

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DISCURSO INAUGURAL
DEL CURSO 1956-57

LEIDO EN LA SESION CELEBRADA EL DIA 14 DE NOVIEMBRE DE 1956

POR EL ACADEMICO NUMERARIO

EXCMO. SR. D. JOSE MARIA ALBAREDA Y HERRERA



M A D R I D
DOMICILIO DE LA ACADEMIA:
VALVERDE, 22.—TELEFONO 21-25-29
1 9 5 6

LA EDAFOLOGIA, INTEGRACION DE CIENCIAS NATURALES

EXCMOS. SRES. ACADÉMICOS, SRAS. Y SRES. :

Hace bastantes años, en este acto de la sesión inaugural del Curso de la Real Academia, se esbozaba la necesidad creciente de la cooperación científica, y se señalaba a la Academia como lugar adecuado para estimular esa cooperación. Era el año ya lejano durante el que tuve el honor de desarrollar un curso de Ciencia del Suelo en la Cátedra «Conde de Cartagena».

Si consideramos la marcha del progreso científico en nuestro tiempo, veremos como nota destacada esa cooperación, que no es simplemente una cordial actitud de ayuda mutua entre los que trabajan en distintos campos científicos, sino que ha dado lugar a ciencias de convergencia en las que esa solidaridad ha fraguado en compenetración. Si la mente no se limita a trazar senderos lineares por los objetos, sino a abarcar el conjunto de esos objetos, se impone un enlace vigoroso entre ciencias distintas. La célula no está dividida en un departamento físico, otro químico, otro fisiológico, otro morfológico ; cada objeto no está delimitado por el trazo homogéneo de una rama científica. Y así, en nuestro tiempo, están surgiendo ciencias de conjuntos ; hay, primero, una comunicación entre ciencias más homogéneas, entre las que van creciendo conexiones forjadoras de ciencias complejas, que funden territorios constituídos con independencia por la limitación de los conocimientos.

La clásica Historia Natural, culminante en hombres e instituciones del siglo XIX francés, con sus tres reinos mineral, botánico y zoológico, se quiebra con los progresos de la Citología, unificadora de los seres vivos, y se desarrolla una ciencia, la Biología, cuyos avances considerables la distancian más y más de la Geología.

El naturalista, estudioso de objetos naturales, se divide y subdivide en ramificaciones especializadas. En los museos, frente a las colecciones inertes, aparece el dinamismo de los laboratorios, que penetran en los procesos.

Se afirma el geólogo, el biólogo, y en el concepto anglogermánico de las Ciencias Naturales, que incluye Física y Química, la formación y crecimiento de la Geofísica y de la Geoquímica, de la Biofísica y de la Bioquímica, en períodos distintos, afianza la separación geológico-biológica. ¿Qué relación va a encontrarse entre la Geoquímica y la Bioquímica? Aquella se edifica sobre los análisis químicos de las rocas de Clarke y los conceptos físico-químicos de Goldschmidt, en los que tan decisivo papel jugarán datos como los radios iónicos; la Bioquímica, en cambio, ha comenzado ya a superar la etapa estructural, estática, de los Fischer, Willstaetter, etc., y los esfuerzos actuales de los investigadores, como Krebs, Lipmann, etc., se dirigen, más bien, al aspecto metabólico, dinámico, de los seres vivientes por derroteros eminentemente enzimáticos. La unidad celular y su análisis es su misión; la Genética ha entrado en su órbita, y la compenetración de la Bioquímica con dicha ciencia es uno de los grandes desarrollos de la especulación científica de los últimos quince años.

Biología y Geología desarrollan sus dominios con las armas poderosas de la Química y de la Física, y no sólo con la absorción o aplicación de estas ciencias, sino con las técnicas e instrumentos físicos. Pensemos, por ejemplo, en lo que los rayos X han significado en Mineralogía y en Biología, y veamos, al mismo tiempo que la extensión insospechada de los conocimientos debidos a esta técnica, la divergencia de esos avances, la creciente separación que imponen.

