

CLASIFICACIONES Y TIPOS DE SUELOS. I

por

JOSE M.^o ALBAREDA HERRERA Y ANGEL HOYOS DE CASTRO

Hay que suponer fundadamente, que el suelo, del que dice Braungart (1) que no es otra cosa que la destrucción de rocas antiguas para por transformación formar otras nuevas, ha sido conocido desde muy antiguo. La existencia de fósiles de plantas y animales, acusada por la Paleontología, nos indica la presencia de animales y plantas condicionada necesariamente por la presencia del suelo.

Consideraciones que se deducen de la Historia permiten suponer, que ya en la más remota antigüedad, existía una cierta clase de cultivo del suelo, si bien de una naturaleza primitiva.

En un principio, el suelo se considera exclusivamente como medio de producción, y de ese modo resulta que, incluso los pueblos antiguos, egipcios, griegos y romanos, carecían de los fundamentos científicos necesarios para un conocimiento crítico profundo del suelo, de su esencia, de su formación y de sus cualidades. El juicio de éstas se obtenía casi solamente mediante la ayuda de los sentidos del gusto, sabor y olor; al mismo tiempo empezaría la designación de los suelos con arreglo a los constituyentes principales, fácilmente reconocibles.

Columella, habla ya de la dificultad de la ciencia del suelo y del aprovechamiento agrícola de los terrenos. Diferencia los suelos en grasos, magros, tenaces y blandos; Virgilio habla también de la diferenciación que puede tener el que al introducir un pedazo de hierro se origine o no, herrumbre; quizás tenemos aquí un primer paso en la concepción de la acidez del suelo.

Si bien, al color del suelo parece ser que no le concedieron una importancia decisiva, Hesiodo y Virgilio, indican que los terrenos fértiles están constituidos por suelos negros.



Herrera (2) considera que la tierra es uno de los cuatro elementos : es fría y seca y puede ser, según sus sitios y disposiciones, de llanos, valles o montes, pudiendo estar en éstos, bien sea en las laderas, bien sea en la cima. Según su concepción, los valles tienen un suelo más grueso que los llanos y éstos más que las laderas, porque de éstas y de las alturas, derivan continuamente la sustancia y virtudes hacia abajo ; por ellos, son mejores las heredades al pie de la cuesta, que no en las laderas o en los altos.

Diferencian los suelos en gruesos, fértiles, muy buenos ; estériles o muy malos ; o de cualidades intermedias. Además, son muy calientes o muy fríos, o templados, no por su calidad, sino por la participación del aire caliente, frío o templado. Dice también que el color no basta para determinar acerca de la bondad de las tierras y que éstas son buenas, cuando son pegajosas, blandas y no arenosas, lo que se prueba tomando un terrón pequeño, mojándolo y amasándolo entre los dedos ; si se pega la masa, es buena y gruesa. Es necesario que no sean barrizales de oleros, o arcillas, pues éstas, aunque pegajosas, son demasiado duras y secas.

Otras señales que indican que las tierras son buenas, son : que estén bien cubiertas de grama y hierba ; que beban pronto el agua ; que si se cava un hoyo y al cabo de dos o tres días se vuelve a echar la misma tierra, no quepa ; que nazcan aguas dulces de buen sabor, aunque sean gruesas ; las que son dulces, lo que se puede colegir del agua que en ellas nace, o bien, de ponerlas en agua y ver qué sabor tiene ésta después.

También indica la manera de poder diferenciar las tierras por las plantas que en ellas viven.

Habla de la manera de mejorar las tierras mediante el regadío y el desecado, mediante canales ; el barbecho ; la incorporación de otras tierras y estiércol ; y las plantas que conviene cultivar según sea la tierra. Trata de las cualidades que han de tener las tierras para plantación de viñas, árboles, etc.

Según Neuss (3), el conde Franz Philipp, al principio del siglo XVIII, divide los suelos en calientes y secos, o fríos y húmedos, en ligeros o pesados, o bien, fuertes, fijos o magros. Hacia el mismo tiempo, Rohr divide los suelos en rocosos, arcillosos, arenosos y suelos diversamente coloreados. Según Neuss y Giesecke, éstas serían las primeras clasificaciones de suelos en Alemania.

Hacia la mitad de este siglo, Linneo, el gran sistemático de la Botánica, presenta también una diferenciación entre las siguientes clases de suelos: Tierras de jardín (*humus daedalea*), tierras negras de campo (*humus ruralis*), tierras pantanosas, tierras fangosas y de estanques (*humus latum*), limo amarillo (*argilla tumescens*), arena de campo, arcilla común (*argilla communis*), arcilla de alfarero (*argilla figulina*), margas (*argilla marga*), calizas (*calx effervescens solubilis*), tierras pantanosas (*humus pauperata*), arena volandera (*arena movilis*), tierras metálicas u ocre (ochra), tierras rocosas y rocas.

También Valerius, que vivió por el mismo tiempo, se ocupó de la clasificación de los suelos.

Hirsch, en el año 1765, da una clasificación de los suelos, en la cual los divide en negros o grises, limosos, arenosos, rocosos, rojos y arcillosos. Fué característico para él la naturaleza de las plantas que crecían en esos suelos, así como en un grado determinado, las propiedades físicas de los mismos.

Zeiger, dividió los diferentes tipos de suelos comparándolos con el temperamento de los hombres, y así había para él, suelos sanguíneos o neutros, coléricos o limosos, melancólicos o arcillosos y flemáticos o arenosos. Según Nolte (4), Lampadius dividió los suelos en: a), silíceos, áridos, grasos o rocosos; b), arcillosos, magros, limosos, ocre o negros; c), calizas, áridos o grasos; d), tálquicos; e), suelos mezclados.

Se puede, por lo tanto, decir que hasta el principio del siglo XIX, la división y clasificación de los suelos, sólo estuvo en sus principios. También Davy (5), que según los ingleses se puede mirar como el fundador de la Química Agrícola, considera improcedente una clasificación, y él considera sólo arenosos, arenoso-calizos, arcillas, limos y suelos turbosos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—*Braungart, R.*—Die Wissenschaft in der Bodenkunde. 57, Berlín u. Leipzig, 1876.
- 2.—*Herrera, A.*—Agricultura General, 1620.
- 3.—*Neuss, O.*—Die Entwicklung der Bodenkunde von ihren ersten Anfängen bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. Internat. Mitt. Bodenkde. 4, 454 (1941).
- 4.—*Nolte, O.*—Zur Geschichte der Theorien der Pflanzenernährung und Düngung. Ernährung der Pflanze, 1926. Nr. 17.
- 5.—*Davy, H.*—Elemente der Agrikulturchemie.

CLASIFICACIONES GEOLOGICO-PETROGRAFICAS

Thaer (1), es el primero que establece una clasificación con fundamento científico. En una publicación del año 1811, pone las bases para su clasificación posterior de suelos, pues caracteriza éstos por sus partes constituyentes principales y según los valores de producción. En 1821 aparece su sistema de clases, en el cual se encuentra además de los constituyentes principales del suelo, arena, arcilla, caliza y humus, también otras circunstancias, como profundidad de la capa arable, subsuelo, posición y clima. Además, indicó para cada clase el rendimiento bruto y neto y el coste del laboreo, de donde deduce determinados valores de relación que cada uno significa un múltiplo del valor de cada fanega de centeno. De este modo colóca él, por ejemplo, en los suelos arcillosos cuatro clases; igualmente en los arenolimosos y limoarenosos, mientras los suelos arenosos y limosos constan de tres y los humosos de cuatro. Los suelos calizos quedan desconocidos. Para esta subdivisión en clases, fué decisivo el predominio de una u otra parte constituyente del suelo: como, arcilla, arena, etc. Finalmente, indicó para cada clase de suelos los frutos principales; como trigo, cebada, etc.

Este sistema de fundamento científico, en el cual están expresadas las denominaciones de las propiedades más importantes de los suelos para la práctica, ha podido prevalecer en su fondo hasta hoy, tanto teórica como prácticamente. Se le ha reprochado, sin embargo, la falta de excluir la significación de la geognosia para la ciencia del suelo.

La clasificación de Thaer puede ser considerada como físico-química, ya que las partes constituyentes principales que él considera, roca, arcilla y arena, condicionan, en primer lugar, las propiedades físicas del suelo, mientras que los constituyentes caliza y humus, influyen principalmente en las propiedades quí-

micas ; por otra parte, las primeras también influyen en estas propiedades químicas. Hay que considerar también, que las clasificaciones que atienden a un sistema geológico-petrográfico están unidas con las físico-químicas por un gran número de lazos, ya que las rocas, a partir de las cuales se forman, por erosión, los suelos minerales, influyen sobre las propiedades físicas de éstos.

Senft (2) y Detmer (3) muestran una bifurcación de clasificaciones : las naturales, fundadas en propiedades físicas, químicas o en caracteres petrográficos, y las económicas, basadas en la producción.

CLASIFICACIONES PETROGRAFICAS

Hausmann (4), en una conferencia dada en la Academia Imperial de las Ciencias, de Göttingen—en latín— el 28 de mayo de 1818, expuso los fundamentos geológicos de las ciencias agrícola y forestal y dió la primera clasificación de bases petrográficas. Agrupa los suelos en ocho clases.

1.^a Los formados sin haber sufrido apenas descomposición química : Lavas vítricas, cuarzo, pizarras silíceas, pórfiro cuarcífero, arena cuarzosa ; material consistente que ha sido sólo desintegrado mecánicamente y en el cual quedan trozos de rocas, dando suelos estériles en su mayoría, no existiendo más que algunas clases de árboles y arbustos.

2.^a Los derivados de formaciones calizas compactas, antiguas y modernas ; más atacados que los anteriores lo son, sin embargo, escasamente ; cuando se descomponen por acción del agua carbónica e incluyen algo de arcilla, se originan suelos fértiles, pero frecuentemente se mantienen las rocas compactas estériles.

3.^a Son originados de las formaciones calizas menos compactas, de las cretas y de yesos. En grado más favorable, presentan estos suelos los caracteres de los del grupo anterior. Para los suelos de esta clase, es más favorable un clima húmedo que seco.

4.^a Suelos procedentes principalmente de basaltos y rocas análogas ; la descomposición de estas rocas da suelos fértiles, oscuros, preferidos para el viñedo, por ser a menudo, calientes.

