

INSTITUTO DE ESPAÑA
REAL ACADEMIA DE FARMACIA

LA EDAFOLOGIA COMO CIENCIA
EL PROBLEMA DE LAS CLASIFICACIONES
DE SUELOS

DISCURSO

LEIDO EN LA SOLEMNE SESION INAUGURAL DEL CURSO 1979-80
EL DIA 17 DE ENERO DE 1980

POR EL

Excmo. Sr. D. Angel Hoyos de Castro
ACADEMICO DE NUMERO



MADRID-1980

**LA EDAFOLOGIA COMO CIENCIA EL PROBLEMA
DE LAS CLASIFICACIONES DE SUELOS**

INTRODUCCIÓN

En la época actual la Edafología se considera una Ciencia. Según Hubert (1938) todas las ciencias tratan en último término de los mismos temas, es decir, de los movimientos y las configuraciones variables de la materia, junto con las transformaciones de la energía que las acompañan.

Puesto que las ciencias principales difieren entre sí solamente por el objeto, por la escala en que realiza su estudio o por ambas cosas a la vez, es evidente que dependen unas de otras, en la medida que una ciencia menos fundamental necesita de los métodos y los -datos de otras más fundamentales.

La ciencia más fundamental es la Física, que no necesita ayuda de ninguna otra ciencia. Por tanto a la Física le corresponde el orden cero de dependencia. Las dos ciencias principales de orden 1 (la Química y la Astronomía) trabajan en una escala molecular y atómica la primera, y celeste la segunda, y están basadas en la Física. En otras palabras, cuando la Química y la Astronomía salen del estadio elemental del estudio puramente descriptivo tienen que recurrir a las leyes y principios físicos para la explicación de las observaciones y los hechos. Los límites entre la Física y las otras dos Ciencias no son netos sino graduales y aparecen denominaciones -conjuntas, tales como química-física y astro-física.

Dentro de las Ciencias de orden 2 está la Geología, que difiere -de la Astronomía solamente por la escala de su objeto de estudio, pero que depende de las otras Ciencias.

Cuando el objeto del estudio es el suelo, la Ciencia correspondiente podría incluirse dentro de la Geología, y esta dirección geológica, si se considera el suelo como un sedimento más, ha sido seguida por numerosos autores.

Pero el suelo se ha utilizado desde siempre como soporte para la obtención de plantas útiles al hombre y cabe preguntarse si este concepto utilitario incluye o no las características de una ciencia.

Depende entonces de cual sea nuestra acepción de la palabra suelo el que lo consideremos como objeto de estudio entroncado

en la Geología o como material soporte. En ningún caso podría constituir una ciencia independiente.

Si bien la ciencia del suelo ha desarrollado su infancia en esas dos ciencias: la Geología y la Química agrícola, su concepción actual no encaja estrictamente en ninguna de ellas y, de ahí, que a medida que progresan los conocimientos se constituya como ciencia independiente.

Dice Albareda (1940) que el que un objeto nos reporte beneficios económicos no es motivo suficiente para que deje de estudiarse en otros aspectos. Todo lo que existe tiene razón de ser y debe ser objeto de Ciencia pura; algunas cosas, además, sirven a la producción. Habría que estudiarlas también con todo interés en su aspecto productor. Pero sería ilógico despojarlas, por ser útiles, de la consideración puramente científica, que merecen todas las cosas.

La fuerte dependencia del suelo de su origen (Geología) y de su utilización (Agriculutra) ha hecho que la Ciencia del suelo, como ciencia independiente, no se haya desarrollado hasta época relativamente reciente. Cuando se hace un estudio histórico se ve que el concepto del suelo viene condicionado por los supuestos indicados.

Sin embargo, llega un momento en que se establecen los fundamentos de la nueva Ciencia; es en 1877, fecha en que Ucrania sufrió una sequía catastrófica, cuando una sociedad rusa financió una expedición científica para estudiar sobre los mismos lugares los efectos del fenómeno y los remedios posible. Y es un geólogo, Dokuchaiev, el que estudia los suelos, define y describe perfiles y llega a una primera conclusión fundamental; en esta región, la naturaleza del suelo es prácticamente independiente del material original y su formación se debe a la vegetación, ligada al clima.

El estudio, por el mismo autor, de los suelos de otras regiones le lleva a establecer diferencias acusadas con los suelos anteriores y le permite concluir que el suelo es función del clima.

Durante sus investigaciones, Dokuchiev reunió las observaciones que le permitieron sentar las bases maestras de la nueva ciencia y establecer las doctrinas de su escuela, que retocada y enriquecida por estudios posteriores, resultó el embrión de la Edafología. De aquí que se le considere como el padre de esta Ciencia.

Comienzan a partir de aquí, y son cada vez más numerosos, los estudios de los suelos que afectan a sus características, propiedades, dinamismo, génesis, clasificación, etc. Se va creando el cuerpo de doctrina de la nueva Ciencia que recibe un espaldarazo inicial cuando fundada la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, se reúne por primera vez en Washinton en 1924.

Desde entonces hasta ahora, el gran número de estudios realizados hacen que se considere la Edafología como ciencia independiente que estudia la génesis, naturaleza y uso potencial del suelo,

en la que se incluyen tanto las investigaciones en el campo como en el laboratorio.

De cualquier manera, no será una Ciencia general, como la Lógica o las Matemáticas, sino una ciencia empírica que utiliza una metodología científica, la cual incluye una serie de supuestos que pueden darse todo o en parte.

1. Selección del sistema o sistemas a estudiar (pedon, catena, etcétera).
2. Medida de las propiedades del sistema y del entorno interactuante.
3. Ordenación y condensación de estos datos (clasificación).
4. Establecimiento de hipótesis para explicar los datos.
5. Confrontación de las hipótesis frente a nuevos datos.
6. Estructuración de las hipótesis confirmadas en leyes científicas, que forman un cuerpo bien establecido en una teoría formal.
7. Uso de las leyes científicas para predecir fenómenos aún no conocidos.

Según cual sea el objetivo que se pretenda en el estudio habrá que tener en cuenta preferente o exclusivamente alguno de estos supuestos. Para un servicio de suelos bastarían los tres primeros; en la comprensión de la génesis serían valederos el 4 y el 5. El objetivo final, que vendría realizado por los apartados 6 y 7, no se ha alcanzado aún en la Edafología, o solo parcialmente en algunos casos por empleo de leyes científicas tomadas a las ciencias básicas, como es el uso de la Termodinámica para predecir ciertos fenómenos reversibles o de estabilidad mineralógica.

Siendo el suelo el objeto de estudio de la Edafología, habrá que tener en cuenta tanto el resultado final, suelo, como a qué se debe ese resultado.

De este modo se consideran los factores de formación y los procesos que tienen lugar hasta alcanzar el estado en que se encuentra 'el suelo.

Esto conduce a la consideración de que el suelo es un sistema abierto, porque pierde y recibe materiales y energía de su entorno y como la mayor parte de los sistemas abiertos es jerárquico, 10 que significa que se puede dividir en subsistemas de distinta complejidad (Whyte, H)69). El conjunto de objetos que constituyen el sistema. o sustancias están unidos por una interdependencia de tal manera que forman un completo (Patten, 1971).

El que el suelo se pueda considerar como un sistema abierto, no excluye la posibilidad de introducir el concepto de estado estacionario, entendiéndolo por tal, aquel en que las variaciones que se producen como consecuencia de las interacciones de los factores de formación, son de tal naturaleza e intensidad que no son apenas percepti-

bles en el tiempo. Este estado estacionario correspondería a la noción de suelos climax.

Dentro del sistema general se pueden considerar unos subsistemas con distintos niveles de organización, los que a su vez condicionan el tipo de sistema a emplear.

Los edafólogos emplean principalmente cinco de entre los once diferentes que establece Chorley (1971). De cualquier modo la posibilidad de aplicar la teoría de sistemas al estudio del suelo ha resultado muy fructífera.

Pero al ser el sistema natural suelo muy complejo, los edafólogos constituyen modelos como instrumentos convenientes para recoger, describir, explicar y predecir datos. En realidad, estos modelos son sistemas, pero de estructura más simple y, a menudo, más abstracta, con análoga estructura (Bartels y Naut, 1969).

EL DESARROLLO DE LA CIENCIA

La Ciencia evoluciona y al mismo tiempo se diversifica. Los conocimientos en que se basa la Ciencia son cada vez mayores y permiten afrontar nuevos campos de investigación que a su vez son origen de nuevos conocimientos. El engranaje funciona de tal manera que ejerce un efecto multiplicador, y al mismo tiempo específico. La técnica se aprovecha de estos factores y con su desarrollo permite disponer de los medios necesarios para intentar nuevas aventuras en el campo del conocimiento. La diversificación de conoceres impide por otra parte la existencia de genios universales al estilo de Aristóteles o Leonardo da Vinci. Cada vez se sabe más de menos cosas y se puede llegar a la aberración del sabio analfabeto: sabio en determinadas cuestiones pero analfabeto respecto a otras.

A lo largo de la vida de la Humanidad ha habido en todas las ocasiones grandes hombres, dotados de condiciones por encima de las corrientes, los genios, de que hablaba en el discurso de apertura del curso anterior, el Académico Sr. Otero. Son personas que han dejado huella en la Ciencia y que han dado un impulso gigantesco a su desarrollo. Alrededor de sus teorías se han forjado grupos de trabajo que han impuesto una celeridad al desarrollo. Estos sabios, con su trabajo, han sido un escalón que ha servido como de trampolín para desde él saltar a nuevas adquisiciones. Sus concepciones han abierto una brecha en la muralla de lo desconocido que ha permitido la investigación de fuertes contingentes de personas que se han lanzado a conquistar el nuevo espacio abierto hacia unos descubrimientos o aplicación de los mismos. Nombres que suenan tanto como Newton, Einstein, Planck, de Broglie, Fleming y tantos otros han expuesto teorías o han establecido hechos que tras su debida comprobación han abierto la puerta para adentrarse en el camino de

lo desconocido, resuelto problemas inexplicables, y origen de nuevas facetas del mundo. En el terreno de la Edafología, podríamos considerar como uno de los grandes hombres de esta Ciencia a Dokuchaiev.

El desarrollo de la Ciencia se traduce tanto en la creación de nuevos puntos de vista y de un mejor conocimiento de los hechos como en los frutos que se deducen de aquellos logros. La concepción de la posibilidad de romper el núcleo de los átomos por bombardeo de núcleos pesados con partículas más ligeras condujo al experimento compuesto y a su aplicación a las bombas atómicas y al empleo de plantas nucleares para la obtención de energía. El descubrimiento por Fleming de la penicilina abrió el amplio campo de la era de los antibióticos. El desarrollo de las computadoras y de los combustibles líquidos permitieron la construcción de cohetes y su empleo para la exploración de la Luna y otros planetas. A cada gran concepción científica viene asociada una aplicación práctica de primera importancia.

Cabe pensar, entonces, en una posible cuantificación del desarrollo de la Ciencia. Una de las posibilidades de operar sería medir ese desarrollo por los logros prácticos que se han obtenido, los beneficios -o los perjuicios- que se han deducido para la Humanidad, la importancia social de los descubrimientos. Estos procedimientos se resisten a una cuantificación adecuada y hay que buscar otros caminos si queremos seguir de una manera aproximada cuál es la: velocidad del desarrollo de la Ciencia. Y, aún hoy, habrá que discriminar entre las diversas ciencias pues su desarrollo se ha producido de manera muy diversa y con intensidad diferente.