El 14 de junio de 1912, Laue, en Munich, encontraba que los cristales daban espectros de difracción con los rayos X, y este descubrimiento iba a darnos a conocer la estructura cristalina; iba a edificar, de una parte, la Cristalografía; de otra, la óptica de los rayos X. Pero, quince años más tarde, para Müller los rayos X son los que ocasionan la producción artificial de mutaciones en *Drosophila melanogaster*. Estas radiaciones muestran la posición de los genes y que los principales efectos de la radiación son la producción de roturas en los cromosomas, que vuelven a reorganizarse por fusión de los extremos rotos. Para la escuela sueca de Svälof es también una realidad la aplicación de los rayos X para la obtención de mutaciones favorables en plantas de interés agrícola, que han permitido obtener mutantes con flores dobles, mejor germinación y más vigoroso crecimiento en trigo, avena y cebada. Y está patente lo que los rayos X significan en Medicina, en el diagnóstico y en la terapéutica.

Así se hace más amplia la separación entre Geología y Biología, entre el mundo de lo inorgánico y los seres vivos. Un enlace queda: el tributo que los seres vivos ofrecen a la muerte determina, en muchos casos, un retroceso de lo biológico a lo geológico; las formas se fosilizan, y existe toda una ciencia, la Paleontología, que liga Geología y Biología por el camino descendente, de retroceso, de lo vivo a lo mineral. Pero veamos si existe otro enlace ascendente.

En 1924, Gilbert Wooding Robinson publica un artículo sobre la posición de la Edafología como una rama de la Geología; pero la Geología tenía que dilatar su ángulo de visión, puesto que la Geología consideraba el suelo como una cubierta molesta que ocultaba el material importante subyacente. Aparte de que la Petrografía sedimentaria tenga un desarrollo reciente, muy posterior a la eruptiva, aún el geólogo interesado en depósitos superficiales descartaba el suelo como capa bajo la que yace su zona de interés. Los suelos se habían estudiado largamente, pero desde el punto de vista de su aprovechamiento agrícola; habían sido objeto de la Química agrícola, iniciada en el siglo XIX desde la Cá-

tedra de Boussingault, en el Conservatoire d'Arts et Métiers, y desde sus campos, que son, históricamente, los primeros en el desarrollo de la experimentación agrícola. Robinson señalaba la necesidad de estudiar el suelo desde un punto de vista puramente científico, como el geólogo estudia las rocas, como el botánico o el zoólogo, que no restringen su trabajo a las plantas o animales útiles. En Alemania fué objeto de larga discusión la situación de esta ciencia del suelo, considerado como objeto natural. Opiniones encontradas discutían si el suelo debía incluirse en los dominios de la Geología o los rebasaba. Quizá esta discusión tenía también un cierto sentido administrativo, ya que los Servicios de Suelos en Alemania dependen de los Institutos Geológicos Regionales. Pero es evidente que el suelo no tiene sólo un material procedente de las rocas, unos productos formados por la desintegración y descomposición del material mineral. El suelo es una consecuencia del conjunto de procesos que dispersa las rocas; es un sistema disperso, pero, a su vez, es el arranque, el antecedente, de una vegetación. Si Ramann, Profesor de Munich y uno de los fundadores de la Ciencia del Suelo, lo considera como producto de la erosión de las rocas, Lundegardh, Profesor de Fisiología Vegetal de Upsala, lo define por su capacidad para sustentar una vegetación. Y esa vegetación deja en él sus restos, que, con restos y residuos animales, dan lugar a un amplio y complejo desarrollo biológico. El suelo no puede considerarse simplemente como una formación petrográfica sedimentaria, sino que es también una formación biológica.