5.^a Las rocas originarias son granito, neis, sienita, piedras verdes, pizarra micácea ; mientras el cuarzo, la mica, la hornblenda resisten a la descomposición, el feldespato potásico al descomponerse, provee de este alimento a la vegetación. Estos suelos reúnen, por lo tanto, física y químicamente, las condiciones apropiadas de fertilidad. Los que más fácilmente proporcionan suelos fértiles, son los que provienen de granito y neis, con tal que no predomine el cuarzo demasiado ; sus partes constituyentes están en una relación, por lo general, apropiada para la vegetación, y su constitución es lo suficientemente floja para el aprovechamiento de la humedad. A éstos, sigue la sienita, rica en hornblenda y los más fáciles de transformar son las piedras verdes ; en las rocas pizarrosas cristalinas, se encuentran las pizarras micáceas y el neis, pero la falta en ellas del feldespato trae como consecuencia, que den suelos menos fértiles.

6.^a Las pizarras arcillosas, se abren y dividen en láminas, que se van fraccionando, originando con frecuencia, suelos fértiles, sobre todo si tienen caliza ; cuando tienen color oscuro, como lo presentan ordinariamente estas clases de pizarras, se calientan bastante y originan suelos ventajosos para el cultivo de la vid.

7.^a Los agregados de gravas y guijarros distintos, se sueltan con distinta facilidad según el medio que los cementa, fácilmente si es arcilloso o caliza y difícilmente cuando predomina el cuarzo. Dan suelos cuya bondad depende de su composición ; pueden ser suelos fértiles por su arcilla o caliza o pobres si predominan arenas cuarzosas.

8.^a Los suelos procedentes del material que se desmorona fácilmente : variedades poco compactas de margas, pizarras arcillosas, tobas basálticas o volcánicas. Las margas pueden, según las diferentes relaciones de su constituyentes, dar suelos de muy distinta fertilidad, elevándose ésta con la cantidad de caliza ; las tobas basálticas y volcánicas forman ordinariamente suelos mezclados, corrientemente muy fértiles, sobre todo cuando están mezclados con gran cantidad de materia orgánica.

En esta clasificación se destaca no sólo la composición de los materiales originarios y resultantes, sino la distinta facilidad que las rocas presentan a la erosión.

Hundeshagen (5) desarrolla una clasificación geológica detallando más el carácter petrográfico del material originario ;

Estas distintas clases de suelos se agrupan en cuatro secciones principales, según la fertilidad y la vegetación. En los suelos que llama *muy fuertes*.—procedentes de formaciones calizas, yesos, margas, lavas, gabras, serpentina, pizarras, arcillas, de cloritas y talcos, etc.—crecen las especies leñosas más exigentes, sin gran necesidad de materia orgánica; y una vegetación herbácea, exuberante. Las especies más sobrias escasean.

En los suelos *medios*, procedentes de pizarras arcillosas ricas en cuarzo, de granito y neis, pizarras silíceas, grauvacas, ectétera, los árboles más exigentes requieren para su desarrollo completo más materia orgánica. Las especies sobrias son frecuentes.

En los suelos *débiles* procedentes de distintas areniscas, el desarrollo vegetal depende en sumo grado de la materia orgánica presente; no existen fresnos, olmos, arces, sólo en algunas zonas se dan las hayas, tilos, abetos, pinos. Dominan matorrales con brezos y retamas.

Los suelos *muy débiles*, son las formaciones de granos de arenas, con vegetación pobre, escasamente desarrollada o nula.

Las clasificaciones de Hausmann y Hundeshagen dejan sin considerar una serie de factores que son importantísimos en la formación del suelo, y por ello, son incompletas. El influjo del clima en la formación de suelos de erosión, fué para ellos casi desconocido, así como casi despreciada también la acción de los restantes factores de formación. Se reconoce sin embargo, que suelos originados por la misma roca, pueden ser diferentes si varían las circunstancias y que diferentes rocas pueden dar lugar a suelos totalmente análogos en sus propiedades y su comportamiento.

CLASIFICACIONES GEOLOGICAS

Con objeto de obviar esta dificultad se introduce en la clasificación de los suelos, al lado del concepto puramente petrográfico, el genético o geológico, y se distingue entre los suelos puros de erosión y suelos de depósito, entendiéndose por los primeros, los formados in situ por erosión de las rocas allí existentes, mientras que en los segundos, las partes constituyentes han sido arrastradas por el agua, viento o glaciares. Se denominan los

primeros, suelos in situ o suelos eluviales y los segundos, suelos de arrastre o coluviales, pudiendo ser éstos sedimentarios, glaciales o eólicos.

Schübler, en 1830; en su crítica y división de los suelos, hizo suyo el sistema de clasificación geológico—petrográfico de Hausmann y Hundeshagen. Sin embargo, cree que la clasificación de Thaer es más regular y más importante que la clasificación geognóstica, y la defiende diciendo que los suelos se pueden subdividir más fácilmente atendiendo a sus partes constituyentes que por su procedencia geológica. Reconoce claramente, que los suelos se pueden dividir tanto por sus propiedades físicas como por su composición química, por su procedencia geológica, o por su comportamiento económico y que cada una de estas clasificaciones, tienen sus ventajas y sus inconvenientes. Si bien Schübler, da la preferencia a la clasificación basada en los granos de las partes constituyentes y la posibilidad del laboreo, reconoce el gran influjo que la clase de montaña ejerce sobre los suelos obtenidos a partir de ella. Schübler, dice que en cada descripción de suelo, se debe hacer constar su relación geológica, pues así se aclara su comportamiento químico.

Sprengel (7), ha considerado los distintos caracteres que pueden agrupar los suelos.

Establece la división fundamental de suelos diluviales, aluviales y de erosión, que pueden desarrollarse luego, por sucesivas divisiones, en órdenes, especies, variedades, subvariedades; pero juzga superfluo este desarrollo e innecesario variar las denominaciones existentes; por eso, divide los suelos en doce grupos principales: de grava o gujarros, arenosos, limosos, arcillosos, calizos, margosos, humosos, turbosos, pantanosos, de talco, yesosos y férricos, grupos que luego subdivide según sus constituyentes principales y su vegetación espontánea o cultivada. También agrupa los suelos originados por las distintas rocas, según su fertilidad, riqueza media o pobreza. En los fértiles incluye distintas clases: suelos de margas, de algunas calizas, lavas, basaltos, gabros, serpentina y areniscas cimentadas por margas.

En los de riqueza media, los procedentes de granito, neis, pizarra arcillosa, grauvaca, pizarra micácea y arenisca con cemento arcilloso.

Y en los pobres, los derivados de muchos conglomerados, areniscas conchíferas, areniscas cementadas por hidróxido férrico

te estos suelos y de qué rocas proceden. Al mismo tiempo indica la importancia de saber, para el juicio del comportamiento de los suelos, a partir de qué roca madre provienen. Estos conocimientos tuvieron tanta importancia como la investigación precisa del suelo mismo. Hay que tener cuidado, sin embargo, en las consecuencias que se deducen de esta relación, entre la roca y el suelo, ya que para la vegetación, no aparece ésta exclusiva, sino también tienen importancia los constituyentes a partir de los cuales, está el suelo formado. Para los suelos aluviales, niega Trommer a la clasificación geológica su empleo. Aquí debe y puede ser empleada otra clase de división. También Trommer agrupa los suelos según su posición y formación, en suelos de montaña, de valle o de pradera y de arrastre (fluvial o de lago).

CLASIFICACION DE FALLOU

La dirección geológica en la caracterización de los suelos, culmina en la clasificación de Fallou. Comprueba la inconsecuencia y las numerosas contradicciones existentes en las divisiones anteriores de los suelos, en las cuales se atendía ya a la situación, ya a los constituyentes, ya a determinadas propiedades como bases principales para ellas, y todavía, muchas veces, la cantidad de clasificaciones venía acrecida por nombres locales y de utilización práctica. No sin razón pudo decir que se confundía corrientemente la cosa con el nombre, el conocimiento con la forma y propiedades, mientras se pensaba clasificar. Las descripciones de suelos humosos, limosos y arcillosos, podrían ser válidas, con tal que se determinase precisamente su concepto y su límite respectivos. Además, caracterizan solamente algunas propiedades, tales como producción, etc., pero sin dar una verdadera noción de la naturaleza del terreno. Los nombres, tales como suelos humosos-arcillosos, son tan poco científicos como las designaciones de los suelos según su utilización o su clase de cultivo. Pero aquí parece ir Fallou excesivamente lejos y así, dice que los suelos arcillosos sólo pueden producirse por erosión, mientras que reconoce como suelos limosos, aquéllos formados por aluvión y que tienen sílice como constituyente principal y la alúmina y el hidróxido férrico, como parte secundaria. No reconoce fundamento científico tampoco en el sistema físico-químico de clasificación de Thaer.

Fallou clasifica los suelos así :

- 1.ª clase.—Suelos formados in situ (suelos primitivos o eluviales).
- I.—Suelos cuarzosos (formación de los suelos silíceos primitivos).
- 1.—Suelos de rocas cuarcíticas.
 - a) Suelos cuarcíticos.
 - b) Suelos de pizarras silíceas.
 - 2.—Suelos de conglomerado cuarzoso.
 - a) Suelos de conglomerados cuarzosos, rojos.
 - b) Suelos de conglomerados cuarzosos, grises.
 - 3.—Suelos de arenisca cuarzosa.
 - a) Suelo de arenisca. Variedad : arenisca Jura y Lías.
 - b) Suelos de arenisca grauvaca.
 - c) Suelos de arenisca abigarrada.
 - d) Suelos de areniscas rojas.
- II.—Suelos de arcillas (formación de suelos arcilloso-silíceos primitivos).
- a) Suelos de arcilla o de tobas porfíricas.
 - b) Suelos de pizarras arcillosas.
 - c) Suelos de pizarra de grauvaca.
 - d) Suelos de pizarra margo-arcillosa.
- III.—Suelos de micas (formación de suelos silíceo-arcilloso-tálquicos primitivos).
- a) Suelos de pizarra micácea.
 - b) Suelos de neis.
 - c) Suelos de pizarra micáceo-cálcica.
 - d) Suelos de pizarra clorítica.
- IV.—Suelos de feldspatos (formación de suelos silíceo-potásicos-arcillosos primitivos).
- a) Suelos graníticos.
 - b) Suelos granulíticos.
 - c) Suelos sieníticos.
 - d) Suelos porfíricos.
 - e) Suelos craquíticos.
 - f) Suelos fonolíticos.
- V.—Suelos de caliza y talco-cálcicos (formación de suelos talco-cálcicos y de suelos calizos primitivos).
- a) Suelos de caliza del Jura y conchífera. Variedad : suelos de conglomerados calizos y creta.
 - b) Suelos dolomíticos del Jura. Variedad : suelos dolomíticos.
- VI.—Suelos de augita y hornblenda (formación de suelos silíceo-férrico-arcillosos-talco-calizos primitivos).
- a) Suelos de basalto. Variedad : suelos de conglomerados de basaltos, de lava basáltica y doleritas.
 - b) Suelos de piedras verdes.
 - c) Suelos de serpentina.

