

SIGNIFICADO BIOLÓGICO Y ECONÓMICO DE LA FAUNA DEL SUELO

por el prof. FRANCESCO DI CASTRI

Director del Instituto de Higiene y Fomento de la producción animal

I. La vida en el suelo

De todos los ambientes ecológicos que componen la biósfera, el menos conocido es, paradójicamente, el que proporciona a la humanidad los recursos básicos para su sustentamiento: el ambiente endógeno (hipógeo o edáfico), la mitológica "Magna Mater", origen de todos los seres.

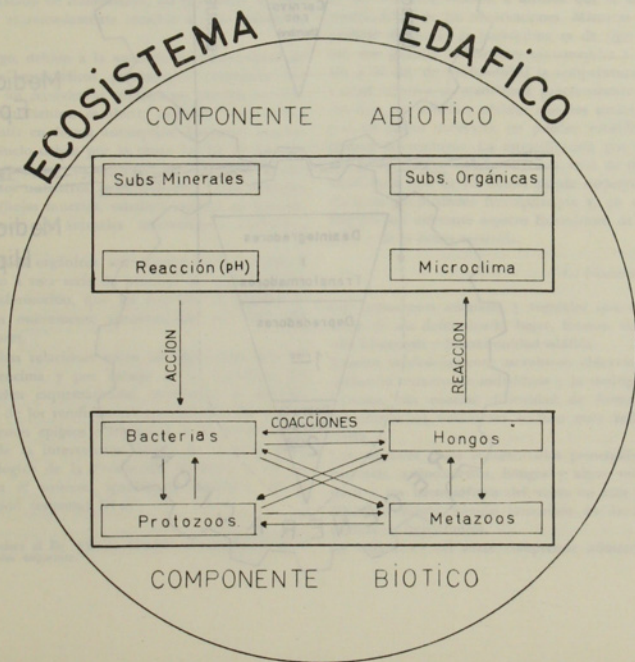
En efecto, un número sorprendentemente elevado de personas, aun provistas de bases biológicas universitarias, tiende a considerar el suelo como un conglomerado amorfo e inerte de fragmentos minerales y de partículas orgánicas muertas, ignorando en forma casi absoluta la variedad y la complejidad de los fenóme-

nos vitales que se desarrollan bajo la superficie terrestre.

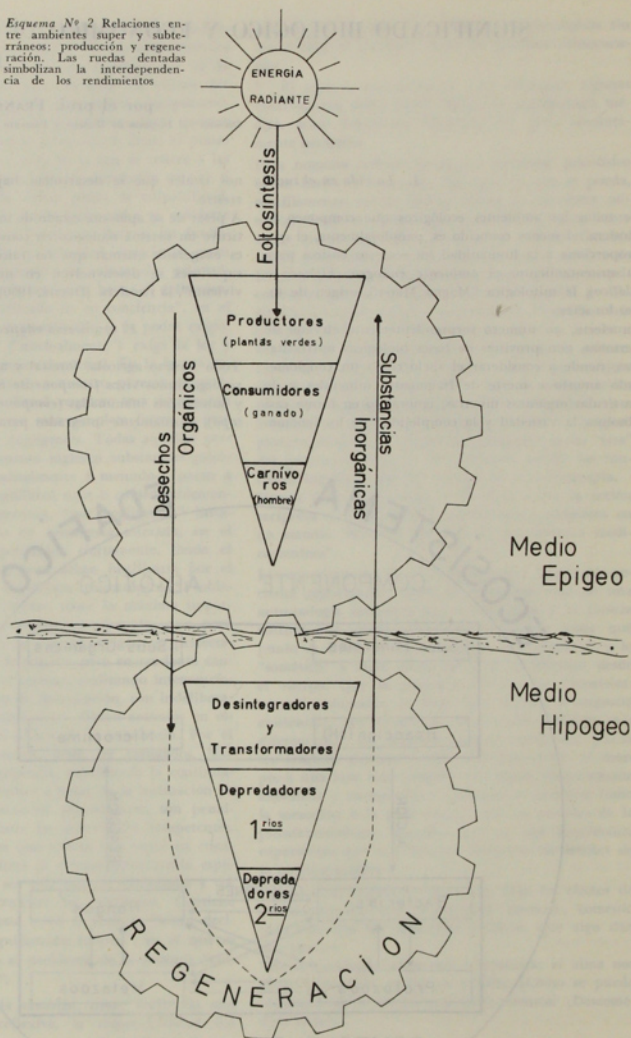
A pesar de su aparente estado de inercia, el suelo constituye un sistema ecológico en constante evolución. No es exagerado afirmar que las raicillas de las plantas superiores se desenvuelven en un verdadero "baño viviente", la rizosfera (DUCHÉ, 1950).

