

INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL MEDIO SOBRE LA HUMIFICACION Y ACTIVIDAD MICROBIANA EN ALGUNOS BOSQUES DE *FAGUS SYLVATICA* L.

por

F. VELASCO DE PEDRO y J. M. LOZANO CALLE

Abstract. The accommodation of *Fagus sylvatica* L. to several soils (however its choice for limestone soils) allowed to verify the influence of the nature of geologic substratum over chemical and biochemical characteristics of superficial horizons of soil, over humification processes and over populations and microbiological activity in four forests of *Fagus sylvatica* developed respectively on alluvion of lime, marl bench-cover, limestones and quarzites.

The humification develops more favourably in soils which have been deprived of carbonate in the surface and when a high content of clay concurs; this help the increasing of humic acids molecules and it combined with these molecules. With these result is developed a *forest mesotrophic mull* humus. If the calcium carbonate alone not reach to intensify the polimerization notably, there is a *calcium mull-moder* humus. With quarzites, the acidity and the lack of electropositive elements form the source which determinate a very little humification and then there is a *oligotrophic forest moder* humus.

The distribution and population microbiological obtained with the recount of microflora in one forest developed on limestone confronted with other of *Fagus* on quarzites allows to verify the negative influence of high acidity over whole flora, *Actinomycetes* and ammonifying, amyolytic, cellulolytic, denitrifying, aerobic and anaerobic fixers microorganisms as soon as amyolytic and denitrification activity, but there is a greater proliferation of fungi and proteolitic microorganisms as soon as a greater proteolitic activity. The microbiological activity (hemicellulolysis, amonification) show small differences.

Resumen. La adaptación de *Fagus sylvatica* L. a diversos medios edáficos (no obstante su preferencia por los suelos calizos) permitió comprobar la influencia que la naturaleza del substrato geológico ejerce sobre las características físico-químicas y bioquímicas de los horizontes superficiales del suelo, sobre los procesos de humificación, y sobre la población y actividad microbianas en cuatro hayedos desarrollados respectivamente sobre aluviones calcáreos, bancos margosos, calizas y cuarcitas.

La humificación se lleva a cabo en condiciones más favorables cuando los suelos han sido descarbonatados en superficie, concurriendo además la presencia de una elevada proporción de arcilla que favorece el crecimiento de las moléculas de ácidos húmicos con los que contrae uniones. El tipo de humus resultante es *mull forestal*.

mesotrofo. El carbonato cálcico activo no alcanza a intensificar notablemente la polimerización de los compuestos húmicos si concurre aisladamente, resultando el humus de tipo *mull-moder cálcico*. Sobre materiales cuarcitosos, la acidez y escasez de bases constituyen las causas determinantes de que la humificación se lleve a cabo en condiciones poco favorables, y el humus resultante es *moder forestal oligotrofo*.

La distribución de la población microbiana obtenida mediante el recuento de la microflora telúrica en uno de los hayedos desarrollado sobre substrato calizo en comparación con el hayedo adaptado al material cuarcitoso, permitió comprobar la influencia negativa que confiere la fuerte acidez sobre la microflora total, densidad de *Actinomycetes*, amonificantes, fijadores aerobios y anaerobios de nitrógeno, desnitrificantes, amilolíticos y celulolíticos aerobios, así como sobre la actividad amilolítica y desnitrificante, en cambio se incrementa la proliferación de hongos y proteolíticos así como la actividad proteolítica. La actividad hemicelulolítica y amonificante manifiesta escasas diferencias.

INTRODUCCIÓN

La diversidad litológica de gran parte del solar hispano permite comprobar, a veces, en una extensión relativamente reducida, cuando la influencia de los materiales geológicos se manifiesta decisivamente sobre los restantes factores formadores, en las características de los suelos desarrollados sobre ellos y en los procesos de humificación.

En un trabajo anterior (VELASCO & BENAYAS, 1969) se apuntó cómo la vegetación no es capaz de unificar a plazo largo, en los horizontes superficiales del perfil, y mediante el juego del ciclo biológico de los elementos, ciertas características físico-químicas y bioquímicas del suelo que están en parte condicionadas por la peculiar composición química del substrato.