De todos modos, es un hecho que se da como evidente que el desarrollo de cualquier ciencia se produce de una manera exponencial, es decir, que la tasa de crecimiento de la ciencia, en un momento dado, es proporcional al tamaño total hasta entonces adquirido. Este crecimiento exponencial es característico de la mayor parte de los hechos biológicos -aumento de población- y sociales, tales como utilización de fuentes de energía, extracción de minerales útiles, y tantos otros que regulan el devenir de nuestra Tierra. En el caso del desarrollo de la Ciencia habrá que buscar determinados parámetros que nos permitan comprobar de una manera asequible el fenómeno, establecer sus causas y conocer el índice de desarrollo.

En el momento actual, la enorme facilidad de la comunicación, y la existencia de revistas índices -Abstracts- permite tomar como índice del desarrollo de la Ciencia el número de publicaciones anuales acerca de un campo determinado o una Ciencia definida. Cuanto mayor sea el desarrollo mayor será el número de publicaciones que se produzcan. Las limitaciones al método son obvias: resulta imposible recopilar todos los artículos o trabajos de investigación que se producen en el mundo entero y que se publican en las infinitas revistas repartidas por todo el mundo. Los datos obtenidos son, por tanto,

solamente indicativos y de ninguna manera ciertos en su totalidad, pero marcan una tendencia aproximada tanto mayor cuanto más amplias sean las fuentes de recogida de datos. Este análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica constituye una rama de la Historia y Sociología de la Ciencia que ha alcanzado un amplio -crecimiento en los últimos años y que trata de analizar el fenómeno científico partiendo de los mismos métodos que hicieron posible el desarrollo de la ciencia: objetivando y cuantificando o que de una forma espontánea o instintiva se había observado o descrito. Indudablemente, este programa de trabajo, que ha obtenido resultados alentadores, ataca al problema por su parte más sensible pero puede ser un índice valioso para alcanzar una visión, aunque imperfecta, del desarrollo que pretendemos estudiar.

Una característica que diferencia, en parte, el crecimiento de la literatura científica de otros fenómenos que se rigen por la misma ley exponencial es que la intensidad de su ritmo de crecimiento es en general muy superior. Así, mientras la duplicación de la población humana se estimaba que necesitaba de 40 a 50 años, la Ciencia, medida a través de sus publicaciones, se duplica cada 15 años. La exponencialidad del crecimiento corresponde al modelo propugnado por el Dr. Solla Price (1933) que considera el período desde el siglo XVII hasta la actualidad.

Los datos obtenidos con numerosas ciencias permiten establecer, a partir de este parámetro de duplicación, lo que se puede denominar «modernidad» de la Ciencia que se establece en épocas distintas para Ciencias diversas: para la Física hacia la década de los años diez de este siglo, algo más tarde para la Química y hacia los años treinta para la Biología. La Edafología no alcanza este período hasta los años cincuenta, es decir, va con retraso respecto a las otras ciencias afines, y esto en parte, porque es el desarrollo de aquéllas lo que permite una mayor aceleración en el de la Edafología, que se aprovecha de los conocimientos adquiridos.

El crecimiento exponencial indefinido se resiste a la lógica. Habrá que pensar que llegará un momento en que la curva se transforme en un sigmoide, por alcanzar un punto de saturación. Esta teoría, predicha por el mismo Price, la apoya en datos deducidos del comportamiento de determinados sistemas biológicos y del análisis de la evolución de aspectos generales de la Ciencia que muestran este comportamiento.

De todas formas la teoría original de Price, que conduce a esta saturación, no ha sido aceptada por todos y así los autores soviéticos siguen postulando un crecimiento sostenido. Otros, más eclécticos, hablan de un crecimiento «escalonado: en el que se mantiene el crecimiento sostenido de la producción científica pero basado en una serie de tramos o «escalones» de crecimiento sigmoide en el que los períodos de saturación corresponden a cambios cualitativos en

el proceso de producción y que en el caso concreto de la literatura científica puede llegar a representar simplemente cambios en los sistemas de información y comunicación.

La teoría de un crecimiento con saturación puede obedecer a varias causas diferentes y, por tanto, no ser siempre producto de las mismas razones. Por poner un ejemplo, dentro del campo de la Edafología, parece bastante demostrado que aspectos parciales de esta ciencia, tales como las publicaciones sobre series de suelos americanos, así como los de micromorfología han llegado a este punto -de saturación. Pero en el primer caso, es como consecuencia de afectar a la descripción y tipificación de un espacio geográfico determinado con unos límites físicos definidos que conducen a la saturación; la micromorfología, por otra parte, resultó una técnica innovadora de gran interés, que tuvo un éxito indudable en el campo de la Edafología y que actuó como catalizador de unas investigaciones, pero que también debía alcanzar sus propios límites de creatividad e innovación y con ellos el comienzo de la saturación. No resulta, de todos modos, indudable que los resultados obtenidos con estudios parciales de una ciencia sean extrapolables al conjunto total de esa Ciencia o de la generalidad de todas las Ciencias.

La utilización del número de publicaciones y su ritmo de crecimiento, no es el único parámetro que puede darnos una idea del desarrollo de la Ciencia. Resulta interesante considerar cuál puede ser la importancia para la Ciencia de los trabajos publicados, pues es indudable que al lado de trabajos que abran nuevos caminos, existen otros cuyo impacto en la Ciencia es mucho menor. Una medida aproximada de esta importancia es la vigencia de las publicaciones, el tiempo durante el cual perduran, es decir, la antigüedad de las citas bibliográficas.

Es indudable que el ritmo acelerado de crecimiento de la Ciencia y las facilidades existentes de comunicación, hacen «envejecer» las publicaciones rápidamente. Cada autor de una nueva publicación intenta buscar los antecedentes más próximos que puedan avalar o contribuir a reforzar sus argumentos. De aquí, que con la excepción de trabajos clásicos y geniales, base de nuevas concepciones, la mayor parte de las investigaciones no aportan más que detalles y son las últimas publicadas las que merecen el favor de los nuevos autores. Se puede definir el concepto de «vida media», que sería el período de tiempo en el que se publica el cincuenta por ciento de las citas recogidas en cualquier trabajo científico. Los estudios realizados dan diferentes valores para las distintas Ciencias pero, en líneas generales, se puede apreciar que las citas que aparecen con más frecuencia son las que tienen tres o cuatro años de antigüedad, descendiendo a partir de aquí de forma progresiva.

Este resultado de carácter general no se mantiene de una manera absoluta. Cuando se compara lo definido por vida media se puede

ver que las distintas disciplinas se comportan diferentemente. Así por ejemplo, la vida media tiene los siguientes valores: Ingeniería, metalúrgica 3,9; Física 4,6; Ingeniería Química 4,8; Fisiología 7,2; Química 8,1; Botánica 10,0; Geología 11,8 años. Se puede ver que en las disciplinas «tecnológicas», debido seguramente a que intervienen en las mismas en mayor proporción los trabajos «efímeros», en general modificaciones de técnicas o escasas aportaciones conceptuales, las citas tienen una vida media menor que en las disciplinas; «clásicas» en las cuales existen con mayor amplitud pioneros en invenciones tecnológicas o conceptuales, o síntesis importantes de la materia. La Edafología con una vida media de 6,8 años se encuentra: entre ambos tipos de disciplinas, pues no habiendo alcanzado aún mucho desarrollo se apoya en concepciones fundamentales por una parte, y por otra necesita un gran acopio de datos nuevos sin gran transcendencia, que rebajan el valor de esa vida media.

Otro parámetro que puede indicar el desarrollo de la Ciencia es el número de autores. Es indudable que al comienzo de una Ciencia el número de autores es pequeño y que se va incrementando de una manera paralela a su desarrollo. La actividad de estos autores se traduce en trabajos y se ha podido ver que la relación número de autores/número de trabajos por año está cercana a la unidad con una ligera regresión. Este hecho que parece indicar que en términos muy simples cada autor debe publicar un trabajo por año, debe ser matizado por dos circunstancias que aparecen modernamente en la estructura productiva de los trabajos científicos. Por una parte, se aprecia que el número de trabajos en colaboración se incrementa progresivamente de año en año, de tal forma que en la actualidad más del cincuenta por ciento de los trabajos se realizan en colaboración. Esto es la expresión del concepto de equipo cada vez más desarrollado. Por otro lado, se encuentra que la distribución de los autores según el grado de productividad sigue una relación muy característica de tipo semilogarítmico (conocido en general como la Ley de Lotka) de tal forma que los muy productivos aparecen en número muy escaso frente a los pequeños productores que son extremadamente abundantes. Aquí, juega un papel muy importante la existencia de escuelas o maestros. Dado que estos son escasos, explican hasta cierto punto el hecho a primera vista paradójico de que la productividad de cada autor disminuye de forma evidente a medida que aumenta su número, contrariamente a lo que se podría esperar de la potenciación que surgiría de una interrelación creciente entre los investigadores.

En los grandes productores, los maestros, se reúnen las características de cantidad y calidad de producción que dan origen a los denominados trabajos clásicos, cuya detección se puede realizar fácilmente analizando el sistema de referencias de un determinado tema:

durante un período de tiempo dado, durante un congreso monográfico, etc.

La concentración de citas sobre determinados autores, es la expresión de las escuelas citadas. Estas, en general, se articulan u orientan por factores derivados de la aceptación de un determinado desarrollo conceptual o metodología científica específica, pero también, y es un aspecto que interesa destacar en este estudio sociométrico, por factores extracientíficos, tales como pueden ser las barreras idiomáticas que tienden a que las citas dentro del mismo idioma: tengan mayor peso que las de idiomas ajenos. También influye la productividad de las distintas áreas idiomáticas, lo que hace variar el porcentaje de citas internas, es decir, pertenecientes al mismo idioma que el trabajo original. Y juega asimismo un papel el prestigio nacional, contrarrestado en parte, a veces, con un esnobismo a ultranza.

El objeto del estudio, cuando se trata de disciplinas geográficas, impone una concentración de citas derivadas de la «territorialidad» o semejanzas de las condiciones y características que determinan los rasgos de un territorio determinado, por ejemplo, clima, geología (suelos volcánicos) u otros caracteres.

Otro factor a analizar sería el desarrollo de los distintos campos dentro de una misma Ciencia, y en ellos también se encuentra el impacto de los grandes descubrimientos que acelera el desarrollo inmediato de algunos de aquellos.

DESARROLLO DE LA EDAFOLOGÍA

La aplicación de los parámetros indicados al desarrollo de la Edafología ha sido objeto de varios trabajos y últimamente lo ha tratado Díaz-Fierros (1979) que hace un estudio general y sus aplicaciones a España. Las conclusiones más interesantes las resumimos en los datos siguientes.

Parte para su estudio de los datos recogidos en *Soil and Fertilizers* debidamente matizados por otras publicaciones pensando sobre todo que en la primera revista no se recogen la totalidad de las publicaciones, en atención al hecho de que muchas citas españolas no aparecen. Observa de forma inequívoca como desde el final de la década de los cincuenta se inicia un crecimiento de ritmo exponencial que se mantiene ya hasta la actualidad. Para la Edafología, la media se alcanza en la década de los cincuenta, más atrasada, como ya hemos citado, que otras ciencias, lo que indicaría que es una ciencia más joven. También hemos citado ya que la vida media de la bibliografía es de 6,8 años. La Edafología sigue la misma marcha que las otras ciencias y así se encuentra que en la parte de esta Ciencia que se refiere a la Sistemática y Génesis cada trabajo

se realiza en colaboración por una media de 1,75 a 2 autores y que es muy importante el papel jugado por los grandes productores : hasta tal punto que si se recogen las citas correspondientes al congreso sobre «Estructura y función de las sustancias húmicas» celebrado en Wageningen (Holanda) en 1972 se puede apreciar que sólo seis autores concentran el noventa y tres por ciento de las relaciones de las referencias establecidas.