El ecosistema edáfico (esquema Nº 1).*

Todo terreno agrícola, forestal y aun desértico, incluye organismos vivos (componente biótico o biocenosis) y sustancias inanimadas (componente abiótico o biótopo), mutuamente integrados para constituir una en-



Esquema N° 2 Relaciones entre ambientes super y subterráneos; producción y regeneración. Las ruedas dentadas simbolizan la interdependencia de los rendimientos



El biotopo edáfico

tividad dinámica e insoluble (*ecosistema edáfico*), en que los principios ecológicos de *acción, reacción y coacción* tienen su más amplia e incansable expresión. Mientras las características físicas y químicas de un suelo *actúan* seleccionando las especies animales y vegetales que pueden vivir en él y determinando el desarrollo de algunos organismos en detrimento de otros, los seres vivos *reaccionan* modificando, mediante sus actividades, sus desplazamientos y sus procesos metabólicos, las condiciones microclimáticas, la estructura y el contenido orgánico del mismo suelo. Todos estos fenómenos son esencialmente recíprocos: la densidad y la variedad de los organismos edáficos dependen de las propiedades fisicoquímicas del suelo, y éstas a su vez han sido condicionadas por la presencia de un determinado tipo de comunidad biológica. Contemporáneamente, entre los componentes vivos del ecosistema, se está desarrollando una encarnizada "lucha por la existencia": competiciones por el espacio vital, dependencias alimenticias, predaciones y parasitismos, excreción de sustancias ectócrinas (factores de crecimiento o productos antibióticos), etc., constituyen una intrincadísima trama de *interrelaciones (o coacciones)* animales y vegetales, determinando en conjunto un estado de homeostasis, un equilibrio biológico lábil y extremadamente sensible a toda influencia extraña.

Sin embargo, debido a la ausencia en profundidad de organismos autotróficos productores (vegetales con clorofila), los ecosistemas edáficos no pueden considerarse autosuficientes, es decir, no están capacitados para subsistir en forma autárquica. Los seres detritófagos del suelo deben por lo tanto recibir de los ecosistemas superiores (o epigeos) un constante aporte de elementos nutritivos, principalmente como desechos vegetales (hojas muertas, raicillas, madera en descomposición, etc.), y animales (excrementos, cadáveres, etc.).

Estos residuos orgánicos son sucesivamente sometidos en el suelo a una serie de procesos de desintegración y de transformación, que los degradan a sustancias inorgánicas nuevamente aprovechables por las plantas superiores.

Las estrechas relaciones entre los organismos que viven por encima y por debajo de la superficie del suelo pueden esquematizarse, mostrando la interdependencia de los rendimientos que pueden desarrollar los ecosistemas epigeos o hipogeos. A los primeros les corresponde la intervención básica en el gran fenómeno biológico de la *Producción* terrestre; a los segundos en el proceso, igualmente necesario, de la *Regeneración* (esquema N° 2).

(*) Se agradece al Dr. Vicente Astudillo su contribución en el trazado de los esquemas.

Antes de entrar en mayores detalles sobre el tipo de fenómenos vitales que se desarrollan en el terreno, es necesario introducir someramente el concepto del suelo como *Biotopo*, como "lugar de vida" para una enorme variedad de organismos.

Para comprender las condiciones de existencia que puede ofrecer el ambiente edáfico, es necesario tener presente primeramente que sólo una mitad del suelo está ocupada por sustancia sólida; el resto está constituido por espacios, los más grandes llenados por aire, los más pequeños por agua. Son precisamente estas oquedades, las que representan el habitat de los animales terrícolas.

Es imposible describir en esta oportunidad el conjunto de condiciones físicas y químicas que concurren a definir las características de un biotopo edáfico: porcentaje y naturaleza de las sustancias orgánicas, concentración de sales minerales, pH, textura, estructura, porosidad, plasticidad, atmósfera, contenido de agua, microclima, etc.

