patterson, que podemos incluir, respectivamente, en los grupos anteriormente diferenciados. Escogemos el primero de ellos por facilidad de cálculo y en

oposición al de Martonne, definir la aridez con un número creciente con ella; se propone la utilización de los cálculos preconizados por Thornthwaite porque, además, estos datos serán útiles en cuanto a la previsión de la evolución del suelo; finalmente, aconsejamos el índice de Paterson por pretender relacionar el clima de una zona con la posibilidad en madera de un monte normal asentado sobre ella.

5.2. Índice de Dantin-Revenga.

Los naturalistas españoles J. Dantin Cereceda y A. Revenga Carbonell crearon el índice denominado termopluiométrico, que tiene por valor

$$100 \cdot \frac{T}{P}$$

T = temperatura media anual en °C (media de las temperaturas mensuales medias).

P = precipitación media anual en mm.

Una vez calculado este índice, la aridez se expresará de acuerdo con el siguiente cuadro:

| Índice termopluiométrico | Designación |
|--------------------------|--------------------|
| 0 a 2 | Zona húmeda. |
| 2 a 3 | Zona semiárida. |
| 3 a 6 | Zona árida. |
| Más de 6 | Zona subdesértica. |

5.3. Índices de Thornthwaite.

En el año 1948, este climatólogo americano presentó una solución de conjunto al problema agua-planta. En primer lugar, definió la llamada evapotranspiración potencial, que no es sino la cantidad máxima de vapor de agua que evapora y transpira un suelo cubierto de vegetación y que no tenga ningún déficit de agua; no es más que un índice de eficacia térmica y su cálculo se realiza como sigue:

$$E = 1,6 \cdot \left(\frac{10t}{I} \right)^\alpha f$$

E = evapotranspiración potencial mensual, en cm. de altura de agua.

t = temperatura media mensual en °C.

$$I = \sum_1^{12} \left(\frac{t}{5} \right)^{1,614}$$
 correspondiente a las temperaturas medias de cada uno de los meses del año.

$\alpha = 0,000000675 I^3 - 0,0000771 I^2 + 0,01792 I + 0,49239.$

f = coeficiente para la corrección debida a la duración media de la luz solar y cuyos valores vienen dados por la tabla siguiente:

© INIA © Del autor o autores / Todos los derechos reservados
 TABLA-COEFICIENTE PARA LA CORRECCION DEBIDA A LA DURACION MEDIA DE LA LUZ SOLAR