Rocas y plantas se muestran alejadas en sus condiciones de existencia. Un paisaje rocoso apenas puede incluir vegetación. Pero un conjunto de agentes físicos va desmoronando y triturando la roca, y otros agentes químicos transforman su composición; nueva agrupación de minerales, en estado de dispersión, sustituye al macizo rocoso, y entonces el sistema coloidal del suelo puede enlazarse con el sistema radicular de las plantas, y así, mediante este enfrentamiento de ambos sistemas dispersos, suelo y vegetal, se tiende un puente entre los dos mundos, geológico y biológico.

La Edafología establece el enlace entre lo geológico y lo biológico, pero por el camino ascendente que lleva los elementos litológicos al ciclo de la nutrición vegetal.

Estamos, pues, en un principio de retorno a una unidad natural muy distinta de los tres reinos constitutivos de la antigua Historia Natural. Son los procesos, los seres en sus actividades fisiológicas, los que determinan estos enlaces de las distintas Ciencias Naturales. Se está forjando una Biogeología.

La Edafología es la ciencia centradora de ese retorno. El suelo es un sistema disperso en el que convergen la acción de diversos factores : rocas, clima, relieve, vegetación, fauna, trabajo humano. De una parte, el mundo inorgánico geológico se desmorona, se pulveriza, se erosiona. Y esa destrucción de su contorno rígido es condición de fertilidad. La roca y el suelo no se diferencian forzosamente en su composición química ; rocas y suelos tienen coincidencias en el análisis químico ; se diferencian en algo mucho más sencillo de determinar : en la cantidad de agua que contienen, en la humedad. En la parábola del sembrador se nos muestra que la semilla que cayó sobre la roca no pudo germinar, porque no tenía humedad. El suelo incluye humedad y tiene aptitud para nutrir la vida vegetal.

El suelo contiene minerales y materia orgánica, soluciones de la hidrosfera y atmósfera ; en la asociación de minerales que lo constituyen, como productos de desintegración de las rocas, hay microbios, fauna, raíces vegetales ; circula el agua y el aire.

Y esta formación compleja irrumpe en la división analista, exige una síntesis que no viene a destruir el detalle del sistema, sino a conectar, a integrar. Esta integración la realiza también, en otro aspecto, la Ecología.

Bajo la forma más viva, dice Claude Delamare Deboutteville (1), la Ecología, en amplio sentido, corresponde a una vuelta verdadera a la antigua Historia Natural ; pero esta vuelta se

(1) C. Delamare Deboutteville. «Microfaune du sol». Paris. Hermann & Cia., 1951. (Actualités Scientifiques et Industrielles).

hizo después de un siglo de investigaciones analíticas precisas en dominios muy variados, y vino un tiempo en que la historia se encuentra considerablemente enriquecida por esos datos múltiples. Parece que una gran parte de la síntesis biológica será imputable, en los años venideros, a la Ecología en su sentido más amplio. La idea hace su camino. Muchos espíritus manifiestan preocupaciones de este orden. Los términos de «bioecología» (Cléments y Shelford), de «symbiología» (Gisin), de «geobiología» (Instituto de Geobiología, fundado en China por los Jesuitas hace más de cincuenta años), «bioedafología» (Facultad de Bioedafología de la Universidad de Moscú), dan a luz claramente estas tendencias.

Cuando el Prof. Tüxen, Director de la Cartografía botánica alemana planeó los jardines botánicos de Hannover y Bremen, ordenados por asociaciones vegetales, aplicó la correlación que se aprecia en las terrazas del Weser, entre tipos de suelos y de vegetación. En la asociación *Querceto carpinetum* se encuentra el ruiseñor y la oropéndola. Pero en el Jardín botánico de Hannover se les halló en la asociación *Querceto betuletum*. Esto produjo extrañeza, y al buscar una explicación se advirtió que los jardineros, con prisa, habían puesto arena donde debían poner limo; los árboles plantados se mantuvieron, pero la vegetación herbácea no correspondía al *Querceto carpinetum*, sino al *betuletum*. Los pájaros estaban de acuerdo con la vegetación herbácea.