Demostrada por LOSSAINT (1951) la dificultad de descomposición de las hojas de *Fagus sylvatica* L. (en relación con otras especies de Cupulíferas) en función del bajo contenido en N, en materias hidrosolubles y en calcio hidrosoluble, se consideró interesante conocer, dada la gran adaptación del haya a diversos ambientes edáficos (no obstante su preferencia por los suelos calizos), las posibles diversificaciones del proceso de humificación y de la población y actividad microbianas, atribuibles a la variación litológica (singularmente a la concentración en CO_2Ca).

Con esta finalidad, se eligieron tres bosques de *Fagus sylvatica* L. en Navarra, sobre materiales calizos y margosos y un bosque relativamente próximo sobre materiales cuarcitosos en Villorobe (Burgos) a fin de poder establecer una serie gradativa de substratos geológicos en

función de su composición química pero con un enclave ácido que ofrezca marcado contraste con los restantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción de las muestras

Perfil 1

Localidad: Carretera de Alsasua a Estella (Navarra).

Situación: Km 37, derecha de la carretera.

Altitud: 800 m. s. m.

Orientación: S. SE.

Inclinación: 20 por 100.

Formación geológica: Aluviones calcáreos.

Tipo de suelo: Suelo pardo calizo forestal.

Observaciones: Produce efervescencia con CIH a lo largo de todo el perfil.

Perfil 2

Localidad: Carretera de Alsasua a Estella (Navarra).

Situación: a 7 Km de Alsasua, derecha de la carretera.

Altitud: 805 m. s.m.

Orientación: O.

Inclinación: 20 por 100.

Formación geológica: Bancos margosos.

Tipo de suelo: Tierra parda caliza.

Perfil 3

Localidad: Carretera de Estella a Olazagutia (Navarra).

Situación: En la base de la Sierra de Urbasa.

Altitud: 980 m. s. m.

Orientación e Inclinación: Llano.

Formación geológica: Calizas.

Tipo de suelo: Tierra parda caliza.

Perfil 4

Localidad: Carretera de Fresneda a Burgos.

Situación: a 14 Km izquierda de la carretera (término de Villorobe).

Altitud: 990 m. s. m.

Orientación: O.

Inclinación: 15 por 100.

Formación geológica: cuarcitas y algunos bancos de pizarras.

Tipo de suelo: Tierra parda subhúmeda.

Las muestras se tomaron a finales de verano en franjas de espesor constante (de 0-10 cm y de 10-20 cm de profundidad) mediante una sonda de acero, en condiciones de rigurosa asepsia, después de retirar cuidadosamente la forna.

Métodos

Para el estudio microbiológico se prepararon suspensiones-diluciones siguiendo las potencias de 10. En medios líquidos y para recuento de la microflora total se aplicó la técnica de CHALVIGNAC (1956) y para *Azotobacter* la de TCHAN (1952). En el recuento de *Clostridium pasteurianum* y hemicelulolíticos se optó por el criterio de LAJUDIE (1956). Los fermentos nitrosos y los fermentos nítricos se determinaron por la técnica de COPPIER (1952); la desnitrificación, según BARJAC (1954). Se siguieron las recomendaciones de POCHON (1962) para la obtención de las cifras correspondientes a la celulolisis y amonificación. En la determinación del número más probable de microorganismos se aplicaron las tablas estadísticas de MAC CRADY (1918).

Los datos analíticos correspondientes al complejo de cambio se obtuvieron según el método de MEHLICH (1948) y el fraccionamiento de la materia orgánica de los suelos, se realizó combinando los métodos de DUCHAUFOR & JACQUIN (1963, 1966).

INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La observación de la tabla I permite comprobar la influencia del material geológico sobre diversas características físico-químicas y bioquímicas de los suelos.