Resulta de gran importancia para conocer el desarrollo de la Ciencia la evaluación en los distintos campos de especialización que permite reconocer la falta posible de desarrollo armónico. El estudio de Díaz-Fierros en el campo de la Edafología permite deducir las siguientes conclusiones:

Al término de la segunda guerra mundial, las especializaciones predominantes eran las de Química del Suelo y de Fertilidad, observándose desde entonces un lento decrecimiento en importancia, sobre todo en esta última, ya que la Química parece experimentar en los últimos años una cierta recuperación.

La Biología del Suelo y, sobre todo, la Sistemática, experimentan un crecimiento gradual y significativo.

Las técnicas y análisis manifiestan una expansión destacable hasta el año 1955, estabilizándose a partir de este período.

La Física del suelo es la más constante de las especialidades si bien en los últimos años parece apreciarse una cierta recesión.

Del análisis de los datos parece deducirse que en la Edafología existió un período de consolidación hasta la década de los cincuenta, durante el cual hubo una preocupación preferente por los problemas metodológicos, así como un ritmo de crecimiento inferior al de las disciplinas clásicas. A partir de entonces se produce un incremento en el ritmo de producción (con duplicación a los 15 años), y los problemas conceptuales (sistemática) pasan a ocupar un papel fundamental.

La disminución de trabajos en el campo de la fertilidad puede ser aparente más que real si se considera que muchos resultados en este campo se recogen en boletines o resúmenes internos de escasa difusión y que, por tanto, no aparecen recogidos en los abstracts correspondientes.

La propia esencia de la Edafología le confiere un matiz regionalista muy acusado. Se han hecho intentos (Yaalon, 1964) de relacionar el desarrollo con determinados índices tales como el nivel de renta de cada país y, por tanto, con los gastos de investigación que -de ese concepto se pueden derivar. Si bien existe un determinado paralelismo, parece que en determinadas naciones, tales como la U. R. S. S. -sobre todo- e India y Pakistán, el índice número de publicaciones/millones en investigaciones agrícolas, es superior al de

otras nacionalidades, lo que indicaría que el mismo dinero empleado en este tipo de investigaciones genera mayor número de resultados.

Sin embargo, se comprende las limitaciones de estos índices, cuando se tenga en cuenta no sólo el número sino la calidad de los trabajos.

La producción de trabajos de índole edafológica en los años 1961 y 1962, alcanza la cifra de 1.400, que repartidos en las distintas especialidades se agrupan del siguiente modo: 34,4 por 100 de Química; 19,6 por 100 Física; 21,8 por 100 Biología; 17,6 por 100 Génesis; 6,6 por 100 Tecnología y 16 por 100 Técnicas y análisis. En todos los casos, las regiones que más contribuyen a esta producción son Estados Unidos y Canadá, los países del Oeste de Europa y la U. R. S. S., pero si bien las dos primeras tienen predominio en Química, Física y Técnicas y análisis, la U. R. S. S. ha desarrollado más la génesis y la tecnología del suelo y dentro de la Química del suelo fundamentalmente la materia orgánica, El mayor desarrollo de la Física en países más ricos puede deberse a que exige técnicas más sofisticadas y que exigen un mayor grado de conocimientos, incorporándose a los laboratorios en una segunda etapa de desarrollo no alcanzada por los países más pobres. En génesis y sistemática destacan dos grupos de países: por un lado Rusia y por otro Australia y Nueva Zelanda, y otro que se concreta fundamentalmente en América Latina y África.

En el primer caso sería el resultado de una continuación de lo tradicional, que para los otros reflejaría la preocupación por el conocimiento de los suelos de las partes menos conocidas en el mundo.

LA EDAFOLOGÍA EN ESPAÑA

Si el desarrollo de la Ciencia edafológica en el mundo es reciente, en España se inicia en la década de los veinte con los trabajos de Huguet del Villar y Albareda y se impulsa de una manera real y eficaz con la creación de los centros de Edafología en el seno del C. S. I. C., y la incorporación de la Edafología a los planes de estudio de la Facultad de Farmacia.

Las limitaciones que se encuentran cuando se trata de cuantificar el desarrollo de la Ciencia a escala mundial se acrecientan en el caso de la Edafología en España. De aquí la importancia que tiene el trabajo ya citado de Díaz-Fierros con la búsqueda de antecedentes en las revistas -sobre todo los Anales de Edafología que aparece el año 1942- en las que suelen publicar los edafólogos españoles. Con las debidas suposiciones, estima el autor que efectivamente el crecimiento es exponencial, pero que el ritmo de duplicación de los 15 años se alcanza en la década de los setenta, lo que supone un retraso de unos 15 años con relación al mundial. Estamos ahora en el grado de consolidación y desarrollo similar al que tenía; la Europa occidental en la década de los años cincuenta.

Este desarrollo limitado se manifiesta cuando se refiere a la espe-

cialización. Nos encontramos con que las especialidades menos cultivadas son las de Física y Biología del Suelo, que como ya indicábamos antes parecen objetivos a alcanzar en una segunda etapa de desarrollo, si bien caben también otras interpretaciones como falta de coordinación y planificación que promueva un desarrollo equilibrado.

Por otra parte, y cuando se comparan las necesidades de los distintos tipos de investigación en relación con la etapa de desarrollo, nos encontramos que en el campo de la Edafología en España hay quizás un predominio de investigación básica frente a las necesidades para un país de desarrollo intermedio como el nuestro.

El estudio efectuado, con todas las limitaciones apuntadas, permite precisar que la Edafología a nivel mundial ha superado la fase inicial metodológica y que se ocupa en la actualidad de problemas más conceptuales, como son los de sistemática, en cuyo campo trata de encontrar un camino válido, tanto teórico como práctico, para la clasificación de todos los suelos del mundo; objetivo básico -el de la clasificación- de las Ciencias naturales. Esto nos lleva a plantearnos el problema de las clasificaciones: su filosofía, sus objetivos y el estado actual de la cuestión en este campo.

EL PROBLEMA DE LAS CLASIFICACIONES

Cuando una Ciencia natural ha alcanzado un determinado grado de desarrollo, se encuentra con un acervo de conocimientos acerca de los entes naturales que corresponden al objeto de su estudio. Así, la Botánica conoce los seres naturales que son las plantas; la Zoología, los animales; la Mineralogía, los minerales y la Edafología, los suelos. Se presenta, entonces, ante el espíritu, la necesidad inmediata de comparar: establecer analogías que permitan agrupar entes semejantes y diferencias que consigan separar individuos en categorías diferentes. El conjunto de estas agrupaciones y separaciones, que al mismo tiempo suponen un beneficio para el estudio, lleva de la mano a la clasificación.

La primera cuestión que se presenta es si la clasificación es realmente una operación indispensable. Para Brien, 1963, «clasificar es una necesidad para el espíritu humano que aspira al conocimiento. Es una operación que le es inherente e ineluctable en tanto que se esfuerza en percibir y penetrar en la Naturaleza». Más imaginativo Glarageaud, 1956, afirma que «la clasificación es tan indispensable para las Ciencias de la Materia como el solfeo para la música». También Pantin, 1968, defiende el valor heurístico de la clasificación y sostiene que todas las ciencias son clasificatorias y que todo acto de conocimiento supone una operación de clasificación. En cambio, para determinados biólogos contemporáneos la clasificación no es

más que un primer estadio indispensable de todas las ciencias (Nagel, 1961).

Más información sobre el problema referente a la estructura de las clasificaciones y su papel en la ciencia se puede encontrar en un coloquio sobre la clasificación en las ciencias y artículos de Falín, 1971, Hull, 1970, y Sandri, 1969.

Mill (1925) discute las bases lógicas y principios del proceso de clasificación que explican las razones por las cuales el hombre clasifica, Se clasifican fenómenos naturales para:

1. Organizar conocimientos.
2. Comprender relaciones entre los individuos.
3. Recordar propiedades de los objetos clasificados.
4. Conocer nuevas relaciones y principios en la población que se clasifica.
5. Establecer grupos o subdivisiones de los objetos en estudio de una manera útil para propósitos prácticos o aplicados para predecir su comportamiento, identificar su mejor uso, estimar su productividad, extrapolar nuestros conocimientos.

Una clasificación que atiende a un propósito práctico, específico, aplicado es lo que Cline (1949) define como una *agrupación técnica*. Pero, en actividades científicas, se pueden presentar al clasificar objetivos científicos que permiten separar o agrupar individuos atendiendo a sus características pero sin tener en cuenta su posible aprovechamiento. Nos encontramos entonces con una clasificación natural, en la cual se consideran todos los atributos de una población y se seleccionan sólo aquellas que tienen el mayor número de características covariantes o asociadas para definir y separar las distintas clases (Mill, 1925).

Las dificultades para este menester se pueden presentar como consecuencia de la falta del conocimiento preciso de los seres naturales que se integran en la Ciencia correspondiente. Y es aquí donde se encuentra la primera limitación de las posibles clasificaciones de suelos.

Mientras que es fácil definir un individuo planta, animal o mineral precisamente por ser eso, un individuo aislado de cualquier otro, cuando se trata del suelo comienzan las dificultades. El suelo es en principio difícil de definir y además es un continuo en el que resulta casi imposible la individualización. ¿Dónde comienza y dónde acaba el individuo suelo? Cuando se quiere reconocer un suelo el procedimiento más común consiste en abrir una zanja y estudiar las características que se presentan en el corte superficial, lo que se denomina el perfil. De este modo se aprecian las distintas capas que se diferencian por el color u otras propiedades, los denominados horizontes y así se llega a la descripción completa del suelo. Sin embargo, existen varias limitaciones a este modo de proceder. Mientras la parte superficial del suelo, normalmente queda bien delimitada, no sucede

lo mismo con los límites inferior y laterales. ¿ Dónde termina, en el perfil, el suelo en profundidad? ¿ Qué superficie debemos abrir y estudiar para definir el suelo? Un cambio lateral de características. no suele presentar un límite tan abrupto que permita asegurar que se trata de otro individuo diferente salvo en casos tan particulares; como puede ser una roca cortada a pico. Pero eso nos llevaría a no considerar más suelos que los que se presentan en esas condiciones.

Por otra parte, el corte que hacemos nos permite reconocer una, superficie y el suelo es un cuerpo tridimensional; en el cual las propiedades y características pueden variar no solo en profundidad y longitudinalmente sino en la anchura; el simple reconocimiento del perfil no da cuenta cabal de todo el individuo.