- 2.ª clase.—Suelos de depósito (suelos secundarios, aluviales).
- I.—Suelos silíceos (formación de suelos silíceos aluviales).
 - 1.—Suelos de sílice o suelos arenosos silíceos puros.
 - 2.—Suelos de silicatos o suelos silíceos comunes.
 - a) Suelos oscuros silíceos comunes; guijarrosos. Variedad: arena gruesa.
 - b) Arena silícea común.
 - II.—Suelos margosos (formación de suelos arcillo-calizo-aluviales).
 - a) Suelos margoso-calizos.
 - b) Suelos margoso-arcillosos.
 - c) Suelos margoso-arenosos.
 - d) Suelos margosos de loes o talco.
 - III.—Suelos limosos (formación de suelos silíceos-arcillosos-férricos).
 - a) Suelos limosos comunes. Variedad: suelos limoso-arcillosos, limoso-micáceos.
 - b) Suelos arcillosos.
 - IV.—Suelos turbosos (formación de suelos silíceos-cálcicos-arcillosos-humínicos).
 - a) Suelos turboso-arcillosos.
 - b) Suelos turboso-braak.
 - c) Suelos turboso-calizos. Variedad: suelos turbosos de loes.
 - d) Suelos turboso-arenosos.

SECCION ESPECIAL

Formaciones especiales

- 1.—Escoria y cenizas volcánicas.
- 2.—Bloques y cantos de glaciares.
- 3.—Depósitos de los ríos.
- 4.—Yacimientos turbosos.

En este trabajo de Fallou se puede reconocer su construcción lógica. Primeramente, distingue perfectamente entre los suelos de erosión formados in situ, que designa como primitivos, y los procedentes de aluvión. Estos últimos comprenden los de formaciones geológicas antiguas (diluviales) y los que pertenecen a formaciones más modernas (aluviales).

Los suelos de erosión los divide después mineralógicamente en géneros y especies. En cada género aparece como parte fundamental un mineral o una materia elemental. Este mineral principal puede ir acompañado de otros secundarios que permiten su división en especies o variedades; también atiende para el concepto de género a la edad de la formación del suelo.

De un modo análogo divide los suelos de aluvión y todavía establece una sección especial para formaciones que no pueden

entrar en las otras dos, en las cuales no se reconocen los minerales destruidos y que pueden considerarse como producto de la actividad viviente de los animales y de las plantas.

El pensamiento regulador para Fallou, en su clasificación, es que los suelos de transformación se forman al mismo tiempo uno al lado del otro, mientras que los de depósito lo hacen uno tras otro y en diferentes capas y que por ello, estos últimos se pueden distinguir primero geológica y luego mineralógicamente. Hace resaltar que de su clasificación no se puede deducir ninguna consideración acerca de la calidad y valor de los diferentes suelos, ya que muchos de éstos, esencialmente diferentes, concuerdan en ello y, por el contrario, otros que son muy semejantes, difieren mucho en estas propiedades; por ejemplo, los suelos graníticos cementados o rocosos no se diferencian científicamente apenas, mientras que existe esa diferencia muy acusada desde el punto de vista agrícola. Fallou indica que su clasificación se separa fuertemente de las agrícolas existentes hasta entonces, pero que a él no se le puede reprochar nada. Consiste en todo caso en que los suelos de erosión deben tomar el nombre de su roca madre; luego, aun en la mayor diferencia, queda la clase del suelo correspondiente en relación con su roca madre, solamente que ésta se encuentra en diferentes grados de transformación.

A partir de la clasificación de Fallou es evidente que no tienen fundamento los reproches que se le han dirigido, por ejemplo por Vossler y Braungart, de que atiende demasiado a la formación y poco la petrografía; casi resulta lo contrario cuando se comprueba que terrenos tan distantes geológicamente como los suelos de Jura y de Liass él los designa conjuntamente como provenientes de rocas arenoso-cuarzíferas. Otro es el caso en los suelos de depósitos donde ha atendido para su clasificación a la edad geológica.

Según Fallou se puede considerar que los suelos pueden provenir de las siguientes formaciones fundamentales: granito, neis, pizarras arcillosas y micáceas, calizas, dolomita, rocas arenosas, pizarras de grauvaca, basalto, sienita, granulita, pórfiro, traquita, serpentina y pizarras de cuarzo, silíceas, de clorita y de hornblenda; las seis primeras son las más importantes.

A partir de ellas se formarían las siguientes clases de suelo: 1.º, suelos de granito; 2.º, suelos de sienita; 3.º, suelos de

neis ; 4.º, suelos de pizarras micáceas ; 5.º, suelos de pizarras arcillosas ; 6.º, suelos de pizarras arcilloso-margosas ; 7.º, suelos de roca arcillosa ; 8.º, suelos de cuarzitas ; 9.º, suelos de conglomerados cuarzosos ; 10, suelos de pizarras silíceas ; 11, suelos de pizarras de grauvaca ; 12, suelos de pizarras de clorita ; 13, suelos de rocas arenosas de grauvaca ; 14, suelos de rocas arenosas rojas ; 15, suelos de piedras verdes ; 16, suelos de serpentina. Todas estas clases son diferentes entre sí, bien en algún mineral, bien en la proporción en que entran. Da después otras ocho clases, las cuales son variedades de forma y no de sustancia.

Los suelos derivados de una u otra de estas rocas, pero la mayor parte de las veces de varias de ellas, son las siguientes : 1.º, suelos limosos ; 2.º, suelos arcillosos ; 3.º, suelos arenosos ; 4.º, suelos de margas calizas ; 5.º, suelos de margas arcillosas ; 6.º, suelos de margas de loes ; 7.º, suelos pantanosos arcillosas ; 8.º, suelos pantanosos braak ; 9.º, suelos pantanoso-arenosos ; 10, suelos arenosos silíceos (de cantos rodados) ; 11, suelos margoso-arenosos ; 12, suelos pantanoso-calizos.

Para el juicio de las clases de suelos concede Fallou gran valor al grado de erosión existente y según el mayor o menor grado busca la manera de clasificarlos por su contenido en tierra fina.

Con estos estudios de Fallou iniciados en «Anfangsgründe der Bodenkundé», en 1857, y los de otros autores, se introdujo la Geología en la Ciencia del Suelo, la que aún tomó más incremento con la aparición del libro de Bischof (11) sobre la Geología física y química. De las obras aparecidas inmediatamente después de Fallou y que buscan la unión entre Geología y Ciencia del Suelo, citaremos las de Grebe (12), Heyer (13), Cotta (14), Bennigsen-Förder (15), Senft (16), Girard (17), Meitzen (18), Vossler (19) y Wolff (20).

Girard desarrolla una clasificación en todo análoga a la de Fallou, si bien indica que para los suelos de depósito convendría buscar otro tipo de clasificación, por ejemplo, económico.

También Vossler dice que en las rocas sedimentarias y en los suelos de ellas derivados, se encuentran materiales de las clases más diferentes, y que, por lo tanto, no se puede hablar de un carácter mineralógico homogéneo ; al mismo tiempo, la composición y el carácter químico de estos suelos son muy dife-

rentes. Propone basar la clasificación en el carácter químico de las partes minerales constituyentes y así se pondría en un extremo los de carácter básico, caliza y dolomita, en el otro arcilla y arena, y en medio las margas. Vossler divide también las rocas originarias en ácidas, las ricas en sílice y álcalis (aciditas); y básicas (basitas), las que son pobres en sílice y ricas en alcalinotérreos y hierro; entre las primeras coloca el granito, neis, pizarras micáceas, pórfiro cuarzófero y traquita, mientras que a las básicas corresponden la sienita, pórfiro libre de cuarzo y basalto.

CLASIFICACIONES DE MAYER Y GREBE

Mayer (21), en su libro de química-agrícola, aparecido en 1871. divide los suelos en :

I.—Suelos originarios, es decir, suelos que están situados sobre la roca madre.

a) Formados a partir de una roca cristalina masiva.

1.º Suelos de feldespatos (proviene de granito, pórfiro, traquita, etc.).

2.º Suelos de augita y hornblenda (proviene de basalto, dolerita, melafiro, etc.).

3.º Suelos de mica (proviene de pizarras micáceas, neis).

b) Formados a partir de rocas de capas.

4.º Suelos de arenisca.

5.º Suelos arcillosos.

6.º Suelos calizos.

II.—Suelos de acarreo, es decir, los que no están situados sobre la roca madre.

7.º Suelos de cascote y guijarro.

8.º Suelos arenosos.

9.º Suelos arcillosos.

10. Suelos limosos (mezcla de los dos anteriores).

11. Suelos calizos (existen raramente de acarreo).

12. Suelos margosos.

Sin embargo, Mayer mismo dice que en esta clasificación no se puede expresar la facilidad de laboreo de un suelo y que no se

pueden caracterizar y diferenciar muy bien los suelos designados por las palabras arcillosos, arenosos, etc.; la misma diferencia existente entre suelos de acarreo y de erosión la liga Mayer no sólo a la calidad del terreno sino a la clase de su suelo y su comportamiento frente a la capa superficial.

Grebe clasifica los suelos de erosión a partir de la roca madre y deduce:

1.º Grupo de las rocas pizarrosas graníticas y cristalinas: granito, sienita, neis y pizarras micáceas.

2.º Grupo del pórfiro con pórfiro arcilloso, de hornblenda y de felsita.

3.º Grupo de rocas como diorita, diabasa, melafiro, basalto, fonolita y traquita.

4.º Grupo de conglomerados: pizarras arcillosas, grauvas, etc.

5.º Grupo de las areniscas.

6.º Grupo de las calizas.

7.º Grupo de pizarras arcillosas, margas.

Los suelos de depósitos los divide en:

1.º Cantos rodados depositados.

2.º Areniscas depositadas.

3.º Limos depositados.

4.º Suelos de vega.

5.º Formaciones pantanosas.

Grebe acentúa marcadamente que el carácter del suelo así como las fuerzas de cohesión del mismo está en estrecha relación con la calidad de la roca; así, por ejemplo, las rocas de feldespato, augita y hornblenda y aquellas en las que hay caliza y magnesia dan suelos con fuerzas minerales grandes, mientras que aquéllos en que predomina el cuarzo dan suelos pobres.