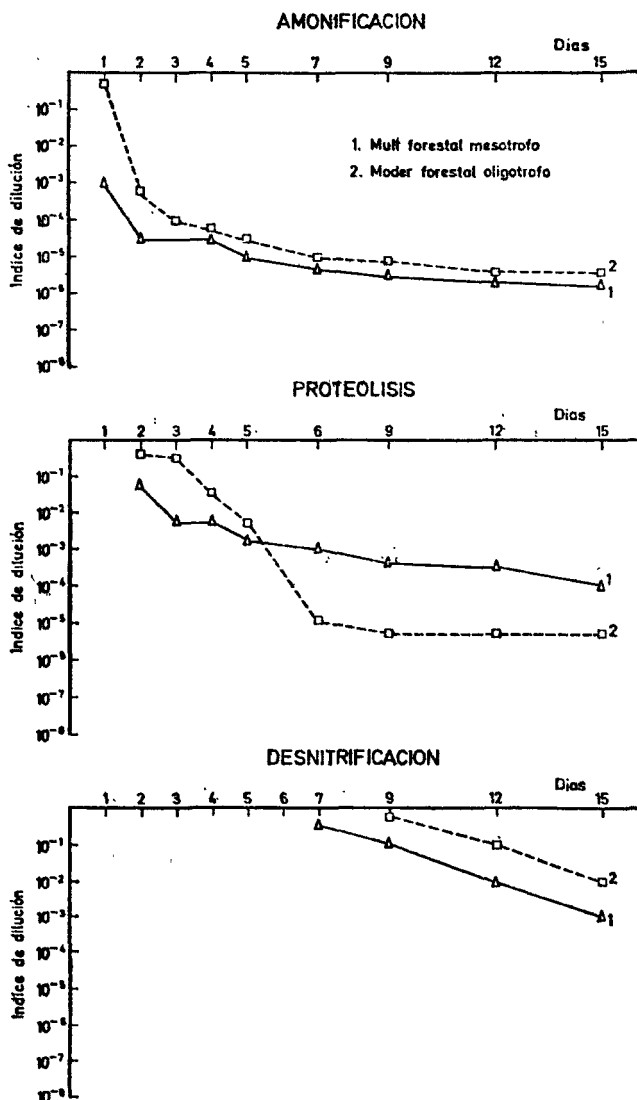


Fig. 1.—Curvas de actividad de suelos análogos de *Fagus sylvatica* L.

En el humus del perfil 1 (suelo pardo calizo) concurren diversos valores característicos que inclinan a clasificarle como *mull-moder cálcico* (mull like moder); en efecto, si bien el pH es superior a 7 y el complejo de cambio está saturado en bases, la humificación es más débil que en el mull cálcico: el humus está poco polimerizado, predo-

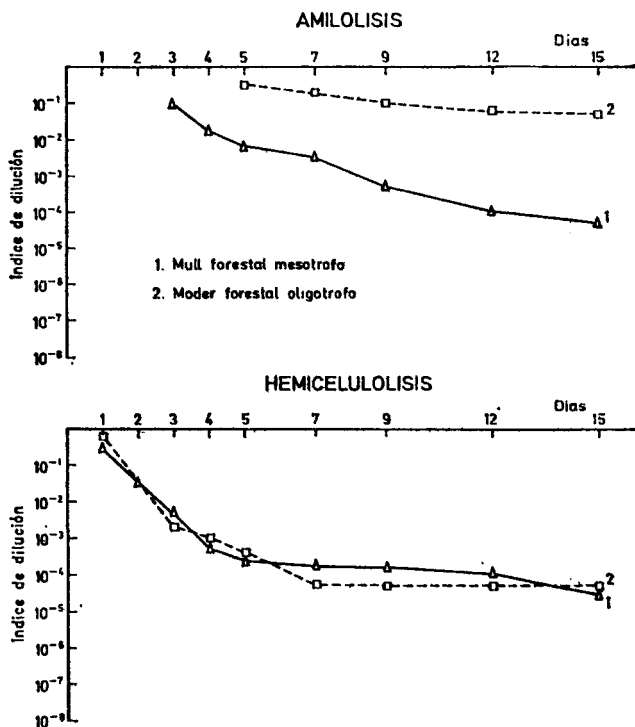


Fig. 2.—Curvas de actividad de suelos análogos de *Fagus sylvatica* L.