Uno de los logros de la Clasificación americana consiste en el establecimiento del pedón, definido como el volumen mínimo que tiene la más pequeña superficie del suelo que debemos descubrir, muestrear, a fin de representar la naturaleza y colocación de sus horizontes y la variabilidad de sus propiedades que estarán contenidas en las muestras. Su área es de 1 a 10 m² dependiendo de la variabilidad de los horizontes. Su configuración es aproximadamente hexagonal y una dimensión lateral no debe diferir apreciablemente de otra. De este modo el concepto de pedón amplía al de perfil para: incluir tanto la extensión lateral como la vertical y establece límites, al volumen que debe ser considerado. Sin embargo, raramente la individualidad suelo puede ser descrita y definida a partir de un pedón, por lo que se establece el concepto de polipedón que es el enlace esencial entre las entidades suelo básicas (pedón) y los individuos suelo que forman unidades en el sistema taxonómico. Se define (Johnson, 1963) como «uno o más pedones contiguos, que caen dentro del rango de una serie de suelos simples. Es un cuerpo suelo real, físico, limitado por el no suelo o por pedones de distinto carácter respecto al criterio utilizado para definir series. Su tamaño mínimo es el mismo que el tamaño mínimo de un pedón: 1 m², y no tiene límite máximo para su área. Sus límites con otros polipedones se determinan más o menos exactamente por definición».

El establecimiento de estos conceptos, pedones y polipedones, permiten dividir el continuo suelo en suelos o unidades individuales que se pueden situar en diferentes caminos en los sistemas taxonómicos.

CRITERIOS A TENER EN CUENTA PARA AGRUPAR INDIVIDUOS

Situados ya ante la existencia de individuos definidos el problema que se presenta es la adopción de un criterio que permita reconocer analogías y diferencias. Esto va unido al conocimiento real de los individuos y de aquí que a medida que este progrese la clasificación se irá haciendo cada vez más completa y más científica.

En realidad, una revisión de los criterios adoptados para clasificar suelos conduce a una historia de sus clasificaciones, que únicamente esbozaremos a grandes rasgos.

La falta de conocimiento científico y la utilización del suelo, hizo que el primer criterio para clasificar se buscara en propiedades reconocibles tales como color y estructura, como lo hizo el ingeniero ya hace unos 4.000 años (Thorp, 1936). O suelos buenos y malos: según su respuesta a las cosechas.

Con carácter ya algo más científico y teniendo en cuenta su origen, se tomó como criterio para clasificar bien sea la textura combinada con las propiedades agrícolas para categorías más bajas (Thaer, 1853) bien sea su origen geológico (Fallou, 1862; Richtofen, 1886).

Los estudios realizados por Dokuchaiev y sus discípulos, así como las especiales características de la región donde se desarrollaron sus conocimientos, les permitieron sentar las bases de una clasificación introduciendo el concepto de zonalidad que resultó ampliamente fructífero. En la llanura rusa el material es muy análogo, y en cambio el clima varía de una manera regular. Así, la temperatura aumenta de Norte a Sur y las precipitaciones y el grado de humedad aumenta de Este a Oeste. Estas variaciones climáticas condicionan una vegetación diferente y todo ello comunica su impronta al suelo. Esto es, entonces, el resultado de la serie de factores repartidos por zonas; la clasificación es zonal (suelos zonales, azonales e intrazonales) o también climática por ser el clima el principal factor formador.

Variantes de esta clasificación, más elaborados y que tienen en cuenta los distintos factores ecológicos tienen aún vigencia actuar (Duchaufour, 1976; Gavaud, 1973).

Las críticas principales que se hacen a esta clasificación se refieren a que se clasifican más factores fundamentales (clima fundamentalmente) que suelos.

Las propiedades de los suelos son el resultado de su génesis, en la cual intervienen como hemos dicho, tanto los factores de formación como los procesos. Basándose en estos últimos o coordinados con los primeros se han establecido unas clasificaciones que se llaman genéticas.

La primera actitud es la de un gran número de clasificadores soviéticos que integran en el esquema que presentan las zonas bioclimáticas. Existen otros que se apoyan esencialmente en los procesos. y entre los que consideran ambas cosas, es decir, que encuentran asociados procesos y factores, generalmente en este orden, se encuentran las clasificaciones americanas anteriores a 1960, las francesas, alemanas y muchas otras.

El inconveniente de estas clasificaciones genéticas es que hay siempre un desfase entre los factores exteriores y la situación edafológica actual. Además sería necesario poder evaluar los climas pa-

sados y la historia geomorfológica, lo que a veces es bastante difícil. En cuanto a los procesos Yaalon (1960) reconoce que su conocimiento es todavía reducido.

Pero incluso en clasificaciones como la Soil Taxonomy, que parecía alejarse mucho de la génesis, Smith, 1960, insiste en la relación que existe entre las grandes unidades de la clasificación y los datos genéticos; declara igualmente que solo se deben utilizar las propiedades que resultan de la pedo génesis o que la influyen. Califica así el sistema americano de morfogenético, lo que ha sido objeto de muchas críticas.

Kubiensky, 1958, por su parte escribe que los sistemas deben estar basados sobre las propiedades y no sobre la explicación de las propiedades.

Otras cuestiones que se presentan al tiempo de clasificar son las de saber si la clasificación debe ser descendente o sea analítica, o ascendente, por tanto sintética; y si la clasificación debe ser completa o incompleta, lo que refiere el problema a si debe ser científica o utilitaria.

En lo que se refiere al lenguaje para unos es necesario tener en cuenta los nombres vernáculos o usuales que los usuarios conocen de él. Pero para otros esto ni es posible ni es deseable. Palabras usuales como laterita, suelo pardo o podsol no son apropiados, ya -que reciben en países diferentes acepciones distintas. Por eso los americanos y la F. A. O. inventan un nuevo vocabulario.

La presentación de la clasificación puede variar de un ejemplo a otro. Así, se puede presentar bajo forma de una lista y será sistemática. Pero no todas las listas son idénticas; siguen generalmente un orden determinado. La clasificación de Kubiensky y la francesa van de los suelos menos desarrollados a los más desarrollados. En la clasificación rusa se sigue un orden climático, la Soil Taxonomy presenta sus unidades principales siguiendo el orden alfabético, lo que tendería a indicar que no hay relación entre ellas.

La clasificación puede también ser dinámica cuando se presenta mediante un esquema que muestra los lazos evolutivos entre las diferentes clases.

CLASIFICACIONES GENÉTICAS

Las clasificaciones genéticas son aquellas que se apoyan en las relaciones estrechas entre los factores de formación, los procesos y los suelos. Son muy numerosas y unas tienen tendencia a ser universales mientras otras se aplican a un país o a un grupo de países.

Muy importantes son las clasificaciones rusas (en Segalen, 1978), cuyos primeros estudios se apoyan en el tipo genético de suelo y vienen afectadas muy fuertemente por los problemas de utilización. Existen algunas llamadas geográfico-genéticas que se pueden com-

prender bien en el contexto de la Europa del Este. La inmensidad del territorio ha permitido la observación de una gran cantidad de suelos y factores de formación.

Las unidades de las clasificaciones soviéticas (Gerasimov, 1968) son :

Clase, definidas casi exclusivamente por criterios de clima y vegetación.

Subclase, unidas en general al modo de drenaje del suelo.

Tipo, nivel de clasificación más utilizado para las comparaciones regionales y las generalizaciones; aparece semejante al gran grupo de los americanos. En la definición de tipo el punto fundamental es que cada tipo no se ha podido desarrollar más que en un conjunto único de condiciones bioclimáticas e hidrológicas.

Subtipos, en que generalmente se atiende a la temperatura. *Géneros*, determinados por referencia del material original. *Especies* se definen con la ayuda de adjetivos referentes al grado de desarrollo del proceso más importante.

Las críticas más importantes es que las clases y subclases son unidades geográficas y no unidades de suelos, con datos bioclimáticos actuales que no se pueden afirmar que sean responsables de la diferenciación que se contempla.

Los edafólogos rusos no han estimado necesario crear un lenguaje propio para la edafología.

Dentro de las clasificaciones genéticas se pueden considerar las americanas anteriores a 1960. Marbut, 1928, elabora una clasificación ascendente a partir de series procediendo a simplificaciones sucesivas se introduce en el nivel superior el concepto de pedocal y pedalfer, términos que desaparecen en la clasificación de 1949, mientras permanecen los términos zonal, intrazonal y azonal, así como los principales subórdenes. A partir de 1951 los americanos siguen una vía totalmente diferente:

a) Renuncian a toda formulación genética directa en la clasificación que será decididamente ascendente.

b) Dan una prioridad a las características de los suelos, Pero a las características habituales van a agregar otras como el clima "del suelo, los regímenes de agua y la temperatura.

e) Renuncian a la nomenclatura tradicional e introducen términos enteramente nuevos.

Estos cambios se manifiestan por la salida en 1960 de la 7ª Aproximación que ha terminado en la Soil Taxonomy (1975).

Los franceses debido a su influencia en todos los continentes han realizado clasificaciones universales; la primera en 1944 fue publicada por Demolan. En 1956 existe un proyecto de Aubert-Duchau-four. El mismo Aubert presenta una clasificación, en 1965, que ha servido de base a las discusiones del grupo de edafólogos franceses. Duchaufour en 1970 introduce algunas modificaciones sig-

nificativas a diversos niveles; por ejemplo los andosoles no se consideran como una clase independiente ni constituyen una unidad particular (suelos emparentados) de la clase de suelos con perfil poco diferenciado que ha reemplazado a la de suelos poco evolucionados.

Dada la elaboración y el carácter mundial de la clasificación francesa nos detendremos algo más para establecer los criterios que: han llevado a establecer las distintas categorías.

Clase-Cuatro ideas fundamentales rigen la distinción a este nivel. La primera es el grado de evolución de los suelos. Así, suelos brutos y poco diferenciados se distinguen del resto de los suelos, con perfil A(B)C o ABC. Segunda idea: modo de alteración que: se define por la naturaleza de los sexquióxidos y el dominio de ciertos tipos de arcillas cuya presencia se expresa en el color y la estructura. La tercera idea, es el tipo de evolución de la materia orgánica en el perfil; se establecen distintos tipos de humus y se incluye el concepto de isohúmico. La cuarta, viene representada, por ciertos procesos fundamentales: hidromorfía, halomorfía considerados más rápidos que los precedentes.

Estos criterios no son muy claros. No hay un hilo que permita pasar de una clase a otra. No se ve, por ejemplo, sobre qué bases indiscutibles un suelo se atribuye más a la materia orgánica que a la mineral. No hay delimitaciones precisas, el concepto de isohumismo no está claro; se concede un excesivo papel a la roca madre en los suelos calcimagnésicos; hay falta de precisión en las distintas clases.

Subclases-Se toma como característica el pedo clima difícil de precisar. Las referencias a los climas utilizados, no tienen claridad. ni precisión y se habla de clima templado, clima templado húmedo, templado continental, muy frío, etc., sin definirlos, lo que hace casi imposible su clasificación. y siempre el peligro de clasificar climas. y no suelos.

Grupos-Se hacen intervenir los caracteres morfológicos correspondientes a procesos de evolución. En este nivel puede haber distinciones en el grado de intensidad de los procesos.

Aunque constituyen conjuntos más homogéneos y mejor delimitados se acusa siempre la falta de precisión, de tal manera que varios suelos puedan ser clasificados separadamente por varios edafólogos, influidos por sus tendencias personales.

Subgrupos.-Se distinguen entre ellos por la intensidad de un proceso o por la manifestación de un proceso secundario. Hay una subdivisión suplementaria, la de facies.

Las subdivisiones inferiores son *familias* según la roca madre; *series* con particularidades morfológicas o físico-químicas distintas; *tipos*, interviene la granulometría de superficie; *fases* con modificaciones temporales o de corta duración.