Hay una primera fase descriptiva de la Ecología, en la que se establecen las asociaciones naturales de los seres vivos en función del ambiente. Pero el sustrato doctrinal de esas descripciones ecológicas requiere el estudio de las funciones, fisiología nutrida de las investigaciones bioquímicas y biofísicas. La Ecología puede así tender a una reconstrucción interna de la Historia Natural.

La Geología y la Biología, ramificándose en ciencias distintas, habían catalogado los hechos en disciplinas cada vez más distantes; pero aparecen hechos que vienen a relacionar, a empalmar rígidamente lo que la parcelación científica situaba en regiones alejadas. El ganado padecía una enfermedad, un marasmo en-

zoótico, que se remediaba suministrándole limonita. Pero cuando el progreso terapéutico llegó a sustituir el lamer limonita por suministrar preparados de hierro, el resultado fué desfavorable. Y es que la limonita contenía una pequenísima cantidad de cobalto, y la deficiencia en cobalto era la causa de la enfermedad. Nueva Zelanda fué el primer país que usó superfosfato cobaltizado para eliminar una enfermedad que aparecía también en Escocia, con un marco rígidamente geológico. Las montañas de granitos y riolitas eran el área de la enfermedad, que no se presentaba en las montañas de rocas básicas.

La vida animal necesita, en proporciones pequenísimas, cuerpos que le son esenciales, oligoelementos, elementos traza. Estos cuerpos pueden estar o faltar en la roca, y así estar o no en el suelo ; del suelo han de pasar a la planta y de la planta al animal. Si el suelo carece de ellos o los retiene inaccesibles a la nutrición vegetativa, las plantas enferman ; si los animales no los ingieren en una u otra forma, enferman también.

Así los problemas esenciales de la Geoquímica, la frecuencia y la distribución de los elementos, llegan a ser fundamentales para la nutrición de los seres vivos. El mundo mineral no contiene los elementos distribuidos sin un orden : la enorme complejidad de la capa de la Tierra que utilizamos no excluye una ordenación. Jakob dice que la composición química de la Tierra no es el resultado de una casualidad. Existen procesos de cristalización magmática, existen ciclos de formación de rocas sedimentarias.

Pero hay otro enlace distinto entre la Geología y la Biología que esa nutrición mineral de las plantas que se realiza en el suelo. La complejidad del estudio del humus nos ha dado una Edafología con un desarrollo de conocimientos en la parte mineral, incomparablemente superior al desarrollo de la parte orgánica. Pero el humus es un constituyente esencial del suelo. El suelo está formado también por descomposición de materia orgánica. Sin ella tendríamos sedimentos, pero no suelo.

El suelo es condición de la vegetación, pero a su vez recibe

la aportación de los restos orgánicos y es interesante percibir cómo las distintas exigencias nutritivas de cada planta la hacen adecuada para vivir en determinados suelos. Y así hay hongos y líquenes que, como pioneros de la colonización, instalan la sobriedad de su vivir en lo que para las plantas superiores es roca desnuda; suficiente, sin embargo, para la nutrición de estos primeros vegetales.

Varios autores han estudiado el desarrollo biológico que ha tenido lugar sobre el suelo, libre de hielo, de un glaciar anterior, sobre rocas, sobre islas emergidas, etc.

«F. Senft ha seguido el proceso del establecimiento natural de una vegetación, y los cambios consiguientes en rocas y suelos, en Hoerselberge, junto a Eisenach, y lo ha descrito detalladamente incluyendo la influencia de animales como los conejos, ratones, pájaros e insectos. Es una síntesis de la acción que los seres vivos realizan en la erosión».

«Hay un primer período dominado por líquenes y musgos. Tras él vienen plantas herbáceas sobrias, pero de intenso crecimiento, y matas de sistema radicular superficial a las que se van asociando plantas herbáceas de exigencias superiores. En el tercer período se desarrollan arbustos, siendo el enebro predominante. Y esta formación va modificando en tal forma el suelo y las rocas, que en el cuarto período de colonización le suceden árboles de pocas exigencias; árboles que van preparando la formación del bosque (2)».