| Latitud | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Nov. | Dic. |
|---------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|------|------|
| 50° N | 0,74 | 0,78 | 1,02 | 1,15 | 1,33 | 1,36 | 1,37 | 1,25 | 1,06 | 0,92 | 0,76 | 0,70 |
| 49 | 0,75 | 0,79 | 1,02 | 1,14 | 1,32 | 1,34 | 1,35 | 1,24 | 1,05 | 0,93 | 0,76 | 0,71 |
| 48 | 0,76 | 0,80 | 1,02 | 1,14 | 1,31 | 1,33 | 1,34 | 1,23 | 1,05 | 0,93 | 0,77 | 0,72 |
| 47 | 0,77 | 0,81 | 1,02 | 1,14 | 1,30 | 1,32 | 1,33 | 1,22 | 1,04 | 0,93 | 0,78 | 0,73 |
| 46 | 0,79 | 0,81 | 1,02 | 1,13 | 1,29 | 1,31 | 1,32 | 1,22 | 1,04 | 0,94 | 0,79 | 0,74 |
| 45 | 0,80 | 0,81 | 1,02 | 1,13 | 1,28 | 1,29 | 1,31 | 1,21 | 1,04 | 0,94 | 0,79 | 0,75 |
| 44 | 0,81 | 0,82 | 1,02 | 1,13 | 1,27 | 1,29 | 1,30 | 1,20 | 1,04 | 0,95 | 0,80 | 0,76 |
| 43 | 0,81 | 0,82 | 1,02 | 1,12 | 1,26 | 1,28 | 1,29 | 1,20 | 1,04 | 0,95 | 0,81 | 0,77 |
| 42 | 0,82 | 0,83 | 1,03 | 1,12 | 1,26 | 1,27 | 1,28 | 1,19 | 1,04 | 0,95 | 0,82 | 0,79 |
| 41 | 0,83 | 0,83 | 1,03 | 1,11 | 1,25 | 1,26 | 1,27 | 1,19 | 1,04 | 0,96 | 0,82 | 0,80 |
| 40 | 0,84 | 0,83 | 1,03 | 1,11 | 1,24 | 1,25 | 1,27 | 1,18 | 1,04 | 0,96 | 0,83 | 0,81 |
| 39 | 0,85 | 0,84 | 1,03 | 1,11 | 1,23 | 1,24 | 1,26 | 1,18 | 1,04 | 0,96 | 0,84 | 0,82 |
| 38 | 0,85 | 0,84 | 1,03 | 1,10 | 1,23 | 1,24 | 1,25 | 1,17 | 1,04 | 0,96 | 0,84 | 0,83 |
| 37 | 0,86 | 0,84 | 1,03 | 1,10 | 1,22 | 1,23 | 1,25 | 1,17 | 1,03 | 0,97 | 0,85 | 0,83 |
| 36 | 0,87 | 0,85 | 1,03 | 1,10 | 1,21 | 1,22 | 1,24 | 1,16 | 1,03 | 0,97 | 0,86 | 0,84 |
| 35 | 0,87 | 0,85 | 1,03 | 1,09 | 1,21 | 1,21 | 1,23 | 1,16 | 1,03 | 0,97 | 0,86 | 0,85 |
| 34 | 0,88 | 0,85 | 1,03 | 1,09 | 1,20 | 1,20 | 1,22 | 1,16 | 1,03 | 0,97 | 0,87 | 0,86 |
| 33 | 0,88 | 0,86 | 1,03 | 1,09 | 1,19 | 1,20 | 1,22 | 1,15 | 1,03 | 0,97 | 0,88 | 0,87 |
| 32 | 0,89 | 0,86 | 1,03 | 1,08 | 1,19 | 1,21 | 1,23 | 1,15 | 1,03 | 0,98 | 0,88 | 0,88 |
| 31 | 0,90 | 0,87 | 1,03 | 1,08 | 1,18 | 1,18 | 1,20 | 1,14 | 1,03 | 0,98 | 0,89 | 0,88 |
| 30 | 0,90 | 0,87 | 1,03 | 1,08 | 1,18 | 1,17 | 1,20 | 1,14 | 1,03 | 0,98 | 0,89 | 0,89 |
| 29 | 0,91 | 0,87 | 1,03 | 1,07 | 1,17 | 1,16 | 1,19 | 1,13 | 1,03 | 0,98 | 0,90 | 0,90 |
| 28 | 0,91 | 0,88 | 1,03 | 1,07 | 1,16 | 1,16 | 1,18 | 1,13 | 1,02 | 0,98 | 0,90 | 0,90 |
| 27 | 0,92 | 0,88 | 1,03 | 1,07 | 1,16 | 1,15 | 1,18 | 1,13 | 1,02 | 0,99 | 0,90 | 0,90 |
| 26 | 0,92 | 0,88 | 1,03 | 1,06 | 1,15 | 1,15 | 1,17 | 1,12 | 1,02 | 0,99 | 0,91 | 0,91 |
| 25 | 0,93 | 0,89 | 1,03 | 1,06 | 1,15 | 1,14 | 1,17 | 1,12 | 1,02 | 0,99 | 0,91 | 0,91 |
| 25 | 0,93 | 0,89 | 1,03 | 1,06 | 1,15 | 1,14 | 1,17 | 1,12 | 1,02 | 1,00 | 0,93 | 0,94 |
| 25 | 0,95 | 0,90 | 1,03 | 1,05 | 1,13 | 1,11 | 1,14 | 1,11 | 1,02 | 1,01 | 0,95 | 0,97 |
| 15 | 0,97 | 0,91 | 1,03 | 1,04 | 1,11 | 1,08 | 1,12 | 1,08 | 1,02 | 1,01 | 0,95 | 0,99 |
| 10 | 1,00 | 0,93 | 1,03 | 1,03 | 1,08 | 1,06 | 1,08 | 1,07 | 1,02 | 1,02 | 0,98 | 0,99 |
| 5° N | 1,02 | 0,93 | 1,03 | 1,02 | 1,06 | 1,03 | 1,06 | 1,05 | 1,01 | 1,03 | 0,99 | 1,02 |
| 0 | 1,04 | 0,94 | 1,04 | 1,01 | 1,04 | 1,01 | 1,04 | 1,04 | 1,01 | 1,04 | 1,01 | 1,04 |
| 5° S | 1,06 | 0,91 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,99 | 1,02 | 1,03 | 1,00 | 1,05 | 1,03 | 1,06 |
| 10 | 1,08 | 0,97 | 1,05 | 0,99 | 1,01 | 0,96 | 1,00 | 1,01 | 1,00 | 1,06 | 1,05 | 1,10 |
| 15 | 1,12 | 0,98 | 1,05 | 0,98 | 0,98 | 0,94 | 0,97 | 0,99 | 1,00 | 1,07 | 1,07 | 1,12 |
| 20 | 1,14 | 1,00 | 1,05 | 0,97 | 0,96 | 0,91 | 0,95 | 0,99 | 1,00 | 1,08 | 1,09 | 1,15 |
| 25 | 1,17 | 1,01 | 1,05 | 0,96 | 0,94 | 0,88 | 0,93 | 0,98 | 1,00 | 1,10 | 1,11 | 1,18 |
| 30 | 1,20 | 1,03 | 1,06 | 0,95 | 0,92 | 0,85 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 1,12 | 1,14 | 1,21 |
| 35 | 1,23 | 1,04 | 1,06 | 0,94 | 0,89 | 0,82 | 0,87 | 0,94 | 1,00 | 1,13 | 1,17 | 1,25 |
| 40 | 1,28 | 1,06 | 1,07 | 0,93 | 0,86 | 0,78 | 0,84 | 0,92 | 1,00 | 1,15 | 1,20 | 1,29 |
| 42 | 1,28 | 1,07 | 1,07 | 0,92 | 0,85 | 0,76 | 0,82 | 0,92 | 1,00 | 1,16 | 1,22 | 1,31 |
| 44 | 1,30 | 1,08 | 1,07 | 0,92 | 0,83 | 0,74 | 0,81 | 0,91 | 0,99 | 1,17 | 1,23 | 1,33 |
| 46 | 1,32 | 1,10 | 1,07 | 0,91 | 0,82 | 0,72 | 0,79 | 0,90 | 0,99 | 1,17 | 1,25 | 1,35 |
| 48 | 1,34 | 1,11 | 1,08 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,76 | 0,89 | 0,99 | 1,18 | 1,27 | 1,37 |
| 50° S | 1,37 | 1,12 | 1,08 | 0,89 | 0,77 | 0,67 | 0,74 | 0,88 | 0,99 | 1,19 | 1,29 | 1,41 |