Por otra parte, en la clasificación francesa esbozada el lenguaje es tradicional, con palabras normales o utilizadas ya en la bibliografía pedológica. No se introducen vocablos nuevos, lo que se traduce en nombres muy largos sobre todo a medida que se desciende en el nivel de la categoría.

A partir de 1976 Douchaufour da a la clasificación francesa una orientación netamente ecológica. El suelo no se puede definir realmente fuera del medio en el cual se forma. El suelo integra todos los factores ecológicos, clima, vegetación, material mineral. Da una importancia particular a la materia orgánica al menos en los suelos templados y fríos.

Sirve bien para explicar los suelos pero su aplicación a la clasificación es muy discutible, tanto porque el ciclo ecológico no queda bien definido, como porque la definición está referida al tiempo actual y algunas características han podido ser heredadas. Es útil para comprender la génesis, sobre todo la última parte de ésta, pero no puede resolver los problemas que presenta la clasificación.

Una clasificación genética nueva ha sido propuesta por Gavaud en 1977.

Otras clasificaciones genéticas con vocación universal son las de Robinson (1949), que atiende al drenaje, la de Del Llano (1956), donde las características químicas y morfológicas aparecen al nivel más elevado; la de Tomaszewski (1965), en que las categorías están fundadas en las condiciones ecológicas del ambiente,

Dentro de las clasificaciones genéticas existen algunas que son incompletas. Las más importantes en zona templada son: la de Kubiena (1958), muy importante; la de Mückenhausen (1965), de Alemania, que se inspira muy directamente en la obra de Kubiena. La de Avery (1956, 1973), de Inglaterra y Gales, que presenta sucesivamente dos versiones, una que se aproxima a la de Kubiena. Y otra él la francesa.

También existen clasificaciones de suelos en Polonia, 1974, y en los países balcánicos.

La clasificación de los suelos en Israel (Yaalon, 1959) es genética. Toma en consideración los factores de formación y los procesos además de las características. Aporta datos muy interesantes y útiles para los pueblos de Israel. Pero ensaya unir en la clasificación los suelos a los factores actuales, lo que para uno de los autores resulta difícilmente realizable,

Uruguay realiza una clasificación en 1975, en la cual el orden lo establece la existencia de un proceso edafológico o la ausencia del proceso.

La última clasificación de Nueva Zelanda (Pohlen, 1962) hace un esfuerzo laudable de la creación de un vocabulario científico nuevo del cual el lector debe intentar asimilar los fundamentos.

En la zona intertropical los factores intervienen de manera dife-

rente a como lo hacen en la zona templada, de aquí que las clasificaciones tienen una característica especial y son diferentes también, según la parte de África estudiada fuese anglófona, belga o francesa.

En Australia la clasificación se ha elaborado en distintas etapas. Nombres importantes en la historia de las clasificaciones australianas son los de Stephens (1954), Leeper (1954) y Northcote (1960), que utiliza un sistema dicotómico.

Cuando se enjuician las clasificaciones genéticas se ve que el recurrir a los factores bioclimáticos presenta tres series de dificultades:

Haría, falta disponer de un cuadro bioclimático muy preciso válido para el conjunto del mundo y, de ahí, debería establecerse antes de todo intento de clasificación de suelos.

La historia del Terciario y del Cuaternario muestra que los climas han cambiado mucho y continúan cambiando.

La aplicación estricta del principio de zonalidad falla en muchas ocasiones.

Todo esto no da a las clasificaciones genéticas la especificidad y el rigor necesarios, Además el lenguaje empleado está basado generalmente en locuciones vernáculas que indican muy poco frecuentemente los términos empleados hacen referencia al color.

LAS CLASIFICACIONES OBJETIVAS

A partir de 1950 los clasificadores que pensaron que los sistemas debían estar fundados diferentemente son cada vez más numerosos. Se debería apoyar no en conceptos, sino en datos concretos, los, suelos debían ser clasificados según sus propiedades.

Así Simonson en 1962 indica que la clasificación se podría apoyar en la morfología y los constituyentes.

Anteriormente a esa fecha existen clasificaciones objetivas tales como la de Sigmond 1938, que se refiere a los constituyentes.

Pero el exponente máximo de estas clasificaciones objetivas lose constituye la Soil Taxonomy, en la cual hay que señalar tres aportaciones fundamentales: los horizontes diagnósticos, el vocabulario y el pedón.

La Soil Taxonomy presenta una estructura jerarquizada: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia, serie.

Los *órdenes* son 10 y cuatro criterios intervienen en este nivel:

1. La presencia o ausencia de horizontes diagnósticos específicos.
2. El grado de desarrollo en los horizontes
3. El grado de transformación por alteración o lavado
4. La composición global.

Lo que llama la atención en este nivel es la ausencia de especi-

ficidad de los criterios. El horizonte diagnóstico no sirve para, definir a fin de cuentas más que a los histosoles, oxisoles y los espodosoles. Todos los otros no tienen criterio intrínseco para definirlos. Además no hay nada que parezca, unir unos con otros.

Los *subórdenes* deben presentar una homogeneidad genética y deben dar cuenta de las diferencias debidas al efecto combinado del clima y la vegetación. Así tiene gran importancia el régimen hídrico.

Se puede indicar que la homogeneidad que se exige para suelos, a este nivel no es muy clara. Por otra parte, y en lo que se refiere al régimen hídrico hay que preguntarse si es una característica con el mismo peso que pueda tener la cantidad de arcilla, el grado de saturación, el color; las medidas para un conocimiento primario de ese régimen son difíciles de hacer y en todo caso presenta mayor interés desde un punto de vista práctico que genético.

En otros subórdenes se tiene en cuenta la roca madre, arena, caliza y arenas volcánicas, Son como los órdenes, bastante heterogéneos.

Los *grandes grupos* constituyen divisiones de los subórdenes, basadas fundamentalmente sobre la horizonación, naturaleza, colocación, grado de espesor sobre todo en la parte superficial del perfil. Se utilizan sílabas para hacer nuevas palabras.

Subgrupos son grandes grupos que llevan asociado un adjetivo que contiene, sea el concepto central del grupo (típico), sea un intergrado. Existe una gran riqueza de lenguaje.

Familias.- Figuran propiedades importantes para el crecimiento de los vegetales: textura, temperatura media anual del suelo a 50 cm de profundidad; mineralogía (los minerales secundarios aparecen a un nivel demasiado bajo (Simonson, 1962).

Series.- Se distinguen según los horizontes tipos, color, textura, estructura, consistencia, etc. Se atiende a las características morfológicas particulares del suelo.

Para los no iniciados resulta interesante conocer la nueva nomenclatura que introduce en la Edafología, con un lenguaje pobre. nuevas expresiones que enriquecen la Ciencia.

En la, Soil Taxonomy los 10 órdenes terminan en la palabra sol y suelen tener dos sílabas (aunque alguno tenga más); así por ejemplo, ver tisol, spodosol, etc. De hecho hay una letra i u o de enlace entre la palabra que indica el criterio de clasificación y la sílaba sol que no aparece más que a este nivel.

Los subórdenes se forman anteponiendo una sílaba a la determinante del orden, que es siempre una sílaba que empieza por vocal; en el caso anterior estas sílabas son ert y od respectivamente. Subórdenes correspondientes a, estos órdenes pueden ser ustert (régimen de humedad ústico) y orthod.

La adición de una nueva sílaba conduce a la formación de los grandes grupos:

Chromusert y Haplorthod por ejemplo, que se refieren respectivamente a un color y a la sencillez del perfil.

Para unidades inferiores ya hemos dicho que se añadían adjetivos. Podemos poner como ejemplo:

Hapludult típico, arcilloso, caolinítico, térmico, en que la sílaba rult significa que es del orden ultisol; suborden udult : gran grupo hapludult; subgrupo típico, familia arcillosa, caolinítica; serie térmica.

La variedad de partículas para la formación de subórdenes, grandes grupos y subgrupos es muy numerosa y están tomadas generalmente del griego o del latín; el suelo en cuestión queda así caracterizado en forma unívoca.

La importancia que va adquiriendo la clasificación americana hace que nos parezca importante indicar aquí, las principales críticas que se han hecho y las respuestas a las mismas, ya que afectan también a la filosofía de la clasificación.

Las críticas afectan tanto a las bases teóricas (Webster, 1968; Avery, 1968) o la práctica (Butler, 1961), Respecto a las primeras se pueden referir, según sus autores, a los siguientes puntos:

- a) Se ha llegado a ella más por división lógica que por clasificación.
- b) Trata los suelos como individuos monotéticos más que politéticos.
- c) Clasifica los suelos a partir de un pedón tridimensional cuando únicamente se usan datos obtenidos a partir de un perfil dimensional
- d) El sistema jerárquico adoptado no es válido para entidades no analizables, representantes de las cuales son los suelos.
- e) No existe posibilidad de subdividir más que jerárquicamente.
- f) Emplea un razonamiento circular.

Bunting (1969) ha contestado a varias de estas cuestiones. El sistema se ha edificado tanto deductiva como inductivamente a través de varias aproximaciones desde 1938,

En Estados Unidos se venía desde mucho tiempo atrás estudiando las series de suelos, y no se llegó a establecer el sistema en toda su integridad y hasta las categorías superiores, hasta que se estudiaron 7,000 series de suelos y 75.000 clases locales. Aunque es cierto que la clasificación americana trata los suelos como individuos monotéticos hace la aproximación más estrecha posible a un sistema politético a la luz del conocimiento existente sin sacrificar la muy importante exclusividad de las clases. Supone que la investigación ha alcanzado un nivel suficiente para posibilitar las grandes ventajas que pudieran deducirse de un sistema politético;

esto es, que los grupos son naturales, tienen un alto contenido de información y son útiles para muchos propósitos. sin sacrificar las ventajas del sistema monotético, a saber, que los suelos se incluyen fácilmente en clases, se definen exactamente y se pueden nombrar de un modo inconfundible. Se aproxima a la naturaleza politet.ca de los suelos en el único camino posible, por análisis y gradación de lo más importante, o al menos lo más indicativo, de muchas propiedades, usándolas, en lo posible, en el mismo orden como criterio para establecer categorías de nivel inferior. No supone derogar la naturaleza politética de los suelos seleccionar propiedades individuales como indicativas.

Tampoco es cierto decir que solo se utilizan datos bidimensionales, Todas las determinaciones de laboratorio se realizan sobre muestras tomadas que son por naturaleza tridimensionales y la mayor parte -de las observaciones del perfil implican consideraciones más profundas que la cara del perfil; por ejemplo, es imposible considerar horizontes, grietas y distribución de raíces únicamente en dos dimensiones.

No hay razón por la cual un sistema jerárquico no se pueda aplicar a entidades no analizables; ya se ha aplicado a fenómenos menos analizados como son clima y series geológicas.

Tampoco se puede mantener la crítica hecha por Crowther (19;13) de que tal sistema se desarrolló únicamente teniendo en cuenta pruebas científicas y no descubrimientos científicos. Las clasificaciones pueden ser, y son, usadas como modelos «ad hoc» en cualquier estado de conocimiento; son al mismo tiempo un medio y un fin en la búsqueda de la verdad científica, En la nueva nomenclatura se ha tenido buen cuidado para permitir clasificaciones generales, las cuales atraviesan la jerarquía establecida. Se puede hablar, por ejemplo, de suelos «acuicos», «usticos» o «psammicos» para incluir suelos con estas características en categorías de muy diferente nivel.