A propósito del microclima, vale la pena llamar la atención sobre la progresiva uniformidad higrorémica del ambiente edáfico, a medida que se aumenta la profundidad de las observaciones. Mientras en la superficie del suelo el microclima es de tipo continental, con grandes oscilaciones nictamerales y estacionales, a 30 cm. de profundidad la temperatura y la humedad relativa se mantienen prácticamente estables. Además, no debemos olvidar que los suelos, en especial los suelos naturales, no pueden considerarse ambientes homogéneos. La estratificación por horizontes del perfil edáfico condiciona una serie de capas sucesivas, cada una de las cuales puede caracterizarse por distintas propiedades fisicoquímicas y, en consecuencia, por un diferente aspecto fisionómico de la microflora y de la fauna terrícola.

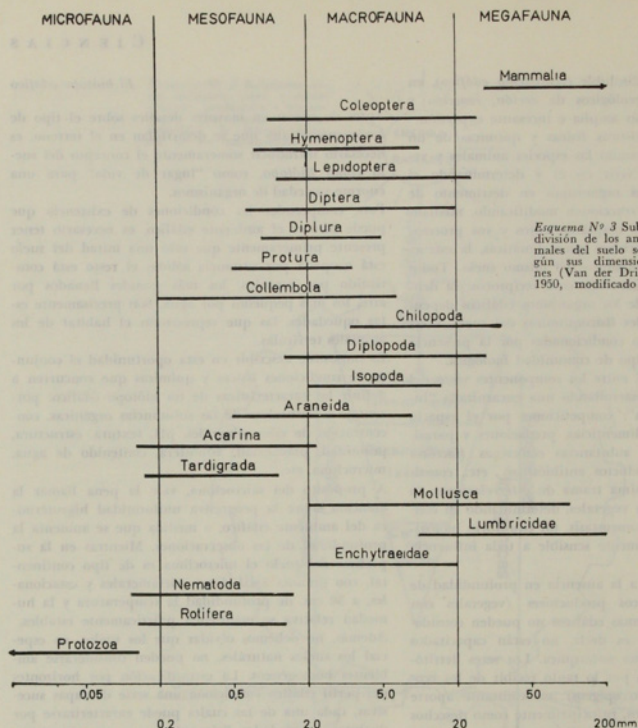
La biocenosis edáfica

Los organismos animales y vegetales que habitan el suelo de un determinado lugar, forman en conjunto una biocenosis o biocomunidad edáfica.

Resulta verdaderamente asombroso observar el extraordinario número de individuos y la multiplicidad de especies, con enorme diversidad de formas, que se concentran en volúmenes incluso muy reducidos de tierra.

Los *vegetales* están representados principalmente por bacterias, actinomicetos, hongos y algas, mientras los virus y los bacteriófagos del suelo no han sido estudiados a fondo, siendo imposible en la actualidad evaluar su importancia.

La microflora del suelo comprende números casi in-



Esquema N° 3 Subdivisión de los animales del suelo según sus dimensiones (Van der Drift 1950, modificado)

concebiblemente elevados de individuos: en un gramo de tierra, en condiciones normales, pueden haber hasta 95 millones de bacterias, 36 millones de actinomicetos, 1 millón de hongos y unas 200.000 algas (PUNCINI, 1953).

Los animales comprenden representantes de casi toda la escala zoológica, desde los protozoos hasta los mamíferos, variando su tamaño desde unos 20 micrones (milésimos de milímetro) hasta unos 200 centímetros, con una completa gama de animales de dimensiones intermedias, entre los cuales destacan los artrópodos (esquema N° 3).