NOTA: Para latitudes superiores a 50° N o 50° S, se emplean los coeficientes correspondientes a 50°.

No cabe duda que, en apariencia, el cálculo de la evapotranspiración potencial puede parecer complicado y oneroso, pero el empleo de tablas y ábacos de fácil construcción deja reducido el problema a una cuestión puramente mecánica.

Una vez calculadas las distintas evapotranspiraciones potenciales mensuales medias, se compararán estos resultados con las respectivas precipitaciones mensuales medias y de esa forma se podrá deducir, para cada mes, una diferencia en exceso (s) o en déficit de agua (d). Obtenidas estas cantidades se entra en la fórmula

$$I_m = \frac{100 \sum s - 60 \sum d}{n}$$

siendo n la suma de evapotranspiraciones potenciales a lo largo del año o, lo que es lo mismo, las necesidades anuales de agua de la planta.

El valor I_m , denominado "índice hídrico anual" nos servirá para clasificar el clima de la zona de acuerdo con la tabla o cuadro que damos a continuación:

| Valores de I_m | Tipo de clima |
|------------------|-----------------|
| > 100 | Perhúmedo. |
| 20 a 100 | Húmedo. |
| 0 a 20 | Subhúmedo. |
| - 20 a 0 | Seco subhúmedo. |
| - 40 a - 20 | Semiárido. |
| - 60 a - 40 | Arido. |

Obsérvese que nunca I_m puede descender por debajo de -60 y tomará este valor solamente en las regiones de precipitación nula.

Por otra parte, n, suma de evapotranspiraciones potenciales a lo largo del año, es, como dijimos, un índice de eficacia térmica y de acuerdo con su valor podemos llegar a clasificar el clima de una región siguiendo el cuadro que a continuación relacionamos:

| Valor de $n = \sum_1^{12} E$ | Tipo de clima |
|------------------------------|---------------|
| > 114,0 | Megatérmico. |
| 57,0 a 114,0 | Mesotérmico. |
| 28,5 a 57,0 | Microtérmico. |
| 14,25 a 28,5 | De Tundra. |
| < 14,25 | Glacial. |

La utilidad de los trabajos de Thornthwaite no queda limitada a la doble clasificación de climas de acuerdo con los índices anteriormente cal-

culados, sino que proporcionan datos muy interesantes sobre las necesidades hídricas de la planta a lo largo del año si, de acuerdo con los datos obtenidos, y cifrando en 10K cm. la capacidad de almacenaje de agua utilizable por la vegetación, se construye una ficha análoga a la que seguidamente se cita y que ha sido calculada para las repoblaciones efectuadas por el Patrimonio Forestal del Estado en la Sierra de Gredos.

