

## HUMUS Y EVOLUCION REGRESIVA DE LOS SUELOS

F. VELASCO DE PEDRO<sup>1</sup>

### RESUMEN

Previa consideración de algunos aspectos relativos a la evolución progresiva del suelo, en la que se destaca el protagonismo de la vegetación en el mantenimiento del equilibrio biológico y bioquímico del subsistema, se describen los procesos evolutivos regresivos generados por actuación humana, que desembocan en diversos niveles de degradación de los suelos, y las dificultades de regeneración de la clímax inicial, proponiéndose criterios prioritarios de repoblación en áreas de matorral subserial en base a la composición geoquímica del material geológico originario.

Hay que remontarse a las ideas de DOKUCHAIEV (1879) estableciendo relaciones de interdependencia entre el reino mineral y la naturaleza viviente para buscar el punto de partida de las consideraciones actuales acerca de la evolución progresiva de los suelos.

De acuerdo con la distribución geográfica de los suelos según las zonas climáticas, cada faja climática está dotada de una flora, fauna y tipo de suelo definidos.

Sobre un material geológico puesto al desnudo, se desarrollan sucesivamente, si las condiciones ambientales son favorables, diferentes estratos (líquénico, muscinal, herbáceo, arbustivo y arbóreo) vegetales.

Los líquenes son muy activos como productores de sustancias quelatantes en la colonización de las rocas, solubilizando y movilizándolo elementos que otros vegetales no pueden liberar.

No hay que olvidar que además de sustancias húmicas (sobre todo ácidos fúlvicos), numerosos microorganismos (bacterias heterótrofas, mycobacterias, actinomicetes, hongos, algas) producen com-

puestos orgánicos: ácido cítrico, láctico, etcétera, de elevado poder complejante, y así, TSYURUPA (1964) ha demostrado que la alteración de la moscovita es dos veces más lenta en medio estéril que en un medio sembrado con un inóculo mixto de *Bacillus*.

En los primeros estadios de desarrollo del suelo se va formando un horizonte humífero de superficie de escaso espesor sobre el material originario; posteriormente se va insinuando casi siempre un incipiente horizonte mineral (B) o B; la evolución simultánea del suelo y de la vegetación permite establecer un paralelismo entre el desarrollo de los perfiles y la sucesión fitosociológica.

Los edafólogos introdujeron para los suelos el término o la noción de clímax procedente de la Fitosociología. De la misma manera que la vegetación ha podido llegar a la clímax, el suelo se encuentra en la clímax cuando está en equilibrio con la vegetación estable (no modificada por el hombre).

A lo largo del tiempo, y en función de los restantes factores formadores, el perfil adquiere un desarrollo mayor o menor.

El suelo ha recorrido hasta llegar a la clímax, a este equilibrio dinámico, una serie de etapas que configuran lo que se ha convenido en denominar evo-

<sup>1</sup> Instituto de Edafología y Biología Vegetal (CSIC). Serrano, 115 dpdo. 28006 Madrid.

lución progresiva. En este proceso evolutivo destaca la importancia de la vegetación en el mantenimiento tanto del equilibrio biológico, en interacción con la microflora y la fauna, como del equilibrio bioquímico, por medio de la humificación y del ciclo biogeoquímico.

El término «zonalidad» implica una dependencia íntima de los suelos respecto al clima y a la vegetación o asociaciones climáticas (denominadas «regionales» por DUVIGNEAUD, 1974) y una relativa independencia de la roca madre; se presentan entonces en latitud los suelos «zonales» y en altitud un escalonamiento de suelos estrictamente relacionados con los pisos de vegetación climática.

La vegetación climática es capaz, por medio del ciclo biogeoquímico, de modificar las propiedades que cabría encontrar en ciertos suelos en función de la composición geoquímica del material originario, homogeneizando las características del perfil edáfico.

Si los factores locales (relieve, material originario) sobrepasan un cierto umbral ecológico, su influencia se deja sentir y se manifiesta, en excepciones a la regla, en la aparición de suelos «intrazonales».

Estos conceptos se adaptan bien a vastas regiones, pero en aquellos países donde confluyen débiles variaciones del clima general junto a una gran complejidad de climas locales y la acción antrópica ha modificado considerablemente la vegetación primitiva, va mejor la noción de suelos «análogos» ideada por PALLMANN (1947) y PALLMANN *et al.* (1949), según la cual, los suelos clímax formados bajo una misma asociación vegetal (con especies diferenciales) sobre diversos materiales geológicos poseen horizontes húmicos de morfología y propiedades semejantes, mientras que los horizontes minerales son diferentes.