Hay diversos trabajos en los que se mide la velocidad de formación de un suelo, el desarrollo histórico del suelo.

«La fortaleza de Kamenetz, en Ucrania, U. R. S. S., se construyó en 1362, quedando en servicio hasta 1699, fecha en que terminó su utilidad estratégica. Las edificaciones quedaron abandonadas y la estructura se desintegró. Los altos muros y torres sufrieron el desgaste causado por el tiempo durante los siguientes

(2) J. M.^a Albareda. «El suelo». Memoria de la Real Academia de Ciencias, 1940 (páginas 91 y 92).

siglos. En 1930 Akimtzev investigó los suelos que se habían formado encima de los muros de la torre Dennaya de la antigua fortaleza, que se habían construido con bloques calizos. Comparó el material erosionado con el suelo cercano de caliza silúrica. Ambos suelos son del tipo humus-carbonato (rendzina), y sus propiedades físicas y químicas son muy parecidas. En la parte de la torre, el desarrollo de suelo ha sido muy rápido, habiendo alcanzado un espesor de 12 pulgadas, como término medio, durante los 230 años transcurridos.

El 26 y 27 de agosto del año 1883, tuvo lugar la erupción extraordinaria del volcán Krakatao, en el Estrecho de Sunda, entre Java y Sumatra. Enormes cantidades de polvo fueron lanzadas al aire, cubriendo la isla cercana de Lang-Eiland, con material volcánico de un espesor de más de 100 pies. El 31 de octubre de 1928, Ecoma Verstege recogió las siguientes tres muestras de un perfil de suelo : suelo superficial, espesor 35 cm. ; estrato intermedio ; roca madre, pómez, espesor 42 cm. A continuación se examinaron las muestras mineralógicamente (3)».

El suelo es condición previa de la vegetación, pero tanto vegetación como suelo pueden tomarse en un sentido relativo y así, según el tipo de vegetación, sus distintas exigencias, será o no suficiente para sostenerla el desarrollo relativo del suelo. Existe una vegetación rudimentaria que puede vivir en la roca, roca que, para plantas de alguna mayor exigencia, resulta desnuda e inhóspita. Los líquenes constituyen la avanzada de los vegetales, capaces de vivir en las rocas. Algunas cianofíceas tienen también esta capacidad, pero las algas son seres rudimentarios, de vida acuática ; los hongos, al necesitar sustancias orgánicas para su nutrición, escasean en las rocas ; se desarrollan en calizas bituminosas o en rocas que hayan recibido devecciones animales. Las algas necesitan luz y tienen menos penetración en las rocas que los hongos ; esta penetración depende de la naturaleza del material litoló-

(3) Hans Jenny. «Factors of soil formation». McGraw-Hill Book Co. New York & London, 1941 (págs. 35 y 36).

gico, y así, mientras se han encontrado hifas de hongos y líquenes que en las rocas calizas penetran hasta 30 mm., en las rocas silíceas la penetración es menor, se ha encontrado hasta de tres milímetros. Los líquenes se desarrollan mucho más rápidamente en las rocas calizas que en las silíceas, y en estas, las más básicas son más fácilmente atacables.

Las hendiduras profundas de las rocas presentan condiciones favorables para la penetración de las bacterias ; se han encontrado éstas hasta entre las láminas de mica ; con su anhídrido carbónico contribuyen a la descomposición del material mineral. Pero la simbiosis de alga y hongo en el líquen, tiene un enorme poder de adaptación ; líquenes se han encontrado hasta sobre construcciones metálicas, hasta en el puente de cadenas de Budapest.

Hay que considerar pues, los seres vivos, no como pobladores exigentes de un suelo ya formado, sino como una población heterogénea que cuenta con pioneros avanzados capaces de colonizar el material geológico originario. Podríamos decir que, así como una población humana exige ciudades que la alberguen, también hay exploradores y colonizadores que van a la naturaleza desierta y la transforman y levantan allí esas ciudades. Pero a medida que los procesos físicos y químicos dispersan el material geológico, aumenta su capacidad para sustentar la vegetación y aumenta, no sólo el número de pobladores vegetales y animales, sino también la diversidad de la población, la riqueza de la flora y de la fauna.