Según estas fuerzas cohesivas da Grebe la siguiente clasificación:

1.º Clases de suelos y montañas muy fuertes.

a) Basalto, diorita y tobas.

b) Los pórfiros arcillosos y melafiro, típicos.

c) Las calizas típicas que proporcionan unos suelos calizos, arcillosos o dolomíticos.

d) Las pizarras arcillosas típicas.

e) Los suelos de vega o prado.

2.º Clases de suelos y montañas fuertes.

a) Las variedades más fácilmente erosionables de granito, sienita, neis y pórfiros.

b) Las variedades de grauvaca con gran cementación.

c) Las areniscas típicas.

d) Las capas arcillo-margosas intermedias en las formaciones de calizas y areniscas.

e) Los depósitos de limo y los limos arenosos típicos.

3.º Clases de suelos y de montañas de fuerza media.

a) Los granitos menos ricos en feldespatos, neis, las pizarras micáceas gruesas.

b) Las grauvacas pobres en cementación.

c) Las pizarras arcillosas más duras y más cuarzosas.

d) El mayor número de areniscas.

e) Los suelos arenosos limosos.

4.º Clases de suelos y montañas débiles.

a) Los granitos y neis ricos en cuarzo, difícilmente erosionables y pizarras micáceas finas.

b) Los pórfiros viejos ricos en cuarzo.

c) Las variedades de grauvaca en conglomerados.

d) Las areniscas con mucho cuarzo como medio de unión.

e) Los depósitos de arena.

5.º Clases de suelo y montañas magras.

a) Los suelos obtenidos a partir de variedades de pórfiro cuarzífero, grauvaca, pizarras arcillosas, etc., sin ningún medio de unión, así como las arenas cuarzosas blancas.

b) Los suelos pelados calizos.

c) Los depósitos de cantos rodados.

d) Las arenas pobres de río.

e) Los depósitos de arcilla tenaces.

CRÍTICA A LAS CLASIFICACIONES GEOLÓGICAS

Detmer y Braungart rechazaron una caracterización de los suelos casi exclusivamente geológica.

De una misma roca, por ejemplo, el granito, según sea su grado de descomposición se originan arenas estériles o limos ricos. Pizarras arcillosas de grauvasca pueden ser ricas o pobres en cal y potasa. Braungart muestra los numerosos análisis de rocas y de los suelos derivados de esas rocas, realizados por Orth (22) y Wolff, en los que aparece claramente que de la misma roca proceden suelos de composición muy distinta. Son los suelos, no las rocas los objetos inmediatos de la clasificación. Se atacan también las clasificaciones geológicas porque no expresan propiedades fundamentales del suelo, que interesan a la agronomía.

A pesar de estas críticas no puede por menos de reconocerse cierto valor a la clasificación basada en un punto de vista geológico petrográfico, como lo demuestra el hecho de que el mismo Detmer ha dividido las rocas, especialmente desde el punto de vista de la formación del suelo, de la siguiente manera :

Rocas cristalinas.

1.º Rocas sencillas.

- a) Rocas haloideas : yeso, caliza, dolomitas, margas.
- b) Rocas silíceas : cuarcitas, pizarras silíceas, jaspe, etc.
- c) Rocas de silicatos : hornblenda, pizarras de clorita, talco, serpentina.

2.º Rocas compuestas.

a) Rocas masivas : granito, pórfiro granítico, pórfiro felsítico, sienita, pórfiro de ortoclasa libre de cuarzo, diorita, porfirita, melafiro, diabasa, gabro, traquita cuarzifera, fonolita, dolerita plagioclasa, anamesita, basalto plagioclasa, basalto nefelina.

b) Rocas en capas : neis, granulita, pizarras micáceas, pizarras arcillosas micáceas.

3.º Rocas clásticas.

a) Acumulados flojos : arena, cantos rodados, tobas volcánicas.

- b) Rocas arenosas.
- c) Conglomerados : grauvara.
- d) Brekzien.
- e) Rocas arcillosas : arcilla, limo, loes, tierra negra, arcilla pizarrosa, pizarra arcillosa.
- f) Tobas.

CLASIFICACIÓN DE FESCA

Fesca (23), en una ojeada a las clasificaciones existentes, habla de clasificaciones de tipo económico que atienden a las necesidades del terreno y de tipo científico. En este último caso, se pueden clasificar los suelos con arreglo a los constituyentes principales, a las plantas que viven sobre los suelos y desde un punto de vista geológico petrográfico ; además, pueden ser estos sistemas de clasificación, naturales o artificiales. Los primeros, resultan de las cualidades naturales y los segundos se basan en propiedades características y fáciles de determinar que condicionan su aprovechamiento. Según Fesca casi todas las clasificaciones hasta entonces existentes se pueden caracterizar como artificiales, siendo así que pueden ser totalmente independientes de las naturales que son las que nos darán el conocimiento perfecto sobre la naturaleza de los suelos.

Fesca quiere encontrar un sistema de división de suelos que sea científico y al mismo tiempo sirva para la agronomía. Se lamenta de la separación entre suelos generales y especiales y se propone superarla.

Para la obtención de un sistema natural cree que se debe acudir con Thaer a la división según los constituyentes principales ; ahora, que si bien está de acuerdo con éste en los seis grupos principales (suelos arenosos, limosos, arcillosos, calizos, margosos y humosos) no lo está en los subgrupos. Puesto que éstos se han hecho con arreglo a los frutos característicos de ellos, dice Fesca que se ha olvidado por completo el principio científico y físico y a esto atribuye el que, por reacción, se haya llegado a una clasificación puramente geológico-petrográfica. Hay que reconocer inevitablemente que existen suelos arenosos, por ejemplo, de diferente valor de cultivo y de capacidad de cosecha, y

esto sucede la mayor parte de las veces porque no resultan indiferentes al mineral del cual se ha formado la arena, esto es, si predomina en su composición la anfibolita, feldespatos, mica o cuarzo. Fesca deduce de aquí que las clases principales de Thaer se deben dividir sólo con arreglo a bases científicas, pero teniendo en cuenta los conocimientos progresivos sobre los suelos, principalmente el perfil, así como el influjo del lugar.

Fesca se pronuncia fuertemente en contra de un principio de división puramente geológico. La Geología quiere conocer en primer lugar la edad de cada capa y no le interesa su composición. Por eso los mapas geológicos representan, en primer término, la edad de los estratos, mientras que a las relaciones petrográficas se les otorga un interés secundario; así sucede que la extensión de una formación geológica puede pertenecer a las más distintas clases de suelos, como, por ejemplo, a los arenosos, limosos, arcillosos, etc. A pesar de que las formaciones petrográficas aisladas pueden tener diferente composición, esto no es frecuente.

Al petrográfico puro le reprocha que muchas veces sólo atiende al carácter de la roca madre y no a las condiciones de transformación y erosión. Claro es que él mismo reconoce que la Geología y sus ciencias auxiliares han prestado un gran apoyo a la ciencia del suelo y que no se las puede excluir al intentar estudiar la formación, utilización y división del suelo. Para él, el suelo es un término intermedio en la formación de rocas deuterógenas a partir de las rocas primitivas. Reconoce que la formación de los suelos tiene especial significación para su composición y depósito, y por ello los divide según su formación en suelos de erosión y de arrastre. De estos dos grupos principales, análogos por otra parte a los del sistema geológico petrográfico, es dividido el primero ulteriormente en *a)* rocas primitivas, *b)* rocas deuterógenas. Estas divisiones son necesarias porque existe una gran diferencia entre los suelos originados por erosión de las rocas o los formados por la erosión de rocas sedimentarias. Parece incomprensible porque ataca tanto Fesca a Fallou si luego da una clasificación basada en los mismos fundamentos.

Los grupos principales de Fesca se dividen después con arreglo a la composición del grano, esto es, según la clase de constituyentes principales correspondientes y la relación de sus mez-

clas. Para ello se apoyó en los resultados de las investigaciones sobre el suelo y en el análisis mecánico y describe los subgrupos de suelos arenosos, limosos, calizos, arcillosos y de cascotes. Aplica su sistema a la clasificación de los suelos del Japón.

OTRAS CLASIFICACIONES GEOLÓGICO-PETROGRÁFICAS

Hilgard (24) clasifica también los suelos desde un punto de vista geológico, de la siguiente manera :

1.º, suelos de erosión ; 2.º, suelos transportados ; 3.º, suelos eólicos. El segundo grupo lo divide en suelos aluviales y coluviales.

Liburnau (25) sigue el mismo camino para su división de suelos, pero habla solamente de suelos primitivos y derivados. Los primeros son los formados in situ, existiendo al lado de los suelos propios de erosión, las turberas. Los suelos derivados son los depositados recientemente por el agua, hielo o viento. Esta designación de derivados explica mejor los hechos geológicos que la comunmente empleada de suelos de arrastre. La misma opinión sustenta Wanschaffe (26).

Liburnau, a quien no se le escapa que de una misma roca pueden producirse diferentes suelos, dice, sin embargo, que cualquier sistema de clasificación debe fundarse en relaciones geológico-petrográficas.

Nada nuevo aporta la clasificación de Dáfert (27), con fundamento geológico-petrográfico, en la cual dice que se deben considerar, por una parte, los suelos procedentes de rocas masivas cristalinas y, por otra, los derivados de rocas compuestas o en capas ; además hace notar que los suelos humosos no deben formar grupo en la clasificación sino variedades dentro de los grupos correspondientes.

Hazard (28) proporciona una división de los suelos según la roca madre, según provengan de rocas compactas o sueltas. Los productos de erosión de las primeras, se pueden dividir, según él, atendiendo a la composición y cualidades de las rocas, en cuatro clases principales : 1.º, arenosos ; 2.º, rocosos ; 3.º, limosos ; 4.º, arcillosos. Estos suelos pueden provenir de diferentes rocas, así : arenosos : rocas arenosas con fuerte ligamento, la mayor parte de las veces cuarzífero ; cuarzo y feldespatos alcali-

nos, al lado del feldespato cálcico sódico ácido en rocas masivas (granito, sienita, pórfiro cuarcífero). Rocosas: rocas pizarrosas cristalinas, densas, masivas (basalto, diabasa) en estado de erosión poco avanzado. Limosos: areniscas con ligamento arcilloso o margoso. Arcillosos: arcilla y pizarras de arcillas y margas; rocas básicas, masivas, libres de cuarzo, en avanzado proceso de erosión; silicatos aluminicos que proporcionan por erosión sustancias arcillosas, como caolín.

Las rocas sueltas que han sufrido un transporte dan suelos caracterizables por sus propiedades químicas y mineralógicas. Estas rocas las divide Hazard en: 1.º, arena; 2.º, limo; 3.º, arcilla, y 4.º, turba. Los suelos que proceden de aquí los caracteriza después.