K es un coeficiente que vale 1,2 para suelos de textura limosa o arcillosa; 1, para los de textura arenosa y 0,5 para los extremadamente arenosos.

| | O | N | D | E | F | M | A | M | J | J | A | S |
|-----------------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Temperaturas: | 9,3 | 4,9 | 2,3 | 1,5 | 2,2 | 5,0 | 7,4 | 10,2 | 14,7 | 19,1 | 18,5 | 14,9 |
| Ep (cm.) | 5,4 | 2,1 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 2,6 | 4,6 | 7,7 | 12,6 | 17,9 | 16,0 | 10,7 |
| P (cm.) | 11,2 | 16,0 | 14,1 | 8,8 | 7,5 | 15,1 | 11,1 | 9,5 | 5,0 | 2,5 | 2,4 | 6,7 |
| Diferencias (cm.) | 5,8 | 13,9 | 13,4 | 8,3 | 6,8 | 12,5 | 6,5 | 1,8 | 7,6 | 15,4 | 13,6 | 4,0 |
| Stock (cm.) | 5,8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2,4 | 0 | 0 | 0 |
| Excedente de agua (cm.) ... | 0 | 9,7 | 13,4 | 8,3 | 6,8 | 12,5 | 6,5 | 1,8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Déficit de agua (cm.) ... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13,0 | 13,6 | 4,0 |

Insistiremos, en un apartado posterior, sobre las consecuencias que pueden deducirse de esta ficha con respecto a la evolución futura de los suelos.

5.4. Índice de Paterson.

Todos los índices citados con anterioridad hacen intervenir precipitaciones y temperatura como factores de sentido contrario, actuando ésta como agente que disminuye la masa de agua aportada por aquéllas. Los trabajos del climatólogo sueco Paterson asocian ambos conceptos en un mismo sentido: altas temperaturas y fuertes precipitaciones son, en efecto, imprescindibles para el pleno desarrollo de las grandes masas forestales.

De acuerdo con esta idea, en el año 1956 Paterson definió un índice fitoclimático cuyos valores están relacionados con la producción de madera en m³ por Ha. y año capaz de ser suministrada por un monte normal con especie y tratamiento de acuerdo con las condiciones estacionales.

Este índice, con ligeras modificaciones que hemos introducido con el fin de poder efectuar su cálculo con los datos climatológicos que proporcionan los servicios meteorológicos, es el siguiente:

$$I = \frac{V}{A} \cdot f \cdot P \frac{G}{12}$$

Siendo

V = temperatura media mensual del mes más caliente.

A = diferencia entre la media de las temperaturas máximas del mes más cálido y la media de las temperaturas mínimas del mes más frío.

$f = \frac{2.500}{n + 1.000}$, siendo n = número de horas de insolación anual.

P = precipitación media anual en mm.

G = duración del período vegetativo expresada en meses.

(De acuerdo con Gaussen, se considerarán meses activos, para la vegetación forestal, aquellos en los que las precipitaciones, expresadas en milímetros, sean iguales o superiores al doble de la temperatura media del mes, expresada en grados centígrados, siempre que dicha temperatura iguale o supere los 7°C.)

Gráficos construídos por Paterson muestran que la relación entre los

valores de su índice y la posibilidad teórica del monte viene definida por una línea recta, si se llevan en abscisas los logaritmos de los valores de dicho índice.

El cuadro siguiente da esta relación para algunos valores:

| Índice Paterson | Posibilidad teórica (m ³ /Ha.) |
|-----------------|---|
| 25 | 0 |
| 250 | 5,3 |
| 2.000 | 10 |
| 20.000 | 15 |

Para un índice inferior a 25 no hay posibilidad de regeneración natural de un bosque.