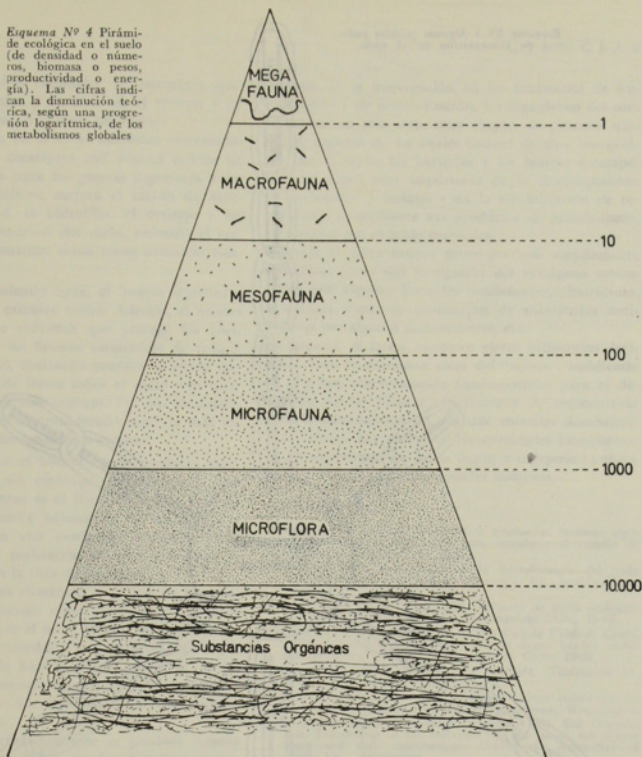
Los más numerosos son los protozoos que pueden sobrepasar el millón y medio de ejemplares por gramo de tierra; siguen los nematodos (hasta 20 millones por m^2), los ácaros (20-30.000 por m^2) y los colémbolos (7-10.000 por m^2). Naturalmente, estas cifras son del

todo aproximativas y pueden variar sensiblemente de un terreno a otro.

Si relacionamos el tamaño de los organismos edáficos con su densidad por unidad de superficie, podremos construir una verdadera pirámide ecológica (pirámide de números), en cuya base se sitúan los organismos más pequeños y más numerosos y, en los peldaños sucesivos, animales cada vez más grandes y menos numerosos. En forma homóloga pueden trazarse las pirámides de biomasa y de energía (esquema N° 4). Hemos mencionado anteriormente algunas de las interrelaciones que enlazan en forma indisoluble, y al mismo tiempo contraponen en competencia vital, los diferentes miembros de las biocenosis edáficas.

No es dable, en esta oportunidad, profundizar más en estos argumentos de por sí muy complejos y enmarañados. Sólo nos limitaremos a llamar la atención

Esquema Nº 4 Pirámide ecológica en el suelo (de densidad o números, biomasa o pesos, productividad o energía). Las cifras indican la disminución teórica, según una progresión logarítmica, de los metabolismos globales



sobre la estructura de las dependencias alimenticias que unen sucesivamente, como los eslabones de una cadena, los animales que se alimentan de presas cada vez más grandes (esquema Nº 5). Aun cuando el rol de los depredadores pueda parecer eminentemente negativo, no debe desconocerse su importancia como controladores biológicos para mantener un justo equilibrio entre los diversos miembros de la comunidad, impidiendo el desarrollo explosivo de especies que pueden volverse dañinas, con detrimento de la productividad edáfica.

El metabolismo edáfico

Una biocenosis del suelo puede caracterizarse, además que por el número de individuos y de especies que la componen, por un tipo de metabolismo global,

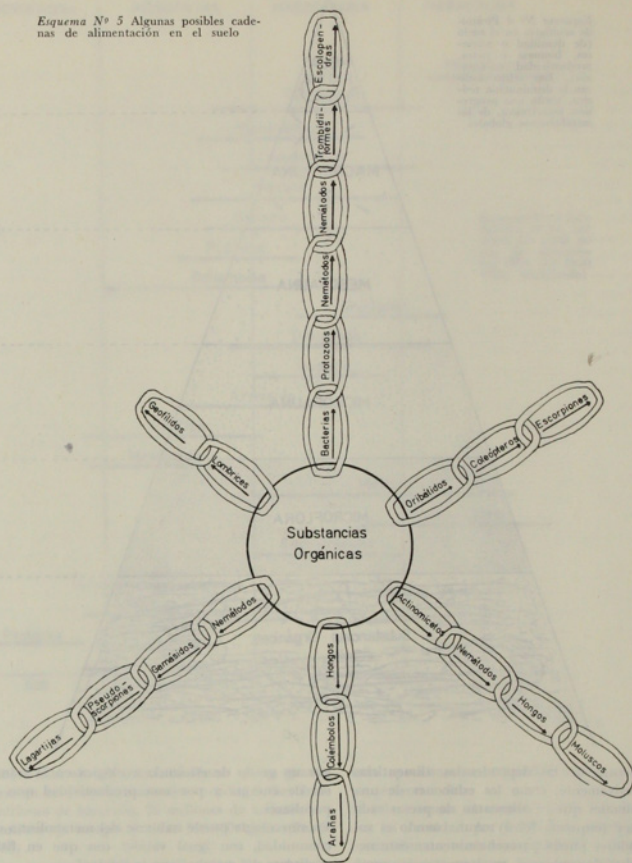
por un grado de eficiencia ecológica en la transferencia de energía y por una productividad que le son peculiares.