Wahnschaffe lamenta que no se tenga en cuenta la composición del suelo y vuelve al principio de clasificación de Thaer, es decir, dentro de los grupos geológicos principales son ordenados los suelos en arenosos, limosos, arcillosos, margosos, calizos y humosos. Hace notar que no debe tenerse en cuenta sólo la cantidad de los componentes aislados, sino la relación en que entran en la mezcla; además conviene fijarse no sólo en la cantidad sino también en cuáles son más importantes de la mezcla, físicamente. También Stremme (29) indica que las clases de Thaer pueden servir como fundamento para una clasificación combinándolas y variándolas.

BIBLIOGRAFIA DE LAS CLASIFICACIONES GEOLOGICO-PETROGRAFICAS

1. *Thaer, A.*—Über die Wertschätzung des Bodens. Berlín, 1811.
2. *Senft, F.*—Lehrbuch der Gebirgs- und Bodenkunde, 2. Teil Bodenkunde, S. 241. Jena, 1847.
3. *Detmer, W.*—Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der allgemeinen landwirtschaftlichen Bodenkunde, S. 514. Leipzig und Heidelberg, 1876.
4. *Hausmann, A.*—Versuch einer geologischen Begründung des Acker- und Forstwesens. Möglinsche Ann. Landw., 1824, 417. (Aus dem Lateinischen übersetzt von Prof. Körte.)
5. *Hundeshagen, J. Ch.*—Die Bodenkunde in land- und forstwirtschaftlicher Beziehung. S., 263. Tübingen, 1830.
6. *Schübler, G.*—Grundsätze der Agrikultur-Chemie, 2. Teil, S., 140. Leipzig, 1830.
7. *Sprengel, C.*—Die Bodenkunde oder die Lehre vom Boden. Leipzig, 1837.

8. *Senft, F.*—Lehrbuch der Gebirgs- und Bodenkunde. 2. Teil, Bodenkunde. S., 268, 312. Jena, 1847.
9. *Trommer, C.*—Die Bodenkunde. Berlin, 1857.
10. *Fallou, F. A.*—Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde. Dresden, 1862.
11. *Bischof, G.*—Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. Bonn., 1847.
12. *Grebe, C.*—Forstliche Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre in ihrer Anwendung auf Forstwirtschaft. Wien, 1852.
13. *Heyer.*—Lehrbuch der forstlichen Bodenkunde und Klimatologie. Erlagen, 1856.
14. *Cotta, B.*—Deutschlands Boden, sein geologischer Bau und dessen Einwirkung auf das Leben der Menschen. Leipzig, 1858. (2 Bände.)
15. *Bennigsen-Förder, R. von.*—Das nordeuropäische und besonders das vaterländische Schwemmland in tabellarischer Ordnung seiner Schichten. Berlin, 1863.
16. *Senft, F.*—Der Steinschutt und Erdboden nach Bildung, Bestand, Eigenschaften, Veränderungen und Verhalten zum Pflanzenleben, für Land- und Forstwirte, wie auch für Geognosten. Berlin, 1867.
17. *Girard, H.*—Grundlagen der Bodenkunde für Land- und Forstwirte. Halle, 1868.
18. *Meitzen, H.*—Der Boden und die landwirtschaftlichen Verhältnisse des preussischen Staates nach dem Gebietsumfang von 1866. Berlin, 1868.
19. *Vossler, O.*—Die Begründung der landwirtschaftlichen Bodenkunde durch die heutige Geognosie (Festrede zur Feier des 50 jährigen Jubiläums der Akademie in Hohenheim). Landw. Zbl. Dtschld., 1869.
20. *Wolff, E. Th. von.*—Die naturgemässe Grundlage des Ackerbaus, 1856.
21. *Mayer, A.*—Lehrbuch der Agrikulturchemie in 40 Vorlesungen, 2. Teil S. 46. Heidelberg, 1871.
22. *Orth, A.*—Die geologischen Verhältnisse des norddeutschen Schwemmlandes und die Anfertigung geognostisch-agronomischer Karten. Halle, 1870.
23. *Fesca, M.*—Die agronomische Bodenuntersuchung und Kartierung auf naturwissenschaftlicher Grundlage. J. Landw., 27, Suppl.-Bd. 1-160 (1879); Die Klassifikation des Bodens, S. 49-91.
24. *Hilgard, E. W.*—Soils, their formation, properties, composition and relations to climate and plantgrowth in the humid and arid regions. New York, 1906.
25. *Liburnau, L., Ritter von.*—Die geologischen Verhältnisse von Grund und Boden, S., 178. Wien, 1883.
26. *Wahnschaffe, F.*—Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung, 2. Aufl., S., 8. Berlin, 1903; 4. Aufl., 1924.
27. *Dafert, F. W.*—Kleines Lehrbuch der Bodenkunde, 1885.
28. *Hazard, J.*—Die geologisch-agronomische Kartierung als Grundlage einer allgemeinen Bonitierung des Bodens. Landw. Versuchsstat., 29, 805-911 (1900).
29. *Stremme, H.*—Grundzüge der praktischen Bodenkunde, S. 27. Berlin, 1926.

CLASIFICACIONES CLIMATICAS

Las clasificaciones geológicas, que atienden predominantemente al influjo que la roca madre ejerce sobre los suelos formados, fueron rebasadas al ponerse de manifiesto que las mismas rocas podrían originar suelos diferentes, mientras que rocas distintas pueden, según las condiciones, dar suelos iguales.

Un mismo suelo, describe Glinka, puede proceder lo mismo del granito que del limo. Conocemos *chernosiem típicos* originados de granito, de lava volcánica, de loes y de arcilla de morrenas. En todos estos suelos encontramos una serie completa de propiedades importantes: la misma estructura con las mismas propiedades de la materia húmica; los mismos complejos de formaciones secundarias, etc. Sin duda encontramos en el *chernosiem* muchos más caracteres comunes prescindiendo de la clase de roca de que se ha formado, que en los suelos de granito, de los que sólo podemos decir que se han originado del granito. Basta, por ejemplo, comparar los podsoles formados del granito en la Selva Negra, o en la región de Jacut, con las lateritas formadas en los trópicos del mismo granito, para convencerse de que estos suelos no tienen nada de común. Pero los suelos de podsol, de la Selva Negra, y los del gobierno de Pskoff, que proceden de arcillas morrénicas, tienen comunes un conjunto de propiedades importantes. ¿Dónde se coloca la laterita en la clasificación de Fallou? Por su formación corresponde a los suelos primitivos, pero puede proceder de granitos, de diabasa, de pizarra, y una vez se llamará suelos graníticos, otras suelos pizarrosos, etc.; de la laterita misma, como tipo de suelo, no quedaría nada.

A estas clasificaciones geológicas siguen aquellas que se basan en el proceso de formación de los suelos.

Como elemento predominante en este proceso de formación del suelo nos encontramos el clima, entendiéndolo por tal el con-

junto de factores humedad, temperatura, vientos, etc., que caracterizan las condiciones atmosféricas de un país o región.

En el tránsito de lo geológico a lo climático influyó decisivamente la realidad geográfica. Fallou clasificó suelos montañosos, de geología y relieve complicados; el primer avance en el intento de una clasificación más genética fué dado por Dokuchaieff, que tomó como elemento de estudio la llanura rusa, donde todos los factores de que el suelo es función, excepto el clima, aparecían atenuados y como excluidos.

Si bien todos los autores de lo que pudiéramos llamar escuela rusa, toman como base de clasificación el clima, desde Dokuchaieff, donde el influjo de éste aparece un poco disimulado, hasta Glinka, en que la influencia del clima aparece bien marcada, tienen al mismo tiempo una dirección geográfica definida, que, en algunos casos, como en la clasificación de Sibirceff, adquiere tal importancia que da el nombre a la división principal.

De aquí que los separemos de aquellos autores que se refieren principalmente a la influencia de la humedad y que Robinson agrupa bajo la denominación de «clasificaciones según el clima».

CONCEPTO Y DIVISION DE LOS CLIMAS.

Pero antes de entrar en las clasificaciones climáticas, creemos conveniente indicar primeramente el concepto de clima y la división de los mismos, así como la importancia que dichas divisiones pueden tener para la ciencia del suelo.

Hahn (1) define el clima como «la totalidad de las manifestaciones meteorológicas que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un determinado lugar de la superficie terrestre».

Woeikoff (2), que diferencia los climas por las relaciones de desagüe, es seguido por Penck, que precisa más los límites. Este último (3) distingue:

a) Climas húmedos. Precipitación mayor que evaporación.

1. Tipo polar.

2. Tipo freático.

Subtipo completamente húmedo.

Subtipo semihúmedo.

Subtipo subnival.

- b) Climas áridos. Precipitación menor que evaporación.
- 3. Tipo semiárido (formación de costras en la superficie).
- 4. Tipo completamente árido, sin formación de costras.
- c) Clima nival. Transporte de la precipitación por glaciares.
- 5. Tipo seminival (al lado de nieve, en parte lluvia).
- 6. Tipo completamente nival (sólo precipitación de nieve).

Para la división en subtipos no atiende Penck sólo a la humedad, sino que también interviene la temperatura. Es lástima que el sistema de Penck no sea completo en cuanto a la caracterización por el clima de todas las regiones, pues tendría gran importancia en el estudio del suelo.

Hilgard (4), (5) y (6) se basa para la caracterización del clima en el material de análisis y propiedades químicas de gran número de suelos de regiones húmedas y áridas.

También existen otros autores que clasifican el clima por su influjo sobre la vida de las plantas.

Köpen (7), (8), (9) y (10), cuya división climática recomienda Ramann (11), emplea como un factor para el límite de los climas, al lado de la precipitación y temperatura, la probabilidad de lluvia. El límite entre desiertos y estepas lo coloca con una probabilidad de lluvia de 0,20; el que separa las estepas de los bosques, en 0,36.

En 1900 establece seis grandes regiones de climas.

- a) Climas tropicales.
- b) Climas xerófilos.
- c) Climas templados.
- d) Climas enfriados.
- e) Climas fríos.
- f) Climas helados.

Visto el poco éxito de esta primera división, en 1918 establece otra. Si comparamos el mapa de climas de Köppen con el cuadro de Ramann (para el Oeste de Europa) y el de Glinka (para Rusia), referentes al suelo, obtendremos la siguiente equivalencia aproximada entre suelos y zonas primarias:

Clima desértico de invierno frío	{	Desiertos y estepas desérticas de la Rusia europea y asiática.
Clima estepario de invierno frío	{	Tierras castañas. Tierras negras del Sur.