En los suelos análogos se presenta en los horizontes superiores una similitud de las características del humus ligada al tipo de vegetación (evolución convergente de los humus) que es capaz, a plazo largo, de unificar un conjunto de propiedades que dan como resultado un mismo tipo de humus pero con características diferenciales a nivel de subtipos, según comprobaron VELASCO y BENAYAS (1969) en suelos españoles.

Las asociaciones «especializadas» de FAVARGER (1956) o asociaciones «estacionales» de DUVIG-

NEAUD (1974) sustituirían a la vegetación climática cuando las condiciones rebasan el umbral ecológico, provocando la evolución divergente de los humus. El humus formado en estos suelos intrazonales difiere ya considerablemente del humus de los suelos análogos climáticos; se puede hablar entonces de clímax «estacionales».

Las formaciones forestales clímax que incluyen en su estrato arbóreo las especies más nobles (frondosas) constituyen el óptimo natural de la vegetación al que se llega en las etapas finales de la evolución progresiva en ciertas condiciones ambientales. Otros biomas forestales que incluyen vegetación mixta (Cupulíferas-Coníferas) o formaciones monoespecíficas de Coníferas son también más eficaces contra la erosión que las formaciones herbáceas, frenando el arrastre de materiales por escorrentía y protegiendo ciertas áreas sometidas a la erosión eólica. La ruptura del equilibrio estable puede sobrevenir por la destrucción de la vegetación provocada por un proceso geológico natural o por acción antrópica.

Tanto la decapitación de los horizontes edáficos que dejan al descubierto el material geológico originario, como la deposición de materiales aluviales sobre los suelos inicialmente formados, conllevan la vuelta al punto de partida de la evolución que, por tanto, es regresiva porque aleja al suelo de la clímax. Ambos ciclos evolutivos han tenido lugar, tanto a intervalos de tiempo «geológicos» (denominándose fases de biostasia a los períodos de sucesión de climas favorables al desarrollo de la vegetación y fases de rexistasia, de acuerdo con ERHART, 1967, las etapas propicias a la destrucción de la vegetación) como a intervalos relativamente breves, centrándose exclusivamente este estudio en los procesos evolutivos regresivos generados por actuación humana.

Cuando por acción antrópica se ha modificado sustancialmente el equilibrio primitivo con degradación del suelo, se desarrollan asociaciones secundarias que ya no son capaces de «unificar» en los perfiles edáficos la diversidad de caracteres de los materiales geológicos originarios, mostrando el suelo una dependencia más estrecha de la roca madre.

Estas asociaciones secundarias casi siempre inducen un cambio en la evolución o tendencia progresiva del perfil inicial desviándose hacia la degradación y que se manifiesta, cuando no es muy pro-

nunciada, por la disminución de la actividad biológica, del grado de saturación en bases, del grado de polimerización de los compuestos húmicos, etcétera, pero que, a veces, desemboca en un cambio sustancial del tipo de humus e, incluso, de la morfología y dinámica del suelo que dificulta el retorno a la clímax.

Si el tipo de humus, de acuerdo con DUCHAUFOR (1977), integra perfectamente las condiciones del medio y de la vegetación y con frecuencia ejerce una acción determinante sobre la evolución de los horizontes minerales, interesa conocer qué características del medio o de la vegetación inducen la formación de humus más favorables para intentar restablecer las condiciones idóneas que permitan reiniciar la evolución progresiva allí donde sea posible.

La considerable extensión que ocupan los matorrales (20,5% del solar hispano según el MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1966) que han sustituido frecuentemente a las formaciones arbóreas clímax preexistentes, planteó la exigencia de intentar el cambio en la tendencia evolutiva de las series de regresión, promoviendo desde hace varios decenios actuaciones forestales encaminadas esencialmente a la intercalación previa de repoblaciones de Coníferas (casi siempre diversas especies de *Pinus*, económicamente más rentables que las Cupulíferas autóctonas).

ORTUÑO y CEBALLOS (1977) consideran un paso ascendente en las etapas progresivas hacia la clímax la denominada «etapa de los pinares», sobre la serie correspondiente a los matorrales en avanzada regresión.