En sincología puede hablarse del metabolismo de una comunidad, con igual validez con que en fisiología se discute del metabolismo individual.

En efecto, el balance de los "potenciales metabólicos" de los diversos grupos de organismos edáficos constituye en conjunto un metabolismo biocenótico, que puede definirse, entre otros métodos, por la medición del consumo de oxígeno o de la producción de anhídrido carbónico por una unidad de volumen y de tiempo, o, más modernamente, utilizando isótopos radiactivos.

Los efectos que las actividades metabólicas de los organismos edáficos producen en el suelo, pueden sintetizarse en dos procesos fundamentales: mineraliza-

Esquema N° 5 Algunas posibles cadenas de alimentación en el suelo



ción y humificación, ambos muy conexos porque también el humus será paulatinamente mineralizado.

La *mineralización*, con sus fases sucesivas de amonificación, nitrificación, etc., consiste en la descomposición de los desechos orgánicos en sustancias minerales, directamente asimilables por las plantas; se completa en esta forma la "fase de regeneración" del ciclo biogeoquímico de los elementos. Los principales agentes de la mineralización son, sin lugar a dudas, los microbios; pero su acción se ve notablemente favorecida por las actividades de la microfauna edáfica que des-

menuza mecánicamente los residuos vegetales y animales, aumentando la superficie de ataque para los procesos bioquímicos bacterianos. Aún más, una parte importante de estos procesos se realiza en el mismo canal intestinal de numerosos animales edáficos, donde muchas especies microbianas conviven en forma simbiótica.

La *humificación* reside en la transformación de los residuos vegetales y animales en un agregado de nuevas sustancias orgánicas, que han perdido todo rasgo de la estructura celular precedente; a esta mezcla

compleja de sustancias coloidales, de estructura química muy heterogénea y variable en el tiempo y en el espacio, se le asigna el nombre de *humus*.

El humus desarrolla en el suelo funciones extremadamente beneficiosas: constituye una reserva estable de principios nutritivos para las plantas superiores y los microorganismos edáficos; mejora el estado de agregación, la porosidad, la hidrofilia, el drenaje y las condiciones microclimáticas del suelo; estimula el crecimiento de las micorrizas; actúa como sustancia tampón, etc.

Absorbiendo y reteniendo agua, el humus disminuye los peligros de una excesiva aridez. Además, el humus constituye una capa aisladora que protege los horizontes inferiores de las bruscas variaciones de temperatura y de humedad, limitando también el efecto mecánico de las gotas de lluvia sobre el suelo y el sucesivo arrastre de partículas edáficas. Por sus características, el humus debe ser considerado como la más válida barrera contra los fenómenos erosivos.

Se suele afirmar que el humus es un producto esencialmente zoógeno. Sin embargo, no cabe duda que la formación de humus es el fruto de la actividad sinérgica y perfectamente balanceada de microflora y fauna edáficas. Sólo una asociación armónica entre ambas permitirá la realización de estos procesos, de tanta importancia en la vida de un suelo.

Según las condiciones climáticas y el tipo de biocenosis presente, un proceso, mineralización o humificación, prevalecerá sobre el otro. Así por ejemplo, en los suelos de regiones húmedas y frías se acumulan capas muy considerables de humus. Por el contrario, en los suelos tropicales, correspondientes a climas cálidos y lluviosos, todos los desechos orgánicos son rápidamente mineralizados.

Se admite en la actualidad que se produce humus dentro del ecosistema edáfico, en las circunstancias en que el consumo de energía es económico; en caso contrario, toda la sustancia orgánica se mineraliza. Ahora bien, la economía energética de la biocenosis es directamente proporcional al número de especies que la componen (FRANZ, 1954).