minando los ácidos fúlvicos sobre los ácidos húmicos, y dentro de esta fracción están escasamente representados los ácidos húmicos de síntesis íntimamente ligados a las arcillas. A la baja proporción de arcilla, sobre todo de arcillas «hinchables» que favorecen el crecimiento de las moléculas de ácidos húmicos con los que contraen uniones, hay que atribuir el bajo índice de polimerización del humus de acuerdo con NGUYEN & col. (1969) y que incide por tanto en la razón C/N, demasiado elevada para el mull cálcico típico.

La presencia de carbonato cálcico activo no supone más ventajas en

este sentido que la de estabilizar y actuar de protector de ciertos compuestos químicos jóvenes y poco transformados que constituyen una de las formas de humina (DUCHAUFOR, 1970).

El humus de los perfiles 2 y 3 desarrollados respectivamente sobre bancos margosos y calizas marinas corresponde al tipo «modal» de mull: El pH ácido, ligeramente ácido en el perfil (Tierra parda caliza) descarbonatado desarrollado sobre calizas marinas, el grado de saturación en bases (comprendido entre 50-60 por 100), la razón C/N, más baja que en el perfil 1, razón A_F/A_H superior a 1, débil proporción en ácidos húmicos grises, permiten con un criterio sintético clasificar al humus de ambos perfiles como *mull forestal mesotrofo*; no obstante, se aprecian pequeñas diferencias en función de la mayor proporción de arcilla del perfil 2 con relación al perfil 3, que se manifiesta en una mayor polimerización de los ácidos húmicos. La fuerte proporción de humina en ambos suelos, evidencia la rapidez de transformación biológica de la materia orgánica fresca y modifica favorablemente las cifras correspondientes al nivel de extracción de las sustancias húmicas, obteniéndose un elevado grado de humificación.

En contraste con estos materiales litológicos calizos o margosos, con alto porcentaje de arcillas, el humus de la Tierra parda subhúmeda, acusa la influencia del substrato cuarcitoso, mostrando un pH francamente ácido, un grado de saturación en bases inferior al 20 por 100 y una razón C/N elevada (21,45). Se trata de un *moder forestal oligotrofo*, y el nivel de extracción, mayor que en el humus mull, es otra de sus características.

En la tabla II donde se expresa la densidad de microorganismos y en las figuras 1-5 que representan las curvas de actividad de algunos grupos fisiológicos de microorganismos correspondientes a los perfiles 3 y 4 (Tierra parda caliza y Tierra parda subhúmeda), se aprecian marcadas diferencias: En primer lugar se manifiesta la influencia negativa del material cuarcitoso sobre la microflora total y *Actinomycetes*, en cambio la mayor acidez conferida al medio edáfico por este substrato provoca una mayor proliferación de hongos.

Para los grupos funcionales, se aprecia una mayor densidad de amonificantes, desnitrificantes, fijadores aerobios y anaerobios de nitrógeno, amilolíticos y celulolíticos aerobios en el *mull forestal mesotrofo* en relación con el *moder forestal oligotrofo*, si bien la proliferación de fijadores aerobios de nitrógeno es baja en el mull pero llega a ser