No somos tan ingenuos que pretendamos dar absoluta validez para nuestra patria a las cifras anteriores. Pero no cabe duda que el índice propuesto por Paterson es indicativo de la producción maderable, pues juega con la casi totalidad de los factores que intervienen en tal sentido, haciéndolos actuar con signo conveniente. Por eso, sería muy interesante poder ir obteniendo los valores de dicho índice para las diversas zonas forestales españolas con el fin de poder modificar las cifras dadas por el insigne climatólogo sueco.

El índice de Paterson, para las repoblaciones efectuadas por el Patrimonio Forestal del Estado en la Sierra de Gredos, vale 167 y, de acuerdo con él, se obtiene la cifra de 4,37 m³/Ha/año, como de posibilidad teórica de las masas creadas de *Pinus sylvestris*.

5.5. Los índices fitoclimáticos y los cultivos pastorales.

Los índices de Dantin-Revenga y los trabajos de Thornthwaite tienen, sin duda, análoga utilidad para definirnos el clima en una masa forestal o en un pastizal existente o de pretendida creación. Pero en el caso de los cultivos pastorales conviene dedicar una especial atención a un factor del que a menudo se prescinde: el número de horas de insolación anual.

En la Asamblea Forestal celebrada el año 1962, y en la ponencia relativa a pastizales, surgió a la luz una discusión o enfrentamiento de posturas claramente diferenciadas en cuanto al problema de creación y mejora de superficies pascícolas.

Estas dos posturas pueden concretarse, por una parte, en los trabajos efectuados por la IV División Hidrológico-Forestal y, por otra, en los

que la Jefatura Regional de Castilla la Vieja ha realizado en las proximidades del Puerto del Escudo.

Los primeros están basados en labores de mejora, creando los pastizales que se precisan por medio de un despedregado y desbroce del matorral existente y dejando que proliferen las especies adecuadas. Esta proliferación se efectúa con rapidez, fundamentalmente si es posible contar con ayuda de riego, y el pastizal creado cumple a total satisfacción el fin propuesto.

Por el contrario, los trabajos efectuados en las cercanías del Puerto del Escudo se basan en una total roturación del terreno y siembra posterior de pratenses. Los pastizales así creados tienen buenas características, aunque al cabo de cierto número de años se embastecen y es preciso volver a repetir el ciclo expuesto.

En nuestra opinión, ambas posturas no están enfrentadas, sino que se complementan mutuamente y, según las circunstancias climáticas de insolación, es preferible adoptar una u otra.

En efecto: los pastizales de la sierra de Gredos gozan de una fuerte luminosidad, que se traduce en más de 2.700 horas anuales de sol. Esto origina la posibilidad de una reproducción abundante de las especies pratenses, que ocupan con facilidad los huecos o claros dejados en las labores de desbroce y despedregado. Por el contrario, los pastizales del Puerto del Escudo, situados en zona más lluviosa, con brumas y nieblas abundantes, favorecidas por la existencia del gigantesco pantano del Ebro, tienen insolación francamente menor y por ello se encuentra dificultada la propagación natural de las pratenses; es preciso acudir a la siembra de ellas y renovar esta siembra cada cierto tiempo, pues las especies introducidas, al sólo poder reproducirse de forma vegetativa, van perdiendo cualidades pasícólas.

Creemos, pues, que el número de horas de insolación anual puede servir como criterio para la utilización de uno u otro de los sistemas expuestos. En general, si la insolación supera las 2.300 horas al año es factible recurrir al primer procedimiento, que es claramente aconsejable si superará las 2.500 horas.

6. LOS INDICES CLIMATICOS Y LA EVOLUCION DE LOS SUELOS

6.1. Los suelos inmaturos y su evolución.

En uno de los apartados anteriores decíamos que un suelo de perfil AC podía considerarse como estable si es que se trataba de un suelo maduro: esto es, si había alcanzado su evolución total de acuerdo con las condiciones climáticas en que vive.

Pero muchas veces ocurre que un suelo que presenta un perfil AC no se encuentra totalmente evolucionado, sino que se trata de un suelo en formación, por impedir esa evolución total procesos de erosión o de aterramientos. Este caso se dará en aquellos sitios desforestados y cabe suponer que, una vez lograda la repoblación, ésta impedirá la actuación de los citados procesos y el suelo podrá terminar su evolución normal.

Interesa prever, por los motivos que se expusieron, cuál va a ser la evolución de dicho suelo: esto es, cuál va a ser el perfil del terreno cuando éste haya completado su ciclo evolutivo. Este tipo de perfil dependerá esencialmente de los procesos migratorios que sufran las distintas sustancias que componen el suelo y, para su conocimiento prestan indudable ayuda los índices climáticos que a continuación se exponen.