La mayor parte de los numerosos estudios realizados acerca del impacto de las repoblaciones con diversas especies de *Pinus* y *Eucalyptus* sobre algunas propiedades edáficas no han tenido en cuenta el período de tiempo transcurrido desde la destrucción o degradación de la vegetación autóctona hasta la implantación de la vegetación monoespecífica. Se atribuye entonces erróneamente a la influencia de estas repoblaciones la variación inducida en ciertos parámetros del suelo, cuando con anterioridad a la repoblación forestal la degradación (a veces la erosión) y el matorral secundario adaptado a las nuevas condiciones oligotróficas han empobrecido y modificado el medio edáfico, imponiendo un ritmo lento en la potencialidad del ecosistema para recuperar la clímax.

Conviene constatar que desde las investigaciones de VEDY (1973), GUILLET *et al.* (1975) y TOUTAIN (1974), las posibilidades de formación de humus que induce o confiere propiedades favorables al suelo, humus *mull*, están condicionadas, en primer término, por la composición geoquímica del material originario, fijándose como exigencia en medio ácido una proporción mínima de 7% de «arcilla fina» (fracción de arcilla de tamaño menor de 0,2 micras) y 0,5% de hierro «activo» (hierro ligado a la arcilla fina), y en segundo lugar, por las asociaciones vegetales que han de incluir en el estrato arbóreo Cupulíferas, de ahí que posteriormente VELASCO (1982) y ALMENDROS y VELASCO (1984) comprobaran sobre graveras silíceas y conglomerados de la provincia de Guadalajara formaciones de humus menos favorables, *moder* y *mor*, respectivamente, bajo vegetación de Frondosas y Coníferas autóctonas, por la insuficiente proporción de arcilla del medio mineral.

La idea hasta hace poco generalizada de asociar la presencia de Cupulíferas en los bosques españoles con las formaciones de humus *mull*, aun cuando los materiales geológicos fueran muy diversos, sólo puede mantenerse en medio ácido cuando se rebasan los umbrales mínimos fijados anteriormente para la arcilla fina y el hierro activo.

DUCHAUFOR (1977) ha introducido el término «regradación», en contraposición a la degradación, para denominar al proceso evolutivo que permite, a partir de los últimos estadios de la evolución regresiva, el restablecimiento de la clímax por la implantación natural o artificial de la vegetación inicial.

En el término final de la «regradación», posterior a la «etapa de los pinares», se formaría de nuevo humus *mull* en aquellos enclaves donde concurren condiciones geoquímicas favorables y se restablece la vegetación de frondosas.

Los estudios comparativos realizados en áreas forestales del solar hispano invadidas por formaciones arbustivas secundarias son representativas de la evolución regresiva del suelo que se advierte a distintos niveles de degradación.

En la Pedriza del Manzanares (Madrid) sólo quedan restos de los bosques autóctonos (melojares y encinares silicícolas según la cota altitudinal); la invasión, respectivamente, del brezal y del jaral en

los extensos espacios sin vegetación arbórea ha supuesto una disminución de la actividad biológica global del nuevo humus formado respecto al humus del suelo climácico y un empeoramiento de diversas propiedades fisicoquímicas y bioquímicas del suelo (VELASCO y DEL RÍO, 1980).

Los jarales que se destacan en algunos claros del encinar de El Pardo (Madrid) han inducido también un cambio en los procesos de humificación que desembocan en la formación de ácidos húmicos con mayor grado de dispersión y movilidad, con peores condiciones, por tanto, como agentes formadores de una estructura favorable que los ácidos húmicos extraídos del humus del bosque climácico de *Quercus rotundifolia* (VELASCO y POLO, 1981).

En suelos de la Cordillera Cantábrica se comprobó cómo las formaciones frutescentes subseriales que han invadido los suelos en las etapas regresivas promueven, además de un cambio en el tipo de humus, el arrastre y pérdida por lixiviación de algunos cationes biógenos (sobre todo  $K^+$ ), con disminución acusada del grado de saturación en bases.

Cuando concurre desfavorablemente la acción combinada del material geológico y del matorral secundario, los cambios afectan no sólo a las características de los biopolímeros húmicos y al tipo de humus, sino a la modificación de la morfología y del tipo de suelo; así, en las Villuercas (Cáceres), los ecosistemas forestales más representativos corresponden a bosques de *Quercus pyrenaica* sobre pizarras alternando con algunas cuarcitas. El suelo

pardo ácido desarrollado sobre estas formaciones litológicas constituye la «clímax climácica» de la comarca; las características favorables para la humificación de los restos orgánicos y del medio mineral permite la formación de un complejo arcilla-humus-óxidos de hierro flocculado que confiere estabilidad al ecosistema.