La imputación a la clasificación americana de que presenta un razonamiento circular se basa en que cómo se introduce uno en el problema de la génesis de suelos si la clasificación se basa en primer lugar en una supuesta génesis. Se indica que esto sólo se puede observar si se llega a la génesis a partir de un punto de partida de una clasificación adecuada. Pero en todos los sistemas el desarrollo de la clasificación y el descubrimiento de la génesis corren paralelo. Los progresos se alcanzan cuando interactúan los dos procesos, así que una clasificación muy sofisticada conduce a una mejor idea de la génesis y viceversa. En ciencias tales como la Geología se produce este hecho en la clasificación de series geológicas.

Las críticas expuestas por Butler tienen un carácter más práctico y específico, Aun alabando la clasificación americana, apuntan a una serie de debilidades de las cuales las más importantes son:

- a) El uso de regímenes de humedad y temperaturas como crite-

rios de clasificación conduce a establecer una monogénesis universal para los suelos y encubriría el estudio de las relaciones entre estos criterios y la morfología.

b) Hay un énfasis indebido sobre criterios genéticos cuando éstos no se conocen adecuadamente.

c) Se necesitan demasiados datos de laboratorio para determinar' la clase de suelo, y se especifica que tales determinaciones sólo debían requerirse para separar niveles más altos en la jerarquía o para verificar caracteres observables en el campo.

d) La nomenclatura no es atractiva.

e) Mientras el suelo se define a objetivos prácticos con la profundidad que alcanzan las raíces, esta definición se abandona en la práctica en favor de criterios más genéticos.

f) A pesar de que se enfatiza que las bases del sistema son genéticas las agrupaciones solamente generalizan la parte superficial de los suelos en amplios grupos basados en seis tipos de epipedón.

g) El tratamiento de los materiales con sesquióxidos es inadecuado sobre todo en las clases 7 y 9.

De todas estas cuestiones hay algunas que son más criticables que otras. Así sucede con la a), en la que queda implícito si en el suelo se puede considerar una monogénesis o poliénesis. Pero como indica Mitchell, 1973, siempre hay que escoger entre algunos criterios. y vale tanto acudir a estos como a cualquier otros, aunque las características sean más bien efímeras. Tan efímeras como los regímenes de humedad y temperatura pueden ser la profundidad de la capa de gleificación o la cantidad de sales en un momento dado, ya que se sabe que las condiciones actuales son diferentes de las que pudiera haber en el pasado y que incluso pueden variar de año a año, y sin embargo, se han utilizado para determinar clases. Las condiciones oscilan y a veces es difícil establecer una línea clara entre monogénesis y poligénesis.

La crítica acerca de la falta de conocimientos del proceso genético es válida pero eso nos llevaría a no establecer una clasificación hasta tanto que nuestro conocimiento fuese completo, lo que es absurdo, Indudablemente se han encontrado casos en que la clasificación no incluye suelos que efectivamente existen, pero justamente el mérito de esa clasificación estriba en el hecho de que sin variar su estructura fundamental se pueden incluir las variantes que se encuentren y así ha pasado con suelos no incluidos en la llamada 7.^a aproximación del año 1960, que posteriormente se han incluido en la más elaborada Soil Taxonomy del año 1976.

La necesidad de muchos datos de laboratorio para situar un suelo en su lugar correcto, tiene sus dificultades, pero es el precio que hay que pagar cuando se establece un sistema bien definido.

Las otras críticas son adecuadamente contestadas por Mitchell y otros autores.

Las ventajas que puede presentar la clasificación americana se pueden referir a los hechos siguientes: utiliza una nomenclatura estandarizada con definiciones exactas cuantitativas para horizontes, clases y pedones, la que elimina grandemente la subjetividad y facilita la comprensión de suelos estudiados por distintas personas. Además, la exactitud de la definición de las clases hace posible medir la variabilidad, formular un muestreo racional y expresar los límites de posibilidad para nuevos hallazgos.

Además de las indicadas, las críticas a la Soil Taxonomy han sido muy numerosas. Las primeras se refieren al vocabulario. Las palabras eran nuevas, difíciles de pronunciar, y constituían un obstáculo difícil de superar.

Otras críticas se refieren a las bases científicas y lógicas del sistema, es decir, que es lo que condiciona la posición de un criterio a un nivel más que a otro. Existe un predominio en la consideración de los horizontes argílico y mólico por razón de su importancia para la utilización del suelo. También se indican la importancia variable dada a los constituyentes secundarios,

Por otra parte, el sistema está destinado en primer lugar a los Estados Unidos.

En el momento de la aparición de la 7,6 Aproximación muchos edafólogos lamentaron que el sistema no fuese genético. Otros, que las unidades no sean fáciles de visualizar, precisamente las que introducen sílabas relativas al régimen hídrico y térmico, grado de saturación, etc.

El paso de un orden a otro se efectúa con mucha facilidad, basándose únicamente en criterios proporcionados por los horizontes, y así, un argiustoll sobre el cual se hace pasar un tractor de mucho peso sufre una brutal transformación de las propiedades físicas del epipedón mólico que se hace masivo y duro. El suelo se llama entonces haplustalf.

En fin, ciertos horizontes, ciertas unidades del suelo son definidas negativamente con relación a otros.

A pesar de los inconvenientes indicados la Soil Taxonomy ha aportado dos series de realidades nuevas muy apreciadas.

En primer lugar se funda en el empleo de criterios de muy grande precisión. Los horizontes diagnósticos son definidos cuantitativa y cualitativamente con mucho rigor, las características son expresadas claramente y frecuentemente medibles, cualidades que son difíciles de encontrar en la mayor parte de las otras clasificaciones.

La segunda ventaja ofrecida es precisamente ese lenguaje estandarizado tan sorprendente en el momento de su aparición. Gracias a él es posible dar un nombre a todos los suelos conocidos o nuevos, Nombre único que transmite un doble mensaje científico y práctico. Por todo esto la clasificación americana se utiliza cada vez más.

Otras clasificaciones objetivas son las de Canadá, imprimida

en 1974, que presenta cierto número de puntos comunes con la Soil Taxonomy, pero también numerosas diferencias.

Tiene cierta importancia la clasificación de suelos australiana hecha por Northcote que es dicotómica; se articula tomando en consideración ciertas propiedades del suelo cuya elección no resulta de inclinaciones genéticas sino simplemente de diversas expresiones morfológicas. No hay referencia a los niveles habituales de la clasificación, ni a los procesos, ni a los factores de formación del suelo.

Es un sistema que rompe absolutamente con todos los sistemas anteriores. No conserva más que la notación ABC, solo tiene en cuenta la morfología y únicamente las propiedades visibles. Representa un tipo de clasificación artificial. No admite más que un número limitado de propiedades; no puede valer más que para un único país y eso a condición de que el inventario completo del país se haya llevado a cabo. El problema del lenguaje está aparentemente resuelto puesto que reemplaza los nombres por conjuntos de letras y cifras. A pesar de su rigor aparente no hace progresar el conocimiento de los suelos ni su comprensión, ni es posible ninguna correlación con otros suelos del mundo, ni ninguna sistematización.

En Nueva Zelanda, Fieldes en 1972 tiene en cuenta para su clasificación a la naturaleza de los materiales inorgánicos existentes y a la secuencia de alteración.

Es interesante mencionar la clasificación de Fitzpatrick (1971), que indica que la clasificación en el sentido tradicional de la palabra es prácticamente imposible debido al gran número de objetos a clasificar. Su atención se dirige a la caracterización y a la designación de horizontes y distingue hasta 77 horizontes diferentes de los cuales define las propiedades esenciales. Con su ayuda el número de clases se extiende a 33. A cada suelo le corresponde un símbolo que resulta de la yuxtaposición en su orden de los de cada horizonte constitutivo. Se obtiene así una fórmula que comprende las letras de los horizontes seguidas de una cifra que da el espesor del horizonte, y así el del perfil entero. La unidad más importante del sistema es el grupo.

Para el establecimiento de los mapas mundiales de suelos y sus leyendas, la F. A. O. (1968) ha establecido una lista de unidades que no constituyen una clasificación. Las divergencias entre las distintas escuelas edafológicas son tan grandes que no parecía posible encontrar un dominio de entendimiento,

Las unidades no están relacionadas entre ellas y parecen corresponder al nivel de grandes grupos; estas unidades son definidas sobre todo atendiendo a propiedades observables y medibles escogidas de manera que se consigue en el sistema un carácter natural. Se ha renunciado a muchos nombres habituales, ya que estaban diversamente definidos y podían dar lugar a confusión. Existen de este modo 26 unidades principales para las cuales se han previsto de 1 a 9 subdivisiones. Esta lista se considera incompleta, pues no se aplica más

que a las unidades cuya superficie es suficiente para estar representada en un mapa mundial. La leyenda ha sido establecida con la colaboración de edafólogos de numerosos países.

Dentro de las clasificaciones objetivas merece la pena indicar el nuevo proyecto de clasificación de suelos que han sometido a la crítica un grupo de investigadores del O.R. S. T. O. M. francés, en 1979 (Segalen y otros).

Para ellos, las condiciones que una clasificación de suelos debe reunir son:

Comprehensiva: que admita todos los criterios.

Natural: que se defina el suelo por criterios con límites naturales y no por una elección artificial de los mismos.

Coherente: el sistema se basa sobre una jerarquía de criterios y cada uno de estos sirve a un determinado nivel taxonómico, Universal: el sistema es válido para todos los tiempos y todos los países,

Teniendo en cuenta estas ideas, y aceptando el concepto de pedón establecido por los americanos, dividen a éste en cuatro partes que pueden o no estar presentes al mismo tiempo: orgánica, humífera, minerales diferenciados y material original; además, la roca madre. La parte orgánica se llama organón; la parte humífera, humón; los minerales diferenciados constituyen el mineralón y el material original, difícil a veces de distinguir del mineralón salvo quizás por la estructura, constituye el alterón. En la roca madre se distinguen las primarias, Ígneas o metamórficas, y los sedimentos.

A la hora de elegir los caracteres jerárquicos justifican que deben tener las secuencias: constituyentes, morfología de los horizontes, características físicas y químicas y otros datos que permiten dar orientaciones para la utilización del suelo y útiles para explicar su génesis.

Establecen de este modo cuatro niveles:

Nivel I. Constituyentes,

Los constituyentes se emplean para las divisiones fundamentales, las clases, y dentro de ellas las subclases.

Estos constituyentes se ordenan:

Minerales primarios, poco o nada transformados, alterables o no,

Dan la clase primarosol.

Materia orgánica bruta. Da origen a la clase organosol. Sales de solubilidad y propiedades variadas. Selsol. Complejos de alofán más materia orgánica. Andosol.

Minerales arcillosos, fibrosos o laminares, 2: 1 : 1 ó 2: 1 sin sesquióxidos de hierro. Bisialsol.

Minerales arcillosos, fibrosos o laminares, 2: 1 : 1 ó 2: 1 con sesquióxidos de hierro. Ferbisialsol.

Minerales arcillosos laminares 1:1 sin sesquióxidos de hierro.

Monosialosol.

Minerales arcillosos laminares 1:1 con sesquióxidos de hierro.

Fermonosialosol.

Oxidas e hidróxidos. Oxidisol.

Complejos materia orgánica, hierro y aluminio: podsol.

Los constituyentes enumerados se ordenan de acuerdo con el principio de mayor resistencia a la alteración. En el caso del podsol, lo colocan en último lugar porque estiman que se puede formar a partir de cualquiera de los grupos precedentes.