Por estas razones, a pesar de resultar aventurado generalizar una composición biocenótica ideal para el cumplimiento de estos procesos, se puede adelantar que las comunidades edáficas de mayor productividad son las constituidas por un gran número de especies microbianas y animales. Las biocenosis pobres en especies revelan un sistema ecológico desarmónico, aun cuando el escaso número de especies sea compensado por un desarrollo anormalmente elevado de individuos. Además, las biocenosis con muchas especies son más estables, pues están protegidas por una gama más variada de posibles mecanismos homeostáticos.

Además de la intervención en los fenómenos de humificación y de mineralización, los organismos del suelo actúan en una serie muy amplia de procesos químicos, algunos de los cuales incluso de tipo inorgánico: por ejemplo, las bacterias y los hongos desempeñan un papel muy importante en la descomposición de carbonatos y fosfatos y en la solubilización de rocas alcalinas mediante sus productos de metabolismo, en especial por el ácido carbónico.

No vale la pena insistir sobre procesos ampliamente conocidos, como son la fijación del nitrógeno atmosférico por algunas bacterias (*azotobacter*, *clostridium*, *rhizobium*, etc.), la producción de sustancias antibióticas por algunos actinomicetos, etc.

En general, el factor biológico ejerce influencias decisivas sobre la economía total del "solum", incidiendo en procesos absolutamente fundamentales para el desarrollo de las plantas superiores y de consecuencia para la alimentación de nuestros animales domésticos. Aún más, no hay duda que las actividades bioquímicas de los organismos del suelo llegan a reflejarse también en la estructura de las sociedades humanas.

BIBLIOGRAFIA

(Además de los trabajos directamente citados, se incluyen algunas publicaciones fundamentales para introducir al estudio de los problemas biológicos del suelo).

Burges, A. 1960. Introducción a la microbiología del suelo (Traducción A. Suárez y J. Sandoval). Ed. Acribia, Zaragoza.

Castri, F. di & E. R. Hajek, 1961. Proyecto de mapa ecológico chileno. IV Conv. Méd. Vet. Santiago de Chile, 15-18.

Castri, F. di, W. Hermoilla, F. Sáiz & Valeria Vitali-di Castri, 1961. Primeras prospecciones sobre la fauna edáfica chilena. IV Conv. Méd. Vet. Santiago de Chile, 29-33.

Clarke, G. L., 1958. Elementos de ecología (Traducción M. Fusté). Ed. Omega, Barcelona.

Drift, J. Van der, 1950. Analysis of the animal community in a beech forest floor. Ed. Ponsen et Looyen, Wageningen.

Drift, J. Van der & J. Doeksen (Editors), 1962. Soil Organisms. Proceedings of the colloquium on soil fauna, soil microflora and their relationships. Oosterbeek. North-Holland Publ. Co., Amsterdam.

Duché, J., 1950. La biologie des sols. Presses Universitaires, Paris.

Franz, H., 1954. Sur l'importance de l'équilibre des biocénoses terricoles pour la fertilité des sols. V Congrès Internat. Sciences Sol. Léopoldville, 3, 126-131.

Franz, H., 1959. Feldbodenkunde. Verlag G. Fromme, Wien-München.

Franz, H., 1961. Bodenzologische Grundlagenforschung und ihre praktische Bedeutung. Zoziatrie (Santiago de Chile), 3, (1-4), 25-29.

Kubiéna, W. L., 1952. Claves sistemáticas de suelos (Traducción A. Hoyos de Castro). Cons. Sup. Invest. Cient., Madrid.

Kubiéna, W. L., 1961. Bodenbiologie und Bodenkunde. Podobiología, 1, (1), 3-5.

Mac Fadyen, A., 1957. Animal ecology. Pitman & Sons, London.

Odum, E. P., 1959. Fundamentals of ecology. Saunders Co., Philadelphia and London.

Principi, P., 1953. Geopedologia. REDA, Roma.

Russell, E. J., 1959. The world of the soil. Collins, London.

Sievers, H. K., 1959. Teliatría. Anales Univ. Chile (Santiago), 117 (115), 75-88.

Waksman, S. A., 1952. Soil microbiology. Wiley & Sons, New York.