6.2. Fórmula del drenaje calculado.

Esta fórmula o índice se debe a Henin y Aubert y fue dada en el año 1945:

$$D = \frac{\gamma P^2}{1 + \gamma P^2}$$

en la cual P es la precipitación anual media en metros y γ un coeficiente que vale

$$\gamma = \alpha \frac{1}{0,15 T - 0,13}$$

siendo T la temperatura media anual en grados centígrados y α un coeficiente que vale 2 para los suelos de textura arenosa, 1 para las tierras francas y 0,5 para las tierras arcillosas compactas.

Calculado el valor de D , podemos deducir que si:

- 1.º $D > 0,185$ m. el suelo evolucionará hacia un perfil ABC.
- 2.º $0,115 < D < 0,185$ el suelo, en su madurez, tendrá perfil ABC, si bien este horizonte B será poco sensible.
- 3.º $D < 0,115$ el suelo, al terminar su evolución, seguirá siendo de perfil AC.

6.3. Aplicación de los índices de Thornthwaite.

Ya vimos en el capítulo anterior cómo podíamos construirnos una ficha hídrica con los datos de temperaturas medias mensuales y evapotranspiraciones potenciales.

Estas fichas, admitiendo un máximo de almacenaje de 10K cm. de agua en el suelo, nos llevaban al conocimiento de los excedentes y deficiencias de agua a lo largo de los diversos meses del año.

No cabe duda que una medida de los excedentes de agua nos dará asimismo, idea clara de la importancia del drenaje, y por ello de la facilidad o dificultad que experimentarán las sustancias para sufrir migraciones descendentes a lo largo del perfil.

Así, sumando la totalidad anual de estos excedentes, podremos sacar en consecuencia:

- 1.º Si la suma supera los 20 cm., el suelo evolucionará hacia el perfil ABC.
- 2.º Si oscila entre 10 y 20, el suelo tiende a completar su evolución con perfil ABC, siendo el horizonte B apenas diferente del A.
- 3.º Si no llega a alcanzar los 10 cm., el suelo maduro seguirá siendo de perfil AC.

Puede comprobarse que, siguiendo cualquiera de los dos caminos, se llega a resultados muy similares; parecería lógico, pues, seguir el segundo

procedimiento por disponer ya de los datos precisos; sin embargo, aconsejamos la utilización del drenaje calculado, pues, siguiendo a Thornthwaite, hay que admitir esos 10K cm. de máximo almacenaje, cifra totalmente empírica y que, sin duda, varía de unos a otros tipos de suelo.

Una vez conocida la evolución que seguirán estos suelos inmaduros, se deducirán las consecuencias generales que esbozamos en uno de los primeros apartados de este trabajo.

7. La evolución de los suelos y las asociaciones indicadoras.

Este punto entra de lleno en el campo de la Fitosociología, y un estudio detallado del mismo arrastraría consigo un incremento en la longitud de este trabajo que, a nuestro juicio, está fuera del alcance eminentemente práctico que pretendemos darle. Sin embargo, sería ilógico no completar esta serie de indicaciones que pueden servir como normas para el estudio de una estación determinada, con unas cuantas ideas generales sobre cómo la presencia de determinadas plantas nos indica la evolución que experimenta un suelo forestal.

En los suelos silíceos, esto es, en aquellos en que no es caliza la roca madre, podemos distinguir tres tipos de evolución. Una primera, característica de los suelos inmaduros o de aquellos otros degradados por excesivo pastoreo y en creciente aridez; otra, una evolución fundada esencialmente en la acidificación y tendencia al perfil ABC, y una tercera que origina un encharcamiento permanente o temporal del suelo, bien por impermeabilización del horizonte B, bien por la existencia de una capa freática próxima a la superficie.

Dentro de la primera podemos considerar especies indicadoras de un principio de pérdida de fertilidad y aumento de aridez, *Agrostis castellana*, *Santolina rosmarinifolia* y diversas especies del género *Artemisia*. Un grado más avanzado de degradación en este sentido lo constituyen *Corynephorus canescens*, *Helianthemum guttatum*, *Nardurus lachenalii* y *Rumex acetosella*.