A este nivel aparecen las grandes subclases por variación de la naturaleza de los constituyentes de una clase (por ejemplo, de las sales de la clase selsol) y las subclases cuando aparecen constituyentes que sirven para definir otra clase; estos son en realidad, intergrados.

Nivel II. La morfología.

Se tienen en cuenta a este nivel, los diferentes horizontes que aparecen de arriba abajo con la secuencia: organón (si existe). humón, mineralón, material original y la roca madre,

El humón sirve para identificar el *gran grupo*.

El mineralón sirve para identificar *grupos y subgrupos*.

Los materiales originales y la roca madre conducen a las *familias*,

Nivel III, Características físicas y químicas.

En este nivel se atiende a características más variables y menos estables que las precedentes,

Características del complejo adsorbente, grado de saturación, pH, iones particulares fijados por el complejo, son las propiedades para definir el *género*.

Características físicas tales como textura en los primeros 18 cm y la cantidad de agua útil se emplean para definir el *tipo*.

El espesor del pedón y de los horizontes indican la *variedad*.

La *serie* no se considera como una unidad taxonómica sino cartográfica,

Nivel IV. Datos relativos a las propiedades de utilización del suelo.

La utilización de pedregosidad, drenaje, régimen hídrico, régimen térmico, pendiente sirve para establecer las *fases* mientras que modelo climático, vegetación, modo de utilización del suelo, modelo geo-

morfológico, resultados de la experimentación agrícola y pastoral .son los que definen las *variantes*.

La expresión de los resultados se puede referir únicamente a la .presentación del perfil en sus tres partes esenciales, por ejemplo:

Palidón dístico léptico / / ferralitón modal rojo / / isalterón de ankaratrita o bien llegar al menos al tipo empleando los primeros tres niveles; en el caso anterior sería: Clase: fermonosialítico; subclase: gibstítico; gran grupo: leptodispálido; grupo: órtico; subgrupo: modal rojo; familia: isalterita de ankaratrita; género: ácido, dístrico: tipo: arcilloso.

Establecidas de este modo las bases generales de la clasificación los autores la desarrollan utilizando los datos cuantitativos necesarios para poder determinar con precisión las distintas unidades sistemáticas. Como cualquier clasificación que introduce datos cuantitativos, queda sujeta a crítica respecto a los criterios adoptados para precisar los datos necesarios, así como los métodos empleados para llegar a esos resultados (los autores los precisan en un anexo).

Indican los autores que si bien el número de clases no es probable que aumente, si que es posible que las otras unidades puedan ampliarse y de ese modo cabe extender el criterio para abarcar todos los suelos que se lleguen a conocer en un futuro.

Cabe preguntarse qué ventajas resultan de esta clasificación cuando se compara con las más utilizadas con carácter universal, como son la francesa, la americana y la de la F. A. O. Respecto a la clasificación francesa las diferencias son importantes y cambian de lugar suelos de gran relieve,

Se mantiene la designación de las unidades, aunque el contenido puede ser distinto, estableciendo el gran grupo reservado a los horizontes humíferos.

Desaparecen las clases de suelos poco evolucionados, vertisoles, suelos calcimagnésicos, suelos isohúmicos, y suelos hidromorfos. Se eleva a nivel de clase los andosoles y otras clases más o menos análogas a las existentes pueden tener otro significado en esta clasificación.

El hecho de establecer el mismo criterio en el paso de una unidad a otra, que tiene sus ventajas indudables, hace sin embargo que se presenten rupturas acusadas con los conceptos hasta ahora establecidos. Por ejemplo, se conoce desde el comienzo de la Edafología un tino de suelo bien establecido, con categoría superior y características bien definidas, aparte de su importancia agrícola, las tierras negras o chernosem. Ahora no aparece más que a nivel de gran grupo en diferentes clases, ya que el requerimiento en el de tener un horizonte humífero de gran espesor v saturado. La influencia de la hidromorfía que tanto interés puede tener en el desarrollo y características del suelo solo aparece, a nivel de grupo; otro ejemplo significativo es que la incorporación del sodio al complejo

de cambio, que da cuenta del comportamiento del suelo de una, manera decisiva, solo está recogido a nivel de género, si bien la estructura particular debido a este hecho está indicada a nivel de grupo, es decir en categoría superior.

Con la clasificación americana tiene coincidencias como, por ejemplo, la adopción del pedón como volumen elemental. la definición lo más precisa de los horizontes y la cuantificación de determinados caracteres, que muchas veces coinciden con los expuestos por' la americana.

Las desviaciones más profundas se derivan de no considerar los epipedones y de la filosofía que ha presidido su establecimiento. Mientras que la Soil Taxonomy está destinada al conjunto de todos los utilizadores, el nuevo proyecto es científico y destinado a los edafólogos. Por otra parte la Soil Taxonomy es un sistema americano extendido al resto del mundo, mientras que la que comentamos es un sistema general aplicable a todo el mundo y en el que' ningún suelo tiene privilegio.

La heterogeneidad de los criterios utilizados por los americanos, a la hora de distinguir los órdenes, el empleo del régimen hídrico o climático a nivel de suborden, y otros criterios también heterogéneos empleados para niveles inferiores están en contraposición con el criterio de homogeneidad adoptado en ésta clasificación

Las referencias a la taxonomía de la F.A.O. se refieren más que a nada a unidades particulares introducidas en la lista que no existen como tales ni en la clasificación americana ni en esta francesa última. Bien es verdad que F. A.O. ha dicho siempre que lo, que presenta no es una clasificación.

La objetividad él. ultranza de que hace gala esta clasificación francesa la aísla de toda referencia al entorno y a los procesos. La dinámica del suelo queda en entredicho y solo se hace referencia al suelo tal y como está en un momento dado. De aquí que sean los elementos más estables, en general minerales, lo que rigen la clasificación a niveles superiores. Los autores franceses indican que a partir de esas bases, se puede hacer investigaciones retroactivas y de allí llegar a la posible génesis del suelo y de los procesos que hayan tenido Jugar en épocas anteriores. Por otra parte, también dicen que la clasificación llevada a sus últimas consecuencias permite obtener datos suficientes para predecir el posible aprovechamiento del suelo,

Además de las clasificaciones genéticas y objetivas indicadas existen otras utilitarias entre las que podemos citar la de Kovalinski en Polonia o la de los suelos de arroz en el Japón. En realidad la clasificación de los suelos cultivados es un problema delicado y que exigiría efectuar los trabajos siguientes:

- a) Estudios puntuales permanentes: estudiar suelos con diverso

grado de desarrollo agrícola; método muy largo pero que da información interesante.

b) Estudio de las propiedades de los suelos donde se disponga. de conocimientos sobre los cultivos y los métodos empleados en el pasado.

c) Estudio de la cubierta ecológica con cambio del paisaje vegetal antes de ponerlos en cultivo.

d) Estudios comparativos entre los suelos vírgenes y los suelos cultivados. Esos estudios se efectuarían sobre las variaciones registradas en los perfiles durante varios años de aprovechamiento bajo, el efecto de distintos modos de cultivo.

CLASIFICACIONES NUMÉRICAS

La capacidad de integración obtenida por el desarrollo de los: computadores presenta la posibilidad, atrayente en principio, de integrar las propiedades y características de los suelos en tal proporción que se obtenga un resultado tal que permita una clasificación numérica. Sneath y Sokal, 1962, describen la taxonomía numérica como «la evaluación numérica de la afinidad o semejanza entre unidades taxonómicas y la ordenación de estas unidades en taxones sobre las bases de sus afinidades».

La taxonomía numérica se apoya en los principios adamsonianos más que en los linneanos. Si se comparan estas dos aproximaciones se tiene:

| <i>Principios de clasificación</i> | |
|--|---|
| <i>Adamsoniano</i> | <i>Linneano</i> |
| 1. La taxonomía ideal natural es aquella en la que los taxones tienen el mayor contenido de información. | 1. Distintas clases de cosas sin intermediarios. |
| 2. Cada característica o propiedad tiene igual peso al construir la clasificación. | 2. El mejor método de clasificación es determinar la «naturaleza esencial» de una población y subdividir de acuerdo con las modificaciones. |
| 3. La afinidad es una función de la proporción de características comunes. | 3. Los caracteres más importantes para la clasificación son los de mayor importancia fisiológica y genética. |
| 4. La afinidad es independiente de la filogenia (evolución de las especies o teoría genética). | 4. Las especies son constituyentes básicos de grupos más altos. |

Aunque la clasificación numérica está en su infancia se ha realizado bastante trabajo en esa dirección que tendería a reforzar la teoría de Whitehead (1925) cuando indica que toda clasificación que no lleve a las matemáticas no puede avanzar mucho. Otra ventaja de esta clasificación puede ser el almacenamiento de datos, y el tener bases realmente cuantitativas. Se establecen dendrogramas taxonómicos que permiten establecer subdivisiones y de aquí auténticas clasificaciones (Arkley, 1968).

Pese a ello, tiene también sus desventajas que ha analizado Simpson, 1968 y que se pueden resumir así:

1. La medida simple de semejanza lleva consigo una enorme ,pérdida de información.
2. La selección, medida y codificación de caracteres múltiples .son altamente subjetivos.
3. En una clasificación taxonómica deben entrar muy diferentes clases de caracteres. ¿ Se pueden considerar todos ellos y escribirlos en un programa para computador?

Por otra parte, si bien hay propiedades fácilmente cuantificables (pH; color, profundidad, etc.) hay otras para las que hay que utilizar una escala muy arbitraria y que puede variar con los distintos autores.

CONCLUSIONES

Del estudio de las distintas clasificaciones surge la pregunta de si es una necesidad la evolución permanente de la clasificación de .suelos.

Numerosas reuniones internacionales han permitido comprobar que no había consenso posible y que lo único positivo sería una lista de unidades, no una verdadera clasificación. Por numerosos investigadores se ha dicho que una clasificación de suelos es el reflejo del estado de nuestros conocimientos en el momento en que .se establece.

En un momento determinado se ha producido una revolución en .la manera de afrontar el problema de la clasificación y como ejemplo de ello se puede poner la Soil Taxonomy que lentamente va siendo asimilada; pero esto no significa que sea más definitiva que cualquier otra.

El estudio comparativo con otras clasificaciones indica que la de suelos debe ser ante todo científica, del mismo modo que la de las plantas no ha sido concebida para los agricultores ni los forestales y la de rocas tampoco para los mineros o canteros. Pero han sido establecidas de tal manera que cada categoría de utilizadores pueda comprenderla y servirse de ella. Para esto se han llenado dos condiciones: ninguna de estas clasificaciones han sido modificadas fun-

damentalmente; la nomenclatura es utilizada por todos y no se discute.

En Edafología todavía no es completa la lista de suelos y el conjunto de sus características está mal conocido. Además es necesario hacer un esfuerzo importante para la caracterización completa de los suelos. Por otra parte, hay una gran pobreza en el vocabulario edafológico, Chatelin (1975), y su renovación puede resultar difícil de seguir para sus utilizadores.

Mientras la lógica exigiría que la clasificación fuese descendente, la clasificación americana utiliza un sistema ascendente, lo que engendra inevitablemente unidades superiores heterogéneas sin lazo de unión entre ellas.

Una clasificación ideal no se puede concebir sino es completa y universal. Su base debe ser desde su partida lo más ancha posible y no limitada a un país a una zona geográfica. De cualquier modo debe estar prevista la inclusión posible de cualquier suelo nuevo que se pueda descubrir.