Clima subártico de invierno frío y seco	}	Tierras negras del Norte. Suelos podsólicos. Terrenos escandinavos y del N. de Alemania
Clima templado-húmedo ...		Tierras pardas. Eriales. Terrenos atlánticos.
Clima lluvioso, templado, de verano seco	}	Terreno mediterráneo (tierras rojas).
Clima estepario, templado, de verano seco		Estepas españolas.

Con ayuda de su fórmula del clima, da aún Köppen para cada zona límites extremos de temperatura, estación, período de lluvias, etc. Puesto que a igual precipitación, el efecto de humedad varía fuertemente con la temperatura, establece Köppen una tabla mediante la cual, para relaciones conocidas de precipitación y temperatura, se puede conocer la humedad en un lugar determinado. Así obtiene un cociente entre precipitación y temperatura, llamado cantidad reducida de lluvia, análogo al de Lang (factor de pluviosidad) de que ya nos ocuparemos más adelante.

A pesar de que Köppen divide la superficie de la tierra en un gran número de provincias y da numerosos detalles, su clasificación sirve poco para los suelos. El mismo servicio prestan las de Brockmann (11) y Hettner (12), probablemente porque en ellas no consignan las relaciones entre precipitación y evaporación, que son las que nos dan una idea exacta de la humedad. Este vacío en las clasificaciones del clima, intentó llenarlo Köppen con su cantidad reducida de lluvia, y posteriormente Lang.

FACTORES DE HUMEDAD

Ya antes de Lang, introdujo Transeau (13) un factor de humedad. Divide la precipitación por la evaporación, como elementos más caracterizadores de la humedad. El mismo pensamiento siguen Livingston y Shreve (14) en su obra, en la que relacionan la dependencia entre el clima y vida de las plantas. Como fundamento para la determinación de la magnitud de humedecimiento les sirven las cantidades de precipitación y las medidas de evaporación realizadas por T. Russell desde julio de 1887 hasta junio de 1888. Dan una tabla en la cual se encuentra en una columna el cociente P/E (precipitación/evaporación) aplica-

do al tiempo libre del hielo, y en otra el cociente P/E, aplicado a todo el año. Para las regiones más características se obtiene :

	P/E	P/E año
Desiertos	0,04-0,23	0,03-0,44
Semi-desiertos	0,08-0,77	0,15-0,76
Estepas	0,19-0,94	0,20-1,74
Límite de estepas y bosque de arbustos...	0,51-1,03	0,65-1,02
Bosque de arbustos	0,51-1,39	0,51-1,85
Bosque de hojas aciculares mesofítico ...	0,75-1,76	0,91-1,94

Tanto el suelo como el relieve actúan como agentes fuertemente modificadores de estos números, lo que hace que no correspondan exactamente las zonas de vegetación con las climáticas.

Szymkiewicz (15) da una fórmula para el cálculo de la evaporación

$$i = (p' - p) \times \frac{273 + t}{273} \frac{760}{P - p'}$$

en que *i*, efecto de evaporación ; *p'*, tensión de vapor a la temperatura *t* ; *p*, la presión de vapor dominante ; *t*, temperatura medida ; *P*, presión barométrica. Para este cálculo se emplea la máxima presión de vapor y temperatura y si no la media del día ; luego se divide la precipitación por este efecto de evaporación. Szymkiewicz da este cociente para ochenta estaciones, y si bien su cálculo es muy exacto, es excesivamente detallado para un buen servicio.

Ule (16) emplea para el cálculo de la evaporación la circunstancia de que la velocidad de evaporación es proporcional a la diferencia de temperatura entre los termómetros seco y húmedo del psicrómetro.

El año 1893 nos aporta la importantísima obra de Hilgard «Über den Einfluss des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bödens». Hilgard describe el proceso de formación del suelo en su dependencia con el clima y nos hace ver la significación de los agentes de erosión físicos, mecánicos y químicos. De ello resulta la siguiente clasificación :

- 1.º Sedentarios o de residuo (suelos de erosión) (fuertemente autóctonos).
- 2.º Suelos arrastrados o transportados.
 - a) Coluviales (pequeño transporte, ningún depósito en ca-

pas por el medio transportante, productos predominantes de la denudación).

b) Aluviales (depósito en capas; dependencia del agua corriente).

3.º Suelos eólicos.

Después de una corta exposición sobre los factores climáticos que tienen influjo en la formación del suelo, describe su acción sobre la naturaleza física del suelo. Un capítulo especialmente importante es en el que trata del influjo de los suelos áridos y húmedos sobre la formación de la arcilla, así como la acción de condiciones climáticas diferentes sobre el proceso de formación y composición química del suelo. La comparación de los suelos de regiones áridas y húmedas de Estados Unidos proporciona indicaciones muy importantes, como también la descripción de los suelos alcalinos, de los terrenos de clima árido, cuya formación y propiedades describe bien. También habla de los suelos alcalinos de Sud-América, de Asia, Africa, Australia y Hungría.

Para la diferenciación entre estos suelos salinos y los suelos salinos marinos, que ordinariamente contienen sal común y algunos de los constituyentes del agua del mar, emplea Hilgard la expresión suelos salinos terrestres, con la cual designa aquellos que contienen predominantemente carbonato sódico, como suelos de soda. Para sus conclusiones emplea Hilgard un gran número de análisis que permiten ver las profundas diferencias entre suelos de terrenos húmedos y secos. También concede importancia al lavado de los suelos.

Fischer, en 1913 (17), en su tratado de las relaciones entre la formación del suelo y del clima, los clasifica en áridos, húmedos y pluviocálidos.

Wiegner (18) los clasifica en :

1.º Formaciones de suelos áridos :

- a) Suelos extremadamente áridos.
- b) Áridos.
- c) Semi-áridos.

2.º Formaciones de suelos húmedos.

- a) Suelos semi-húmedos.
- b) Húmedos.
- c) Extremadamente húmedos.
- d) Húmedos en clima tropical y subtropical.

FACTOR DE PLUVIOSIDAD DE LANG

Lang (19), (20) y (21) introduce cuantitativamente el grado de humedad en el estudio de la dependencia entre suelos y climas. Basándose en que, en un intervalo no demasiado grande de temperatura, la precipitación y la evaporación son inversamente proporcionales en su acción sobre la humedad, y que la evaporación se puede considerar como proporcional a la temperatura, concluye que la precipitación y la temperatura son inversamente proporcionales, y de ahí deduce su factor de pluviosidad (Regenfaktor-RF). Lang emplea dos factores de pluviosidad: el primero en 1915, que se obtiene dividiendo la precipitación total en milímetros por la media anual de la temperatura, pero sólo considerada en aquellos meses en que la media es mayor que 0°. En 1920, emplea el otro factor, en el cual la media anual de la temperatura se halla sobre todos los meses.

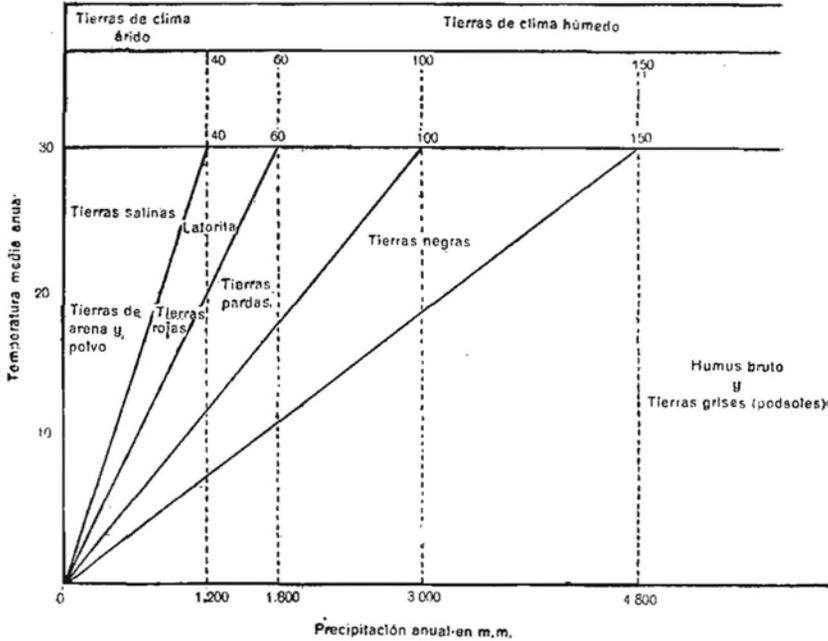
Lang señala otros factores en la formación del suelo, tales como el contenido en sales, la orientación, el viento, la distribución anual de la pluviosidad, la vegetación, pero no los tiene en cuenta al hacer la distribución de los suelos. Bien es verdad que los números que él da corresponden a valores obtenidos para condiciones de formación óptima; cuando éstas no son favorables, los límites del factor de pluviosidad se desplazan, crecen; es decir, se forman suelos correspondientes a factores de pluviosidad más elevados.

Teniendo en cuenta el factor de pluviosidad, el mismo valor —y el mismo resultado en la formación del suelo— se obtiene por elevación de temperatura que por disminuir la precipitación acuosa.

Los suelos correspondientes a las variaciones del factor de pluviosidad son, según Lang, cuando las restantes condiciones son óptimas:

Tipos de suelos	Factor de pluviosidad
Suelos de humus (perhúmedos)	>160
Tierras negras (húmedos)	160-100
Tierras pardas (húmedos)	100-60
Tierras amarillas, rojas, lateritas	60-40
Tierras salinas (áridos)	<40

Con arreglo a esto da el diagrama siguiente :



El sistema de Lang permite la crítica desde varios puntos de vista. Primeramente, la no consideración de la humedad del aire impide distinguir los climas continentales de los oceánicos.

Luego, el valor de 160 para los suelos de humus bruto no se alcanza más que en los suelos de altas montañas.

Pero, sobre todo, el defecto mayor de este sistema es aparecer las tierras negras, que corrientemente se describen como formaciones de tipo todo lo más semi-húmedo, con un factor de pluviosidad mayor que el de las tierras pardas, descritas como formaciones de terrenos húmedos.

Stremme (22) ataca el sistema de Lang por dos razones: la primera, por la significación técnicamente difícil de un factor de pluviosidad para temperaturas medias menores de un grado, ya resuelta por Lang con su factor de 1915, y otra porque dice: «el factor de pluviosidad es un mal fundamento para la clasificación de los suelos, porque, como dice Glinka, no sólo los factores climáticos condicionan su formación».

Si bien esto es verdad, hay que reconocer que el factor de pluviosidad de Lang da ya una idea bastante clara de la relación entre suelo y clima, y quizá mejor aún si se introduce el factor de pluviosidad mensual, o sea, la relación entre la precipitación mensual y la media mensual de temperatura, como pone de manifiesto Meyer con una colección de datos.