Como dice Kühnelt «todo el suelo es el resultado de un desarrollo que pasa por fases exactamente determinadas. Su dirección se debe a la roca o material de partida, al relieve superficial, al clima, las condiciones acuosas, la capa vegetal, el mundo animal y el influjo del hombre. Los organismos del suelo influyen ya de manera decisiva desde las primeras fases del desarrollo del suelo. Los animales, por su actividad, son capaces de transformar las propiedades del substrato. En colaboración con los factores inorgánicos llegan a formar un perfil de suelo completo, y

partiendo de suelos brutos, pobres en humus, pero ricos en sustancias minerales, se desarrollan los diferentes tipos de suelo. Este proceso conduce a la fase óptima de condiciones edáficas favorables, tanto para la vida vegetal como para los animales (4)».

La vegetación aporta al suelo una cantidad considerable de material orgánico. Pensemos en lo que representa el crecimiento anual de la vegetación. Schroeder calcula que en la tierra se producen anualmente unos treinta y cinco millones de toneladas de celulosa (5). «Si se considera que, por ejemplo, dice Kühnelt, en los bosques de pino se deposita una cantidad de agujas de **2.800** kilogramos por año y hectárea, que contiene **46,5** kg. de sustancia mineral y que en los de abeto se depositan **3.000** kg. de agujas con **135** kg. de sustancia mineral y en los hayedos **3.000** kg. de hojarasca con **185** kg. de sustancia mineral, se aprecia la importancia de esta aportación. Aportación de materias orgánicas, pero también conservación de la mineral, puesto que estas cantidades son en los pinares el triple de la cantidad de las sustancias minerales fijadas en el crecimiento anual de los árboles, en los bosques de abetos y hayedos aproximadamente el séxtuplo de esta cantidad; así se reconoce claramente la importancia decisiva de los organismos del suelo para la conservación y capacidad productiva de los bosques» (6).

Pero no interviene en este proceso sólo la vegetación, la microflora y la macroflora, sino también microbios y animales inferiores. Russell consigna las determinaciones hechas en el suelo y que dan esta población microbiana por gramo de suelo: amebas, **280.000**; flagelados, **770.000**; ciliados, **1.000**; bacterias, **5.000** millones; algas (excluyendo las verde-azuladas): **> 100.000** (7).

También la microfauna contribuye a la población del suelo.

(4) Wilhelm Kühnelt: «Bodenbiologie». Wien, 1950 (pág. 280).

(5) J. M.^a Albareda: Loc. cit. (pág. 102).

(6) Wilhelm Kühnelt: «Bodenbiologie». Wien, 1950 (pág. 295).

(7) Sir E. John Russell: «Soil conditions and plant growth». Longmans, Green and Co. London, New York, Toronto, 1942 (pág. 456).

«Recientemente Gisin, reuniendo los datos dispersos en la bibliografía, da la siguiente proporción de los grupos de microanimales en los suelos de pradera centro-europeos :

	Individuos por 1 dm ²
Unicelulares (Amebas, flagelados, ciliados).....	1.000.000.000
Rotíferos y tardígrados.....	500
Nemátodos.....	30.000
Colémbolos.....	1.000
Acaros.....	2.000
Otros artrópodos (pequeñas arañas, crustáceos, miriápodos, insectos).....	100
Lombrices.....	2

Pero estas proporciones varían, naturalmente, y en muy diverso grado según las condiciones climatológicas, naturaleza del suelo, grado de desarrollo del mismo, etc.» (8). Existe una relación entre el tipo de vegetación y el desarrollo de estos seres, y así Gretschy (1949) pudo demostrar que la población de colémbolos de un suelo de bosque de la zona de Lunz, desciende hasta aproximadamente la mitad después de la tala ; sin embargo, no varía notablemente en su composición cualitativa y en relación con la participación de las diferentes especies en la población total. En talas más antiguas (de tres años), la cantidad total de colémbolos desciende todavía considerablemente —hasta la cuarta parte de la cantidad originariamente contenida en el suelo de bosque—, cambiando ya también la proporción de las diferentes especies en la población total (9).