Si el suelo se está acidificando progresivamente, suelen aparecer especies del tipo *Ilex aquifolium*, *Festuca rubra*, *Asphodelus albus* y *Deschampsia flexuosa*. Estas especies, características de los montes de coníferas, no indican acidez excesiva. Mayor peligro y señal de que la acidificación ocupa etapas más avanzadas lo constituyen la aparición de *Nardus stricta* y, sobre todo, *Calluna vulgaris*, *Erica cinerea* y *Vaccinium myrtillus*.

La permeabilidad defectuosa suele venir acompañada de especies del tipo de *Molinia coerulea*, *Agrostis alba* y *Deschampsia coespitosa*. El en-

charcamiento más prolongado está caracterizado por *Erica tetralix*, *Drosera rotundifolia* y especies de los géneros *Carex* y *Sphagnum*.

Si la roca madre es rica en carbonato cálcico, existen fundamentalmente dos tipos de evolución. Uno, consecuencia típica de la erosión y pastoreo excesivo, y otro, que tenga su origen en una permeabilidad muy deficiente del suelo o en la existencia de una capa freática.

La primera es la característica de la garriga mediterránea con una primera etapa caracterizada por las especies *Festuca duriuscula*, *Bromus inermis* y *Brachypodium pinnatum*, y otra posterior, mucho más degradada, significada por especies del tipo de *Genista scorpius*, *Brachypodium ramosum*, *Asphodelus cerasifer* y *Euphorbia* sp. p.

La segunda suele estar representada, en su primera fase, por la aparición de *Festuca arundinacea*, *Holcus lanatus* y *Ranunculus repens*, mientras que son especies indicadoras de sitios encharcados los grandes *Carex*, *Phalaris arundinacea*, *Juncus effusus* y *Phragmites communis*.

En general, un estudio de la vegetación de la zona, fundamentalmente de las especies herbáceas (mucho más representativas) servirá para completar las consecuencias que, sobre las características del suelo y evolución del mismo, hayamos deducido de los resultados del análisis y del estudio del perfil.

RESUMEN GENERAL

Con el fin de concretar lo que hemos venido exponiendo a lo largo de este trabajo, vamos a resumir todo él en unas conclusiones o normas cuya aplicación juzgamos de interés.

1.^a Todo estudio de una estación debe abarcar una triple vertiente: estudio de las actuales propiedades del suelo, estudio de las condiciones climáticas e investigación sobre las posibles variaciones ambientales debidas a posterior evolución del suelo.

2.^a Para estudiar el suelo de una zona es preciso dividir ésta en grandes parcelas y estudiar, por separado, cada una de ellas, muestreando los lugares de características medias dentro de cada zona.

3.^a Es preciso realizar un estudio detallado del perfil del suelo y efectuar análisis de cada uno de los horizontes del mismo.

4.^a Los resultados de los análisis habrán de venir normalizados de acuerdo con los datos indicados en el apartado 2, y se referirán, al menos, a textura del suelo, materia orgánica, carbonatos cálcico y magnésico, pH y existencia apreciable de sales solubles.

5.^a Conocidos los resultados de los análisis, se deducirán a partir de ellos las consecuencias oportunas en cuanto a permeabilidad, abundancia o escasez de calcio, reacción del suelo y grado de influencia de las sales solubles existentes.

6.^a Los datos meteorológicos habrán de tomarse de aquellos observatorios que, estando próximos a la zona de estudio, tengan las mismas características que ella en cuanto a altitud y orientación.

7.^a Los datos meteorológicos utilizados serán la media aritmética de observaciones efectuadas en los últimos veinticinco años.

8.^a Se calcularán los índices de Dantín-Revenga, evapotranspiración potencial mensual e índice hídrico anual.

9.^a El clima se definirá en triple forma, según las clasificaciones dadas y a partir de los índices citados anteriormente.

10.^a En cada zona se hará una ficha o cuadro, análogo al citado en

páginas atrás, y en el que pueda estudiarse el régimen hídrico a que están sometidos los vegetales a lo largo del año.

11.^a Si se trata de un cultivo forestal, se calculará el índice de Paterson u óptimo de posibilidad de un monte normal en aquellas circunstancias climáticas:

12.^a Si se trata de cultivos pastorales se especificará el número de horas anuales de insolación y, si procede, se deducirán las consecuencias oportunas.

13.^a La investigación sobre una posible evolución del suelo se hará:

a) Por estudio del perfil y su factible modificación ocasionada por una vegetación acidificante.

b) Por la evolución en suelos inmaturos, que se prevé de acuerdo con la fórmula de drenaje calculado.

c) Por estudio de la vegetación existente en la zona.