COCIENTE N/S DE MEYER

Meyer (23) introduce un nuevo factor de humedad en sustitución al factor de pluviosidad. Para ello se basa en que la evaporación no sólo es proporcional a la temperatura, como indica Lang, si no, según Hahn (24), es una función de la temperatura, humedad del aire, fuerza del viento y presión atmosférica.

La evaporación es directamente proporcional a la temperatura, al déficit de saturación del aire, a la velocidad del aire e inversamente proporcional a la presión atmosférica, medida en la superficie de evaporación.

Dadas las dificultades de encontrar datos para calcular exactamente la evaporación, Meyer propone como indicador de ésta el déficit de saturación.

Es corriente el encontrar datos en la climatología de los diversos países, de la temperatura del aire y de la humedad relativa. A partir de estos valores se puede obtener por un cálculo sencillo el déficit de saturación del aire expresado en vapor de agua. En las tablas de tensiones se puede encontrar para cada temperatura t la tensión máxima del vapor saturado, medida a 760 y que llamaremos E . Teniendo en cuenta la humedad relativa del aire expresada en tanto por ciento a la temperatura t , se puede calcular la humedad absoluta e por la igualdad

$$e = \frac{E \times \% \text{ de humedad relativa del aire}}{100}$$

El déficit de saturación del aire, expresado en vapor de agua, es la diferencia entre E y e .

Meyer, con ayuda de una serie de datos existentes, comprueba el paralelismo que hay entre evaporación y su déficit de saturación en las diferentes zonas climáticas del Este de Europa y deduce que, a pesar de sus faltas, se puede considerar el déficit de saturación como una medida de la evaporación.

Una vez obtenido este número establece lo que él llama el cociente N/S, abreviatura de Niederschlag/Sättigungsdéfizit, o sea, el cociente de la precipitación total en mm. y el déficit de saturación, como elemento caracterizador del clima del lugar considerado.

Meyer, a semejanza de Lang, emplea tres cocientes N/S: uno correspondiente a la totalidad del año; otro al libre de heladas y finalmente uno referente al mes.

A continuación damos la relación entre los tipos de suelos considerados por Ramann y el cociente N/S de Meyer:

TIPOS DE SUELOS	Valores del cociente N/S tomando medias anuales	Valores del cociente N/S tomando medias del tiempo libre de heladas
Desiertos y estepas desérticas	0- 100	0- 5
Región mediterránea (temperatura media anual mayor que 15° C.)	50- 200	3-18
Suelos castaños	100- 275	5-10
Chernosiem	125- 350	8-20
Tierras pardas (temperatura media 5-15° C)	275- 500	18-30
Región atlántica (temperatura media 10° C)	375-1000	25-80
Eriales (temperatura media <10° C.).. .. .	375- 700	25-50
Región Norte, germánico-escandinava (temperatura media 0-7° C.)	300-1200	20-85
Región Norte, rusa (temperatura media 2° C.).. .. .	400- 600	20-30
Tundras (temperatura media 0° C.)	500- 600	mayor que 20
Altas montañas	1000-4000	40-350

Meyer considera mejor su coeficiente que el factor de pluviosidad de Lang, ya que en él se encuentra una separación entre las tierras pardas de Ramann y el chernosiem por una parte, y por otra, entre los terrenos atlánticos y los eriales.

En el cociente N/S reducido, se encuentra un límite agudo entre los suelos de clima árido y húmedo. En cambio, es menos acusado para los húmedos aisladamente. Empleando los cocientes N/S mensuales, establecen grandes diferencias entre el Norte y el Sur, y entre los climas continentales y oceánicos.

Albert (25) ha comparado al factor de pluviosidad reducido de Lang con el de Meyer y ha comprobado su concordancia para 100 estaciones. Por eso, dice que es más conveniente emplear el de Lang para la clasificación de los suelos climáticos de Europa-media, por ser más sencillo de calcular que el de Meyer.

Wiegner (26), habla del cociente N/S de Meyer y dice que sus valores corresponden mejor que el factor de pluviosidad de Lang a las relaciones climáticas y pedológicas, y que el trabajo de Meyer, ha sido muy importante para el estudio de las relaciones entre suelo y clima, en Suiza.

Que el cociente N/S es susceptible de crítica, lo reconoce el mismo Meyer e indica como faltas principales: que el material para su cálculo debe ser tomado en distintos períodos del clima; que no se considera la velocidad del viento y que el déficit de saturación, se calcula con las relaciones que existen en la atmósfera, que no son las del suelo, ya que en el clima de éste influyen la vegetación, el subsuelo y el relieve.

Jenny (27) considera que el cociente N/S de Meyer no indica nada, apesar de que dice que, un sistema universal en el cual se describan los tipos de suelos climáticos por los datos exactos del clima, debe ser considerado como un postulado lógico de la enseñanza de tipos de suelos climáticos. Considera también que la precipitación, evaporación y temperatura, son los factores climáticos más importantes, pero, puesto que los dos primeros se pueden reunir en una magnitud (por cociente o diferencia) como índice de humedad, quedan sólo ésta y la temperatura como variables independientes. La humedad determina la dirección de movimiento de los productos de erosión; la temperatura influye, por el contrario, en la velocidad de erosión y destrucción de las rocas y la materia orgánica.

CLASIFICACIÓN DE RAMANN

Ramann (28), que sigue respecto al clima y su influencia sobre el suelos las directrices de Köppen, divide los suelos en dos grandes grupos: suelos húmedos y áridos.

Húmedo es un terreno en el cual, la precipitación es mayor que la evaporación; árido, cuando se evapora más que lo que la precipitación proporciona. La cantidad total de precipitación resulta ser menos importante que los factores que hacen subir, o que regulan la evaporación, como son la temperatura y el contenido en vapor de agua del aire. De aquí, que la inclusión de un terreno en árido o húmedo, depende de la relación entre precipitación y evaporación. Otro criterio para diferenciar si el

suelo se forma por erosión húmeda o árida es, también, la cantidad de agua rezumada y el drenaje por ella condicionado. Todos los suelos con cantidades apreciables de agua rezumada son húmedos y los restantes secos.

Cabe la duda de si no es el agua, sino la temperatura, el factor que influye más en la formación del suelo. Además, existe una dificultad en la limitación de las zonas climáticas y suelos basada en la variación del clima, sobre todo en la época diluvial.

La diferencia entre los suelos áridos y húmedos se manifiesta primeramente, en su composición química. En los húmedos hay arrastres de materias solubles por el lavado, mientras que en los áridos, se reúnen los productos de descomposición. Y si existe un arrastre superficial, se traduce en parte en la formación de cristales o concrecciones.

En general, los terrenos húmedos son no *saturados*, y los áridos, *saturados*.

En los terrenos húmedos, la destrucción puede llegar cerca del estado final y se forman coloides difícilmente atacables, como silicatos de hierro y alúmina que contienen agua; se simplifican los procesos químicos y el número de combinaciones posibles disminuye. Los suelos tienen propiedades arcillosas.

En los áridos, se reúnen las sales solubles hasta tal punto, que pueden cristalizar en el tiempo seco. El número de las transformaciones químicas se eleva, los sales del suelo son transformados en geles debido al gran contenido en electrolitos de la solución del suelo, el hinchamiento coloidal es (con excepción de los suelos salinos), muy pequeño, o falta. Los suelos aparecen como no plásticos, sino como constituídos por terrenos finos, no arcillosos, sino arenosos. Esto tiene influjo en la cohesión; así, los suelos húmedos tienen fuerte unión, los áridos pequeña (con la misma excepción hecha anteriormente).

En la formación de humus también se diferencian mucho unos de otros, ya que los húmedos forman el humus lentamente y queda al estado coloidal no saturado y los áridos lo forman rápidamente, saturado y no coloide. Las turberas, sólo se encuentran en terrenos húmedos.

De los análisis de Hilgard, de seiscientos o setecientos suelos de terrenos áridos y húmedos, se deduce que la proporción de materias solubles es mayor en los primeros que en éstos.

Ramann divide los suelos en dos grandes grupos por la naturaleza de su descomposición : *a*), suelos de destrucción de rocas (transformación física) ; *b*), suelos de destrucción de rocas (transformación química).

Entre los primeros considera los húmedos y áridos. En los húmedos, que él denomina resquebrajados por el frío, la destrucción se origina por la fuerte presión del agua helada. La descomposición química es pequeña. Donde existen plantas, el depósito de humus es relativamente fuerte ; éste no es saturado (ácido). Los divide en : *a*), suelos de terreno ártico que tienen humus dependientes de las plantas ; a veces formando turberas ; hay veces en las que el suelo está helado a pequeña profundidad durante todo el año ; *b*), suelos de las altas montañas. Consisten en trozos de rocas de todos los tamaños que forman capas pobres en tierra. La formación de humus en capas de gran profundidad es corriente, pero la configuración del terreno no permite la formación de turberas ; *c*), suelos de glaciares, generalmente compuestos de morrenas.

Suelos áridos. Suelos de desierto. La principal acción es la fuerte variación de temperatura y la erosión del viento. Para un clima desértico medio, existe separación de cal en la superficie del suelo que cubre ésta y se deposita en capas. En los desiertos extremos, el suelo se cubre con trozos de rocas o con arenas ; a veces, se originan los loes. El color es, la mayor parte de las veces, amarillo grisáceo, blanco-amarillento, anaranjado o blanco ; el color rojo sólo se da en aquellos en que la roca es roja (29).

Suelos con descomposición química. Húmedos. Los suelos de las zonas húmedas difieren según el clima y, así, se pueden agrupar según las zonas climáticas. En los trópicos están las lateritas y las tierras rojas ; en terrenos templados las tierras pardas y en fríos moderados y fríos, los suelos podsólicos (tierras ceniza).

Áridos. En los terrenos áridos sólo se han investigado hasta aquí los de clima moderado. Los terrenos áridos fríos, son los que cubren las altas montañas del medio de Asia y los loes que cubren una gran parte de China.

En cuanto a los terrenos de clima templado, se diferencian según la cantidad de sales en el suelo ; así, se habla de los suelos salinos que contienen cantidades variables de sales solubles

en la superficie o cerca de la superficie, y que se ponen de manifiesto cuando se secan del todo. Las restantes estepas deben su carácter, principalmente, a la vegetación o a la más o menos rápida desaparición de los restos orgánicos. Se distribuyen así: loes, tierras negras (chernosiem) y las aún sin nombre, estepas risoblancuzcas (España). Hay que tener en cuenta, que así como en los terrenos húmedos una ligera variación en la precipitación acuosa no supone mucho, en los áridos puede tener mucha influencia.