La microfauna tiene hoy una importancia creciente y su estudio constituye una de las ramas prometedoras del estudio del suelo. El suelo es un importante factor ecológico de esta fauna y así, los profundos pero escasos trabajos realizados en esta dirección,

(8) Herbert Franz: «Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege». Akademie-Verlag, Berlin, 1950 (pág 34).

(9) Wilhelm Kühnelt: Loc. cit. (pág. 296).

señalan la posibilidad de poder apreciar la fertilidad del suelo por el conocimiento de las asociaciones animales que lo pueblan.

Señalábamos el papel de la vegetación más elemental en la erosión de las rocas, en su tránsito a suelo. Pero también la microfauna interviene en esta acción inicial demoledora del compacto carácter de las rocas.

Se ha seguido la erosión realizada en un basalto de un monumento, en el que variedades de musgos llegaron a los orificios de la superficie; después de un año se podrían advertir unos pocos rizópodos y seis meses después numerosos nemátodos rotíferos. En el curso del año siguiente había también tardígrados. El viento, transportando esporas, es el agente que inicia esta colonización. Heinis (1933), citado por Kühnelt, siguió el desarrollo de la erosión del monumento de granito a Herwegh, erigido en 1904 en el valle de Lies. Obsérvase la tendencia constante al aumento de especies sin que prácticamente desaparezca ninguna, una vez establecida. Se trata aquí, pues, de la formación de una biocenosis y no de una serie de sucesión (10).

Lo mismo que en el asentamiento de una población humana, hay que distinguir aquí la población transeunte, accidental, y la que encuentra condiciones de permanencia. Kühnelt dice que la verdadera colonización sólo puede realizarse cuando existen los fundamentos para la formación del suelo.

Los nemátodos, tardígrados y rotíferos que al estado de quiste llegan hasta la superficie de la roca, empiezan a desarrollarse en cuanto las condiciones se lo permiten, y en relación con las pequeñas costras de líquenes ya es posible encontrar nemátodos, rotíferos o tardígrados activos. Serían éstos, pues, los primeros «organismos del suelo» que empiezan a elaborar los restos de estos vegetales primitivos.

En las almohadillas de musgo ya se desarrollan hasta pequeños oribátidos. Las deyecciones de los oribátidos se reconocen en

(10) Wilhelm Kühnelt: *Loc. cit.* (págs. 281 y 282).

los cortes delgados de Kubierna, entre las partículas de musgos muertas, polvo mineral, partículas arenosas, etc.

Cuando entre las grietas de la roca empiezan a desarrollarse sus partes muertas, proporcionan alimento a los animales del suelo, que a su vez empiezan a mezclar las partículas orgánicas con las inorgánicas y aparecen los primeros miriápodos. Las lombrices y los enquitreidos son especialmente activos en la mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas. Al continuar el desarrollo de las plantas aparecen en su derredor caracoles, hormigas, escarabajos, cuyas larvas, muy voraces, elaboran gran cantidad de material, mezclando granos minerales con restos vegetales. La característica de la formación edáfica formada bajo el influjo de estos animales es la carencia de sustancias arcillosas y el carácter puramente coprógeno del constituyente orgánico. Según la denominación de Kubierna nos encontramos, pues, si el proceso se realiza en roca caliza, ante una protorendzina (11).

Pero no es sólo en los suelos naturales donde se realiza esta convergencia de lo geológico y de lo biológico.