TABLA I

Perfil	Tipo de suelo	Prof. (cm)	pH	Complejo de cambio										C/N	
				H ₂ O	H ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T	V	Arcilla %		CO ₂ Ca activo %
1	Suelo pardo calizo	0-10	7,55	—	31,00	2,09	0,38	0,43	36,90	36,90	100	10,65	6,70	0,39	17,18
2	Tierra parda caliza	0-10	5,85	15,00	12,00	2,44	0,25	0,43	15,12	30,12	50,20		4,43	0,28	15,82
		10-20	5,40	17,34	6,50	2,09	0,13	0,43	9,15	26,49	34,54	42,42	2,43	0,22	11,05
3	Tierra parda caliza	0-10	6,70	11,34	13,00	1,48	0,20	0,30	15,04	26,38	57,01	23,49	5,42	0,33	16,42
		10-20	6,95	11,46	17,00	0,82	0,13	0,35	18,30	29,76	61,49	26,43	5,37	0,31	10,80
4	Tierra parda subhúmeda	0-10	4,70	25,43	1,50	0,93	0,13	0,35	2,88	28,31	10,17	16,52	4,20	0,20	21,45
		10-20	5,35	19,95	1,00	0,52	—	0,43	1,95	21,90	8,94	14,01	4,52	0,14	32,28

Perfil	Tipo de suelo	A_f	A_H	H	A_{fp}	A_{hg}	A_f/A_H	A_{fp} del C %	A_{hg} del C %	H del C %	A_{hg} del C %	A_H del C %	Nivel extrac. del C %	Grado humif. del C %	Tipo de humus
1	Suelo pardo calizo	1.31	1.05	0.70	0.35	1.24	19.55	10.44	5.22	33.33	35.22				Mull moder calcico
2	Tierra parda caliza	0.90	0.76	1.99	0.37	1.18	20.31	8.35	8.90	44.92	51.31	57.47	82.39		Mull forestal mesot.
		0.97	0.63	0.45	0.18	1.54	39.91	18.51	7.40		28.57	65.84			
3	Tierra parda caliza	0.61	0.59	2.51	0.42	1.03	11.25	7.75	3.40	46.31	28.81	22.14	68.45		Mull forestal mesot.
		0.68	0.52	0.39	0.13	1.31	20.30	11.64	3.89		25.00	35.82			
4	Tierra parda subhúmeda	1.06	1.14	0.96	0.18	0.93	24.70	22.37	4.19	15.79	51.28				Moder fors. oligotr.
		0.46	0.42	0.30	0.12	1.09	10.17	6.63	2.65		28.57	19.46			

Observaciones: S = Suma de bases de cambio expresada en m. e./100 gr de suelo seco al aire.

T = Capacidad de cambio.

V = Grado de saturación, $S/T \times 100$.

A_f = Por ciento de ácidos fúlvicos del suelo expresado en carbono.

A_{fp} = Por ciento de ácidos húmicos pardos.

A_{hg} = Por ciento de ácidos húmicos grises.

H = Por ciento de humina.

T A B L A I I
Número de microorganismos/gr de suelo

Celulolíticos Aerobios..			$\times 10$			$\times 10$
Hemicelulolíticos			$\times 10^3$			$\times 10^3$
Amilolíticos			$\times 10^4$			$\times 10^4$
<i>Clostridium</i>			$\times 10^3$			$\times 10^3$
<i>pasteurianum</i>				3,4	3,4	—
<i>Azotobacter</i>			$\times 10$			$\times 10$
Desnitrificantes			$\times 10^3$			$\times 10^3$
Nitrícos				4	4	—
Nitrosos				—	—	—
Proteolíticos			$\times 10^3$			$\times 10^3$
Amonificantes			$\times 10^5$			$\times 10^5$
<i>Actinomycetes</i>			$\times 10^4$	64,8	46,6	—
Hongos			$\times 10^3$	59	116	—
Algas				—	—	—
Microflora total			$\times 10^6$	3,4	0,4	—
Profundidad (cm)				0 — 10	0 — 10	—
Perfil				3	4	—

nula la densidad de *Azotobacter* y *Clostridium pasteurianum* en el moder forestal oligotrofo. La proliferación de hemicelulolíticos es sólo ligeramente más elevada en el mull. La densidad de proteolíticos es considerablemente mayor en el moder forestal oligotrofo.