La formación de suelos es muy diferente en la zona templada para lo cual se puede considerar que la edad de los suelos puede alcanzar algunos millares de años y los de la zona intertropical en los cuales esta edad, en algunas zonas se puede suponer incluso de millones de años. Estas diferencias en la edafogénesis forzosamente tienen que reflejarse en las posibles clasificaciones.

El problema de si en una clasificación debe estar implicada la génesis del suelo, no está resuelto ya que mientras que los propugnadores de esta manera de ver las cosas hacen referencia a la necesidad de atender a la morfología y a la composición de los suelos como criterios distintos de las categorías, los autores de las clasificaciones objetivas indican que la mayor parte de las características genéticas que han sido escogidas para distinguir los órdenes están íntimamente unidas al clima y a su variante asociada, la vegetación.

Para una clasificación de suelos el problema fundamental es la elección de los criterios mejores a utilizar.

Los medios de estudio utilizando la química, la física, la mineralogía y la biología han alcanzado un desarrollo considerable. Los equipos que operan sobre el terreno tienen acceso actualmente a laboratorios susceptibles de proporcionar rápidamente una información científica de calidad y hace falta aprovecharse de ello.

Actualmente parece que se pueden utilizar cuatro conjuntos de criterios para caracterizar bien los suelos, clasificarlos y hacer proposiciones sobre su utilización.

Los constituyentes minerales se conocen cada vez mejor y se ve que su significación sobre la génesis es primordial y que su incidencia sobre las propiedades es elevada. Algo análogo sucede con el conocimiento y la determinación de los constituyentes orgánicos.

El examen de los perfiles, gracias a un rigor cada vez mayor en

la determinación de las características tiende a hacer más objetiva: cualquier apreciación morfológica de los horizontes.

El examen en el campo se completa con determinaciones en el laboratorio, lo que permite más objetividad para llegar a la noción muy importante de horizonte diagnóstico.

La referencia al clima, vegetación y formas de relieve se precisa bastante y tiene gran importancia en lo que concierne a las posibilidades de utilización del suelo y a la comprensión de su formación.

Pero si un conocimiento preciso cuyo objetivo es las características; del suelo es indispensable para identificarle y clasificarle, y también para comprenderle y dar sugerencias para su utilización, hace falta, también darle un nombre.

El resultado al que se llega después de considerar las distintas clasificaciones esbozadas anteriormente es que aún no se ha llegado, a una clasificación que sea admitida por todo el mundo y que aún falta bastante camino que recorrer para que esto suceda.

Las dificultades más relevantes para alcanzar ese resultado provienen de varias causas entre las que podemos citar como más acusadas: la diversidad de suelos en el mundo y la falta de conocimiento de todos ellos para cualquiera que pretenda hacer una clasificación universal; el prurito nacionalista de los científicos que optan por una clasificación nacional con preferencia a la universal y que hace que se multipliquen las clasificaciones, ya que estiman que los suelos de su país no encajan por completo en otras clasificaciones por falta de conocimiento; la falta de consenso acerca de si el suelo debe considerarse como un ente natural, consecuencia de unos procesos, o bien exclusivamente como un resultado de los mismos sin atender a cuales fueran. Pero, indudablemente la mayor dificultad procede de la artificialidad de considerar el suelo como un objeto único, aislado y perfectamente diferenciable de otro suelo, siendo así que las transiciones son la regla y no la excepción.

De cualquier manera el camino recorrido es mucho y hay que esperar que el mayor conocimiento de los suelos permita a los distintos científicos llegar a conclusiones valideras para todos y obtener de este modo una clasificación que permita utilizar un lenguaje asequible y aceptado universalmente.

BIBLIOGRAFÍA

ALBAREDA, J. M. (1940). *El suelo*. "Memorias de la Real Academia de Ciencias».

ARKLEY. R. J. (1968), *Statistical methods in soil classification*. 9th Int. Congr. Soil Sci., IV, 187-92.

- AUBERT, G. y DUCHAUFOR, PH. (1956). *Projet de classification des sols*. 6th Int. Congr. Soil Sci., E, 597-604.
- AUBERT, G. (1965). *La classification pedologique utilisée en France*, «Pedologie (Gand.) Symp. Int. 3 Clas. soil», 25-26.
- AVERY, B. W. (1956). *A classification of Britisli soils*. 6th Int. Congr. Soil Sci., E, 279-285.
- AVERY, B. W. (1968). *General Soil classifications: Hierarchical and coordinate systems*, 9th Int. Congr. Soil Sci., «Adelaide», 4, 169-75.
- AVERY, B. W. (1973). *Soil classification in the soil survey of England and Wales*, 1. «Soil Sci.», 24, 324-38.
- BRIEN, P. (1963). *La classification dans les sciences*. Ed. J. Duculot, S. A., Gembloux.
- BUNTING, B. J. (1969). *Letter on soil classification in the United States*. «Geogr. J.», 135, 646-7.
- BUTLER, B. E. y col. (1961). *Report on the 7th Approximation Soil classification system of the U. S. A.* «Austr. Soc. Soil Sci.», publication núm. 1.
- CLINE, M. G. (1949). *Basic principles of soil classification*. «Soil Sci.», 67, 81.
- CROWTHER, E. M. (1953). *The sceptical soil chemist*, «J. Soil Sci.», 4, 107-12.
- CHATELIN, J. (1979). *Une épistémologie des Sciences du sol*. «O. R. S. T. O. M.», París.
- CHORLEY, R. y col. (1971). *Physical Geography, a System Approach*. «Prentice Hall.», London.
- DÍAZ FIERROS, F. (1979). *Análisis estadístico y sociométrico de la Ciencia del Suelo*. «An. Edaf.», XXXVIII, 331-49.
- DEMOLON, A. (1944). *La dynamique du sol*. Dunod, París.
- DUCHAUFOR, PH. (1970). *Précis de Pédologie*. Masson, París.
- DUCHAUFOR, PH. (1976). *Principes d'une clasifcation écologique des sois*. «Agroch.», 24, 313.
- FALIN, L. N. (1971). *Structure logique de la clasifcation*. Varsovia.
- FALLOU, F. A. (1862): *Pedologie oder all gemeine und besondere . Bodenkunde*, Dresden.
- F. A. O. (1968). *Dejinition of soil units for the soil map of tke world*. Núm. 33.
- FIELDS, M. (1968). *Constitutional classification of soils*. 5th Int. Congr. Soil Sci.,4, 177-84.
- FITZPATRICK, E. B. (1971). *Pedology*. Oliver and Boydl.
- GAVAUD, M. (1977). *Essai sur la classification des sois*. «Cah. O. R. S. T. O. M.».
- GLANGEAUD, L. (1956). *Intervention sur la classitication des sois*. 6th Congr. Int. Soil Sci., Vol. A, 176-179.
- GERASIMOV, J. P. (1968). *World maps compiled by soviet soil scientists*. F. A. O., report. 32. 25-77.
- HUBERT, M. K. (1938). «An. Inst. Minming Met, Engrs. Tech. Pub.», núm. 945.
- HULL, D. L. (1970). *Contemporary systematic philosophies*. «Rev. Ecol. Syst.» , 1. 19.
- JOHNSON, W. H. (1963). *The pedon and tlie polypedon*. «Proc. Soil Sci. Soc. Amer.». 29. 79.

- KANNO, I. (1962). *A new classification system of rice fields in Japan*, «Trans. joint., meeting Com. IV et V», New Zealand, 617-24.
- KOVALINSKY, J. (1966). *An attempt at a new classification of the soils of Europa*. «Soc. Soil Sci.», 276-77.
- KUBIENA, W. (1953). *The soils of Europa*. Murby, London.
- KUBIENA, W. (1958). *The classification of soils*. «J. Soil Sci.», 3, 9-19.
- LEEPER, G. W. (1954). *The classification of soils. An Australian approach*. 5th. Int. Congr. Soil Sci., IV, 217-26.
- LLANO, M. DEL (1956). *Phylogenetic classification of the soils of the world*. 6th. Congr. Int. Soil Sci., 275-78.
- MARBUT, C. I. (1928). *As schema for soil classification*. 1th Int. Congr. Soil Sci., IV, 1-31.
- MITCHELL, C. W. (1973). *Soil classification with particular reference to the seven approximation*, «J. Soil Sci.», 24, 411-19.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1965). *The soil classification system of the Federal Republic of Germany*, «Pedologie (Gand.) Int. Symp.», 3, 57-59.
- NAGEL, E. (1961). *The Structure of science*. Harcourt. Brace and World. New York.
- NORTHCOTE, K. (1962). *The factual classification of soils and its use in soil research*, «Int. Joint Meeting Com. IV and V», New Zealand, 291-297.
- PANTIN, C. F. (1968). *The relations between the sciences*. Cambridge Univ. Press.
- PATTEN, D. C. (1971). *Systems Analysis and Simulation in Ecology*. «Ac. Press.», New York.
- POHLEN, I. (1962). *Soil classification in New Zealand*. «joint meeting. Com. IV y V», New Zealand, 440-52.
- PRICE, D. J. (1973). *Hacia una Ciencia de las Ciencias*. Barcelona.
- RICHTOFEN, F. (1886). *Führer für Forschungreisende*. En Glinke, 1914, 23-24.
- ROBINSON, G. W. (1949). *Soils: their origin, constitutions and classification*, Murby.. London.
- SANDRI, G. (1959). *On the logic of classification*, «Qual and Quant», 3, 80-124.
- SEGALEN, P. (1978). *Les classifications des sols*. «O. R. S. T. O. M. », París.
- SEGALEN, P. y col. (1979). *Projet de classification des sols*. «O. R. S. T. O. M. », París.
- SIGMOND, A. A. (1938). *The principles of Soil Science*. London.
- SIMONSON, R. W. (1962). *Soil classification in the United States*. «Science». 137, 1027-34.
- SMITH, G. D. (1960). *A new soil classification*. 7th Int. Congr. Soil Sci., IV, 105-110.
- SNEATH, P. H. y SOKAL, R. (1962). *Numerical Taxonomy*, «Nature», 193, 855-60.
- SOIL TAXONOMY (1975). *Soil Conservation Service*. «Agríc. Handbook», núm. 436.
- STEPHENS, C. G. (1954). *The classification of Australian Soils*. C. S. I. R. O., Melbourne.
- THAER, A. (1811). *Ueber die Wertschätzung des Bodens*. Berlín.
- THORP, J., SMITH, G. (1949). *Higher categories of soil classifications*, «Soil Sci.», 67, 117.
- TOMASZEWSKI, J. (1965). *A system of world soil classification*. 8th Int. Congr. Soil Sci., V, 59-67.

- URUGUAY (1975). *Clasificación de los suelos de Uruguay*. Dirección de suelos y fertilizantes.
- U.S. A. SOIL SURVEY STAFF (1960). *Soil classification. A comprehensive system. 7th Approximation*.
- WEBSTER, R. (1968). *Fundamental objections to the 7th. Approximation: «J. Soil Sci.»*, 19, 354-66.
- WHYTE, C. C. y col. (1969). *Hierarchical structures*. Elsevier.
- YAALON, D. M. (1959). *Classifications and nomenclature of soils in Israel*. «Soil Res. Council Israel», 86, 91-118.
- YAALON, D. M. (1960). *Some implications of fundamental concept of pedology in soil classification. 7th Int. Congr. Soil Sci., Madison*, 119-23.
- YAALON, D. (1964). *Has soil research national characteristics*. «Soil and fertilizers», XXVII, 2, 89-93.