A modo de «islas» afloran con frecuencia cuarcitas; el cambio geoquímico del sustrato implica la formación de un suelo ocre húmico que representa la «clímax estacional» y conlleva la aparición de una podsolización incipiente, según comprobaron VELASCO y POLO (1979); no obstante, el melojar instalado en estas formaciones cuarcíticas promueve la formación de humus todavía con actividad biológica elevada, limitándose la alteración bioquímica de los minerales del suelo a ciertos períodos estacionales.

Cuando por acción antrópica se ha destruido el melojar sobre cuarcitas, el brezal sustitutivo ha acentuado el proceso de podsolización, alejando al suelo degradado de las posibilidades de «regradación» y ha provocado una intensificación de la emigración de los coloides minerales, arcilla y óxidos de hierro y aluminio y del ataque hidrolítico, con la consiguiente diferenciación morfológica del perfil edáfico, que se manifiesta en la aparición de un horizonte eluvial E ceniciento con estructura particular y de un horizonte B de acumulación de humus y sesquióxidos de hierro y aluminio que permite clasificar al suelo como podsólico.

## SUMMARY

Some aspects relative to the soil progressive evolution are first considered, emphasizing the importance of vegetation on the maintenance of the subsystem biochemical and biological balance.

The regressive evolutive processes generated by the human action which end in several levels of the soil degradation and the regeneration difficulties of the inicial climax are described, proposing prior criteria of reafforestation in the zones of secondary scrubs, based on the geochemical composition of the native geological material.

## BIBLIOGRAFIA

- ALMENDROS, G., y VELASCO, F., 1984: «Influencia de la vegetación en la evolución del humus de las tierras pardas meridionales sobre areniscas triásicas de la provincia de Guadalajara». *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 21 (4): 415-429.

- DOKUCHAIEV, V. V., 1879: «Abridged historical account and critical examination of the principal soil classifications existing». *Trans. Al. Petersburg. Soc. of Nat.*, 10: 64-67.
- DUCHAUFOR, Ph., 1977: *Pédologie. 1. Pedogènese et Classification*. Ed. Masson, París, 477 págs.
- DUVIGNEAUD, P., 1974: *La synthèse écologique*. Doin ed., París, 296 págs.
- FAVARGER, G., y ROGER, P. A., 1956: *Flore et végétation des Alpes*. Delachaux et Niestlé ed., 263 págs.
- GUILLET, B.; ROUILLER, J., y SOUCHIER, B., 1975: «Podsolisation and clay migration in spodosols of Eastern. France». *Geoderma*, 14 (3): 223-245.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1966: *Mapa forestal de España 1:400.000*. 50 págs.
- ORTUÑO, F., y CEBALLOS, A., 1977: *Los bosques españoles*. Ed. Incafo, 251 págs.
- PALLMANN, H., 1947: «Pedologie et Phytosociologie». *Congres. Intern. Pédol. Medit.*, Montpellier, 1-36.
- PALLMANN, H.; RICHARD, F., y BACH, R., 1949: «Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie». *X Congr. IUFRO*, 57-95.
- TOUTAIN, F., 1974: *Etude écologique de l'humification dans les hêtraies acidiphiles*. Thèse Doc. Etat. Univ. Nancy, 124 págs.
- TSYURUPA, G., 1964: «Some data of Copmlexe products of Microbial Activity and autolysis with soil minerals». *Soviet Soil Sci.*, 3: 261-265.
- VEDY, J. C., 1973: *Relations entre le cycle biogéochimique des cations et l'humification en milieu acide*. Thèse Doc. Etat. Univ. Nancy I, 116 págs.
- VELASCO, F., 1982: *Investigaciones básicas para la restauración y estabilización del equilibrio ecológico en los ecosistemas forestales degradados del Centro de España*. CAICYT. Madrid, 153 págs.
- VELASCO, F., y BENAYAS, J., 1969: «Chemical and micromorphological study of the humification in several analogous soils in Spain». *Third Inter. Workingmeeting on soil Micromorphology*. Wroclaw (Poland), 129-141.
- VELASCO, F., y POLO, A., 1979: «Caracterización de algunos ecosistemas en trance de degradación irreversible en Las Villuercas (Cáceres)». *An. Real Acad. Farm.*, XLV, 1: 113-129.
- VELASCO, F., y POLO, A., 1981: «Evolución de la materia orgánica del suelo en el Monte de El Pardo (Madrid)». *Bol. Est. Centr. Ecol.*, X, 19: 11-18.
- VELASCO, F., y DEL RÍO, J., 1980: «La humificación en las etapas de sustitución del bosque climácico en la Pedriza del Manzanares (Madrid)». *An. Edaf. y Agrobiol.*, XXXIX, 1-2: 143-154.