La clasificación total de Ramann, sería:

- I.—Suelos procedentes de la desintegración de las rocas (erosión física).
 - 1.—En región árida. Por cambio de temperatura: suelos de desiertos.
 - 2.—En región húmeda. Acción de las heladas: suelos hendidos por el hielo.
 - a) En las regiones árticas. Formación de humus; turberas nórdicas; tundras de musgo. Vegetación: plantas nórdicas.
 - b) En las altas montañas. Formación de humus: turberas alpinas, humus alpino, turberas de Azaleas y Casex.
 - 3.—Formaciones glaciares. Rocas destruidas por presión; roca pulverulenta; morrenas, arena y arcilla.
- II.—Suelos procedentes de la descomposición de las rocas (erosión química).
 - 1.—En región árida. Suelos no lavados (en general, fino-arenosos).
 - a) Suelos salinos. Formación de humus; depósitos orgánicos de lagunas-salinas. Vegetación: plantas halófilas.
 - b) Región de invierno frío: loes, tierras negras. Vegetación: plantas de estepas.
 - c) Región de invierno cálido: tierras rojas. Vegetación: árboles de hoja perenne.
 - 2.—En región húmeda. Suelos lavados (en general, arcillosos).
 - a) Predominio de la erosión por ácido carbónico: tierras pardas, suelos limosos y arcillosos, la mayor parte. Formación de humus; turberas artificiales. Vegetación: árboles de hoja caediza.
 - b) Predominio de la erosión por ácidos húmicos: tierras grises (podsoles). Suelos caoliniticos en su mayor parte. Formación de humus: turberas altas, humus bruto. Vegetación: de hojas aciculares.

Posteriormente (1918), Ramann (30) ordenó los suelos teniendo en cuenta, en primer término, la humedad y la agricultura; estableció el siguiente sistema de suelos:

SUELOS HUMEDOS

SUELOS SECOS

		Suelos semihúmedos	Suelos semiáridos
I.-Regiones y zonas frías.	1.—Ártica. 2.—Suelos de tundra; lugar del suelo: tundra de turbera de colina. 3.—Regional: suelos hendidos por el hielo; suelos de altas montañas, suelos de turberas de montañas; sobre caliza: humus alpino.		Suelos del interior de Groenlandia; Spitzberg. Regional: desiertos y países de Aviens.
II.-Zona templada.	A.—Tierras grises nórdicas. a) Suelos húmicos-arenosos, nórdicos. b) Podsol. c) Suelos grises de bosque. Lugar de suelos. 1.—Suelos inundados. a) Suelos minerales bajo agua. b) Suelos limosos de fermentación. c) Suelos de humus. d) Turberas superficiales. Turberas de bosque. e) Turberas altas. f) Suelos de moho. 2.—Suelos formados bajo el influjo de aguas subterráneas. a) Suelos de glei. b) Suelos de praderas. c) Suelos férricos de césped. 3.—Suelos con acarreo permanente de materias. a) Suelos de vega. b) Suelos pantanosos.	Las formas de suelos dependen fuertemente de la creciente evaporación y decreciente humedad. El influjo de la temperatura retrocede.	1.—Tierras negras de estepas. Clima regularmente seco. Chernosiam. Suelos de praderas. Clima fuertemente seco. Suelos castaños, coloreados en pardo por el humus 2.—Tierras ceniza de estepa.

SUELOS HUMEDOS

SUELOS SECOS

		Suelos semihúmedos	Suelos semiáridos	
	<p>4.—Suelos que contienen sales en el terreno de las tierras grises.</p> <p>5.—Tierras de acarreo. Regional: tierras grises de diferentes formas.</p> <p>B.—Tierras pardas. Lugar de los suelos. Según la roca madre, numerosos lugares de suelos.</p> <p>a) Rocas masivas.</p> <p>b) Pizarras.</p> <p>c) Rocas arenosas.</p> <p>d) Rocas calizas.</p> <p>e) Tierras rojas calizas.</p>	<p>Suelos marginales sobre caliza. En el norte, suelos negros, ricos en humus. En el sur, tierras rojas.</p>		
III.-Subtropical.	Tierras amarillas.		<p>Tierras amarillas.</p> <p>Tierras rojas.</p> <p>Tierras negras subtropicales.</p> <p>a) Regur (nombre dado en la India).</p> <p>b) Tirs. (nombre dado en Marruecos).</p> <p>c) Suelos de la corteza de las praderas norte y sudamericanas.</p>	<p>Suelos de costra, suelos desérticos.</p>
IV.-Trópicos.	<p>Laterita.</p> <p>Tierra roja.</p> <p>Limo rojo.</p> <p>Tierras pardas tropicales.</p> <p>Tierras cenizas tropicales.</p>	Sábanas.	Tierras rojas.	

CLASIFICACIÓN DE ANDREE Y KLAUS

Andree y Klaus (31), dan en sus tablas geológicas una representación esquemática de los tipos de suelos más importantes, con una ojeada sobre sus propiedades principales.

En estas tablas dividen, primero, los suelos en dos grupos principales: suelos naturales, subdivididos en suelos de transformación o suelos eluviales, originados esencialmente a partir de componentes autóctonos y suelos de sedimentación o coluviales; además, suelos de cultivo por variación artificial de los de la naturaleza.

Tratan luego de las condiciones de formación de los suelos diferenciando las que se deben a los distintos materiales de partida y su posición y el clima como factor formador del suelo; en este último, distinguen como factores principales la temperatura, precipitación y evaporación, y como consecuencia la acción de la vegetación y la duración de acción considerada en climas constantes y variables.

Los procesos de formación del suelo los resumen del modo siguiente:

- a) Destrucción.
 - 1.º Mecánica.
 - 2.º Por solución.
 - 3.º Por transformación química.

b) Depósito originado por el agua circulante del suelo. Formación diluvial en el horizonte B.

c) Formaciones nuevas por precipitación química o coloidal. Concrecciones o zonas de enriquecimiento; separación del agua subterránea.

- d) Participación de los organismos.

Las diferentes clases de suelos, las deducen según su denominación; color en los diferentes horizontes; participación y estado del humus, de las combinaciones del hierro y del aluminio, de las sales minerales; estructura y perfil del suelo; distribución geográfica. De este modo hablan de suelos podsólicos, suelos de estepas húmedos, salinos, tierras amarillas, tierras rojas y lateritas.

Finalmente, intentan un sistema climático de suelos :

Decrecimiento de la humedad →

Según el clima se encuentran como		Húmedos (predomina la precipitación)		Semi-húmedos	Semi-áridos	Aridos (predomina la evaporación)	
		Mucha precipitación	Menos precipitación	Con cambios fuertes en cada año		Pequeña precipitación	Muy pequeña precipitación
Tipos climáticos de suelos en los		Suelos húmedos		Suelos semi-húmedos	Suelos semi-áridos	Suelos áridos	
Regiones y zonas frías		Suelos férricos, tierras heladas y suelos de estructura				Tierras heladas	
Zona templada	Fría	Podsol tierras ceniza					
	Caliente	Tierra parda		Tierras rojas mediterráneas		Tierras amarillas	Suelos salinos
Zonas subtropicales		Tierras amarillas		Tierras rojas subtropicales	Tierras negras subtropicales		
Crecimiento del calor ↓	Trópicos	Tierras pardas tropicales		Tierras rojas tropicales			
		Laterita					
		Tierras ceniza tropicales					

BIBLIOGRAFIA DE LAS CLIMATICAS

1. *Hahn, J.*—Handbuch der Klimatologie. 3.^a Ed. Stuttgart, 1911.
2. *Woeikoff, A.*—Die Klimate der Erde. Jena, 1887.
3. *Penck, A.*—Versuch einer Klimatklassifikation auf physiogeographischer Grundlage. Sitz-Ber. preuss. Ak. Berlin, 1910.
4. *Hilgard, E. W.*—Über der Einfluss des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bodens. 1893.
5. *Hilgard, E. W.*—Die Böden arider und humider Länder. Intern. Mitt. f. Bodenk. T. I.
6. *Hilgard, E. W.*—Soils, their formation, properties, composition and relation to climate and plant growth. Washington, 1914.
7. *Köppen, W.*—Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzwelt. 1900.
8. *Köppen, W.*—Klassifikation des Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf, Pet. Geog. Mitt. 64.

9. Köppen, W.—Klimaformel und reduzierte Regenmenge. Mit. Zeitschr. 1919.
10. Köppen, W.—Die Klimate der Erde. Berlin, 1923.
11. Brockmann-Jerosch, H.—Baumgrenze und Klimacharakter. Beiträge z. geobotan Landesaufn. I. Zürich 1919.
12. Hettner, A.—Die Klimate der Erde. Geogr. Zeitschr. 1911.
13. Transeau, E. N.—Forest Centers Eastern America, 1905.
14. Livingston, E. und Shreve, F.—The distribution of vegetation in the U. S. A. as related to climatic conditions, Washington. 1925.
15. Szymkiewicz, D.—Etudes climatologiques, A. S. Acta Societatis Botanicorum Poloniae. Varsovie 1925.
16. Ule, W.—Zur Beurteilung der Evaporationskraft eines Klimas. Met. Zeitschrift. 1891.
17. Fischer, H.—Beziehungen zwischen Bodenbildung und Klima. Naturw. Wochenschrift. XXVIII. 763. 1913.
18. Wiegner, G.—Boden und Bodenbildung. Dresden und Leipzig. 1918.
19. Lang, R.—Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Inter. Mitt. f. Bodenkunden 1915.
20. Lang, R.—Witterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. Stuttgart. 1920.
21. Lang, R.—Über Nomenklatur der Böden. Comptes rendues. Prague, 1924.
22. Stremme, H.—Zur Kenntnis der Bodentypen. Geol. Rdsch 7, 330. 1917.
23. Meyer, A.—Über einige Zusammenhänge zwischen Klima und Boden in Europa. Chem. d. Erde. 2, 209, 1926.
24. Hahn, J.—Lehrbuch der Meteorologie. 4. ed. Leipzig, 1925.
25. Wiegner, J.—Neuere Bodenuntersuchungen in der Schweiz. Schweinelandw. Mh. Cuaderno 8, 1927.
27. Jenny H.—Klima und Klimabodentypen in Europa und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Bodenkunde Forschgn. 1, 190, 1929.
28. Ramann, E.—Bodenkunde. Berlin, 1905.
29. Blanckhorn.—Geol. Zentralbl. 345, 1909.
30. Ramann, E.—Bodenbildung und Bodeneinteilung. Berlin, 1918.
31. Andree, K. und Kraus, E.—Geologie in Tabellen II. Berlin, 1921.