En los comienzos del pasado siglo dominaba la teoría del humus del alemán Alberto Thaer y del austríaco Juan Burger, ambos médicos. En 1809 apareció el libro de Thaer «Fundamentos de la Agricultura racional», muy importante para la agricultura práctica, pero que en la Química Agrícola no avanzaba gran cosa sobre los trabajos de Saussure; para Thaer las materias inorgánicas eran estimulantes, pero no constituían elementos nutritivos indispensables para el desarrollo de las plantas. El punto de vista de Thaer y Burger era el de los más destacados químicos de la época, como Berzelius, Gay-Lussac y Mitscherlich. Los elementos minerales no entraban en consideración en estas ideas dominantes. Existía desde los tiempos antiguos, no ya como supuesto teórico, sino como experiencia, la postergación de lo que la materia mineral significaba en la alimentación de las plantas.

(11) Wilhelm Kühnelt: Loc. cit. (págs. 281 y 287).

Pero fué Justus von Liebig el que al desarrollar la conocida teoría mineral de la nutrición de las plantas, rompió radicalmente con la teoría del humus de Thaer, para afirmar el exclusivismo de la nutrición mineral.

Liebig había recibido en París, junto a las enseñanzas de Química, al trabajar con Gay-Lussac —dilatación de las que antes recibiese en las Universidades de Bonn y Erlangen—, la influencia naturalista. Había conocido a Humboldt y había vivido el ambiente naturalista en que florecían Lamarck, Cuvier, G. St. Hilaire, Arago y Thénard. Había en su formación la convergencia de los estudios químicos con los problemas de las Ciencias Naturales.

Los veintiocho años que permaneció Liebig en Giessen, constituyen la época de sus experiencias y obras municipales, la época en la que publica su libro, que en la primera edición —1840— se titula «La Química orgánica en su aplicación a la Agricultura y Fisiología», y en una edición posterior «La Química en su aplicación a la Agricultura y Fisiología». En 1842 publicó «La Química orgánica en su aplicación a la Fisiología y Patología».

Para Liebig, como es sabido, las plantas tienen exclusivamente una nutrición mineral y los elementos nutritivos que la planta exige llegan a ella únicamente en combinaciones de especies inorgánicas.

Todo el desarrollo industrial de los fertilizantes arranca de esta teoría mineral de Liebig.

Actualmente la Universidad de Giessen no es una gloria preterita en la que se pueda completar únicamente el Museo de Liebig. Hoy tiene su Escuela Superior de Agricultura y en esa Escuela, que lleva justamente el nombre de Justus Liebig, es donde proclama Scharrer (12) que la nutrición vegetal de hoy evita conscientemente la teoría unilateral del humus mantenida por Thaer, pero también la de la simple sustitución mineral; sabemos que

(12) K. Scharrer: «Die Bedeutung der agrikulturchemischen Forschungen Justus von Liebig's für die Landwirtschaft. Berichte über Landwirtschaft, 1951 (vol. 31).

para la conservación y mejora de la fertilidad del suelo, la presencia de materias húmicas es de máxima importancia. La cantidad relativamente pequeña de elementos nutritivos que estos abonos poseen no es suficiente para satisfacer las grandes necesidades de las plantas agrícolas y hortícolas a causa de la intensificación productora a la que la Agricultura está sometida. Es preciso suministrar al suelo los elementos nutritivos que le faltan por medio del abono mineral. Por lo tanto, se forma una especie de síntesis entre la teoría del humus de Thaer y la de minerales de Liebig, cumpliéndose las palabras proféticas de Liebig, a pesar de que él se refería a otro campo de la Química : «Es muy de notar que las dos teorías que antes se encontraban en contraposición, ahora se han unido en una que explica todos los fenómenos en el sentido de las dos teorías».

La nutrición mineral de las plantas, el ciclo de la materia orgánica en el suelo, las funciones del humus en la fertilización agrícola, requieren amplias convergencias científicas, entronque de puntos de vista y de técnicas procedentes de ciencias distintas, cuyo enlace forja unidades que vienen a ser nuevas Ciencias Naturales, integradoras de conocimientos a los que un brillante progreso analítico había catalogado en disciplinas distintas.