La fuerte acidez y el bajo grado de saturación del moder forestal oligotrofo pueden ser las causas determinantes de la inexistencia de fijadores aerobios y anaerobios de nitrógeno por su sensibilidad a la toxicidad de los compuestos fenólicos hidrosolubles que provienen de las hojas y förna del haya. KRASILNIKOV demostró ya en 1958 que en formaciones forestales de ambientes templados, uno de los grupos ecológicos de microorganismos telúricos más afectados por las sustancias tóxicas era el de las bacterias fijadoras de nitrógeno de los géneros *Azotobacter* y *Beijerinckia*, y SENING (1963) y RICE (1967) comprobaron que la naturaleza química de estas sustancias tóxicas era de tipo fenólico (floruglucinol, ácido gálico, etc.). La mayor concentración en calcio de las soluciones del suelo en la *Tierra parda caliza* (perfil 3) permitiría la insolubilización y precipitación de estos compuestos fenólicos, y, por tanto, la disminución o anulación de sus efectos tóxicos.

Puede explicarse la mayor proliferación de proteolíticos en el moder forestal oligotrofo, por su mayor resistencia a la acidez del medio con relación a otros microorganismos que intervienen en el ciclo del nitrógeno y la ausencia de ciertos competidores a estos niveles de pH.

En cuanto a las curvas de actividad (figuras 1 y 2) de los distintos grupos funcionales, acusan una gran diferencia de actividad a favor del mull la amilolisis y desnitrificación, pequeñas diferencias la hemicelulolisis y amonificación y una mayor actividad proteolítica el moder forestal oligotrofo.

BIBLIOGRAFÍA

- Barjac, H. — 1954 — Manual Technique de Microbiologie du sol — Ann. Inst. Pasteur La Tourelle. Ste. Mande (Seine).
- Chalvignac, Ma. A. — 1956 — Ann. Inst. Pasteur, 91, 602.
- Coppier, O. — 1952 — Ann. Inst. Pasteur, 83, 118.
- Drouineau, C. — 1943 — Ann. Agro., 1: 16-18.
- Duchaufour, Ph. — 1970 — Précis de Pédologie — Masson et Cie, Ed. Paris, 481 p.
- Duchaufour, Ph. & Jacquin, F. — 1963 — Recherche d'une méthode d'extraction et de fractionnement des composés humiques controlée par electrophorese — Ann. Agron., 14: 885-918.

- Duchaufour, Ph. & Jacquin, F. — 1966 — Bull. E. N. S. A., 8 (1): 1-24.
- Géhu-Franck, J. — 1959 — Bull. Soc. Botan. Fr., 106 (5-6): 209-211.
- Krasilnikov, N. A. — 1958 — Soil Microorganisms and higher Plants (trad. ingl. 1961)
Office of Technical services, U. S. Dept. of Commerce, Washington.
- Lajudie, J. — 1956 — Ann. Inst. Pasteur, 90, 20.
- Lossaint, P. — 1951 — Influence de la composition chimique de litières forestières sur leur vitesse de décomposition — Ann. Agr., 6: 603-817.
- Mc Crady, M. H. — Tables for rapid interpretation of fermentation tube results — Can. Pub. Health J., 9, 20.
- Mehlich, A. — 1948 — Determination of cation and anion exchange properties of soils — Soil Sci., 66: 429-445.
- Nguyen, Kha, Vedy, J. C. & Duchaufour, Ph. — 1969 — Pédologie, 19 (1): 5-22. Gand.
- Pochon, J. & Tardieux — 1962 — Techniques d'analyse en Microbiologie du sol — La Tourelle, St. Mande (Seine), 111 p.
- Rice, E. L. — 1967 — Bios., 38: 67-74.
- Sening, E. — 1963 — Zentbl. Bakt. Parasitkde, 2, 117: 13-40.
- Tchan, Y. T. — 1952 — Boc. Linnean Soc. N. S. W., 77, 89.
- Velasco, F. & Benayas, J. 1969 — Chemical and micromorphological study of the humification in several analogous soils in Spain — Third Inter. working-meeting on soil micromorphology, 129-141. Wroclaw.

Departamento de Biología
Instituto de Edafología y Biología
Vegetal (CSIC)
Madrid