RÉSUMÉ

Afin de concrétiser tout ce que nous avons exposé au long de ce travail, nous allons le résumer en quelques conclusions ou normes dont l'application nous semble intéressante.

1.° Toute étude faite d'une station doit avoir une triple orientation: étude des propriétés actuelles du sol, étude sur les conditions climatologiques, et investigation sur les variations possibles d'ambiance, dûes à une évolution postérieure du sol.

2.° Pour étudier le sol d'une zone, il est nécessaire de diviser celle-ci en de grandes parcelles et les étudier séparément, prenant des échantillons dans les endroits des caractéristiques moyennes de chaque zone.

3.° Il est indispensable de réaliser une étude détaillée du profil du sol et d'effectuer des analyses de chacun de ses horizons.

4.° Les résultats des analyses devront être normalisés d'accord avec les données indiquées dans le point n.° 2 et devront se rapporter tout au moins à: texture du sol, matière organique, carbonates de calcium et de magnésium, pH, et une certaine présence de sels solubles.

5.° Une fois les résultats des analyses connus, on déduira, d'après eux, les conséquences opportunes quant à la perméabilité, l'abondance ou la rareté de calcium, la réaction du sol et le degré d'influence des sels solubles existants.

6.° Les données météorologiques devront être prises dans les observatoires qui, en plus de leur proximité de la zone d'étude, en auront les mêmes caractéristiques quant à l'altitude et l'orientation.

7.° Les données météorologiques employées seront la moyenne arithmétique des observations effectuées dans les vingt cinq dernières années.

8.° On calculera les indices de DANTIN-REVENGA, évapotranspiration potentielle mensuelle et indice hydrique annuel.

9.° Le climat se définira en triple forme d'après les classifications données et à partir des indices que nous venons de citer.

10.° Dans chaque zone on devra faire une fiche ou tableau, analogue à celui antérieurement cité, et dans lequel on puisse étudier le régime hydrique auquel sont soumis les végétaux au cours de l'année.

11.° S'il s'agit d'une culture forestière, on devra calculer l'indice de PATERSON ou l'optimum de revenus d'une forêt normale dans les dites circonstances climatologiques.

12.º S'il s'agit de cultures pastorales on devra spécifier le nombre annuel d'heures d'insolation et, si nécessaire, on en déduira les conséquences qui s'en dégagent.

13.º L'investigation sur une possible modification du sol, se fera :

- a) Par l'étude du profil et sa faisable modification provoquée par une végétation acidifiante.
- b) Par l'évolution en des sols non mûrs, que l'on prévoit d'accord avec la formule de drainage calculé.
- c) Par l'étude de la végétation existante dans la zone.

SUMMARY

The conclusions obtained in our work can be summarized in the following rules:

- 1) The characterization of any site must be approached on three ways:
Study of present soil properties, climatological conditions, and an investigation on the possible variations of environment, owing to a posterior evolution of soil.
- 2) To study the soil of an area, it is necessary to divide it in large zones, which must be studied on separate way. The sampling will be carried out at representative points of the average characteristic of each zone.
- 3) It is necessary to do a detailed study of soil profile as well as to analyse all the horizons of the profile.
- 4) Results of analysis must be given according to 2), and should include at least: soil texture, organic matter, calcium and magnesium carbonates content, pH, and soluble salts.
- 5) Permeability of soil, calcium carbonate content, soil reaction, and ratio of influence of soluble salts can be deduced from the results of analysis.
- 6) Meteorological data must be taken from observatories situated next to the area and at similar altitude and orientation.
- 7) Meteorological data to use, must be the arithmetic mean of the last twenty five years.
- 8) The Dantin-Revenga index, monthly potential evotranspiration index, and annual rainfall index must be calculated.
- 9) The definition of climat will be of three kinds, according to above classifications and taking on account the given index.
- 10) For each zones, a record must be taken in order to study the annual rainfall on plants.
- 11) In case of a forestry culture, Paterson's index, or the maximum forest income with such climatological conditions, must be calculated.
- 12) Referring to a pastoral utilization of the land, must be recording the annual insolation, and, if necessary, to deduce the corresponding conclusions.
- 13) On the following basis, a possible modification of soil must be detected:
 - a) Studying the profile of the soil and its possible modification by a acidifying vegetation.
 - b) By means of the foreseen soil evolution according to formula of drainage.
 - c) Studying the vegetation of the area.

