

## EVOLUCION DE LA MATERIA ORGANICA EN SUELOS DE LA PROVINCIA DEL NEUQUEN \*

E. Mussini (1), G. Crespo (1) y H. Bianco (2)

Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Comahue, Ruta 151 - Cinco Saltos - (8303) Río Negro

### RESUMEN

Se analizaron los horizontes superficiales de once de los principales grandes grupos de suelos de la provincia. Se determinaron el pH, la relación C/N, el por ciento de carbono orgánico total, la relación carbono ácido húmico a carbono ácido fúlvico (CH/CF) y la relación de absorbancia a 465 nm y 665 nm ( $E_4/E_6$ ).

El análisis del grado de evolución de la materia orgánica en relación al clima, vegetación y composición mineral de los suelos, permitió dividir tentativamente al Neuquén en tres sistemas de estudio coincidentes con las respectivas provincias fitogeográficas:

La Provincia del Monte posee suelos calcáreos y clima árido. Las sustancias húmicas poseen relación CH/CF de 1,0 a 2,4 y  $E_4/E_6$  de 4,5 a 5,5.

La Provincia Patagónica con clima estacionalmente contrastado y presencia de estabilizadores minerales aumenta la relación CH/CF (2,4 a 5,2) y disminuye la relación  $E_4/E_6$  (3,8 a 4,5).

La Provincia Subantártica posee clima húmedo. El material originario son cenizas volcánicas. Las arcillas alofanicas impiden la evolución de los ácidos fúlvicos a formas más condensadas, observándose en consecuencia relaciones CH/CF menores que 1.

Palabras Clave: Acidos húmicos, ácidos fúlvico, evolución del humus.

### THE EVOLUTION OF ORGANIC MATTER IN SOILS OF NEUQUEN PROVINCE

#### ABSTRACT

The upper horizons of eleven main great groups of soils in the Province were analyzed. The pH, C/N ratio, total organic carbon, the humic acid carbon/fulvic acid carbon ratio (CH/CF) and the 465/665 nm absorbance ratio ( $E_4/E_6$ ) have been determined.

The analysis of the degree of evolution of organic matter, in relation with climate, vegetation, and soil chemical composition, allow us to provisionally divide the Neuquén Province into three systems corresponding to the respective phytogeographic provinces:

The Monte Province has calcareous soils and arid climate. The humic substances have 1,0 to 2,4 CH/CF ratios and 4,5 to 5,5  $E_4/E_6$  ratios.

In the Patagonic Province the climate shows marked seasonal fluctuations. The presence of stabilizing minerals favour comparatively the rise of the CH/CF ratio (2,4 to 5,2) and the decrease of the  $E_4/E_6$  ratio (3,8 to 4,5).

The Subantartic Province has a humid climate. The parent materials are volcanic ashes. The allophanic clays do not allow the evolution of fulvic acids to more condensated forms, showing in consequence CH/CF ratios lower than 1.

Key Words: Humic acids, fulvic acids, humus evolution.

---

\* Trabajo presentado en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo - Mar del Plata. 1983.

1) Cátedra de Química Biológica.

2) Cátedra de Edafología.

## INTRODUCCION

Las sustancias húmicas son producidas bioquímicamente en el suelo. El material de síntesis es aportado por la vegetación en forma de proteínas, hidratos de carbono, ácidos orgánicos, ceras, lignina, etc. El humus representa la reserva energética necesaria para que la microflora del suelo efectúe las transformaciones biológicas que conducen a su mineralización y consecuente liberación, en forma gradual, de los nutrientes esenciales para el desarrollo de la planta. Su importancia bioquímica se refleja también en la capacidad de solubilizar micronutrientes por secuestro, actuar como activadores del crecimiento y reducir la toxicidad de los plaguicidas (Schnitzer, 1971).

Según Duchaufour (1975), todo factor que modifique la actividad biológica influye sobre la evolución del humus en una dirección dada; los factores pueden ser externos (clima, roca madre, y topografía) e internos (naturaleza de la "materia prima").

En correspondencia con estas razones, se ha considerado que este primer estudio del grado de polimerización de las sustancias húmicas en los principales grandes grupos de suelos de la provincia del Neuquén, en relación al clima, vegetación y material originario, puede brindar información sobre la evolución bioquímica de los suelos y su fertilidad potencial.

## DESCRIPCION DEL AREA

### Clima

En el este de la provincia del Neuquén el clima es árido mesotermal, el que evoluciona hacia el húmedo y el perhúmedo mesotermal (fresco) en el oeste, pasando por una franja de transición semiárida-subhúmedo seco-húmeda húmedo. Arroyo (1980) utiliza esta clasificación climática, basada en el método de Thornthwaite, donde se aclara que la distribución geográfica de los distintos tipos de clima debe considerarse una aproximación, dadas las condiciones especiales del relieve neuquino.

### Vegetación

De acuerdo a los últimos relevamientos de vegetación realizados (Movia et al., 1982), los suelos bajo estudio están distribuidos fundamentalmente en tres provincias fitogeográficas: Provincia del Monte, que ocupa el tercio oriental del Neuquén, la Provincia Subantártica en el área cordillerana y la Provincia Patagónica insecta como una cuña entre las dos anteriores.

El Monte se caracteriza por vegetación de matorral y estepa arbustiva xerófila, donde las especies dominantes son la jarilla (*Larrea* spp), la zampa (*Atriplex* spp); la vidriera (*Suaeda* spp), el alpataco (*Prosopis alpataco*) y otras especies arbustivas y subarbustivas, acompañadas con muy poca presencia de gramíneas (*Stipa* spp).

Existe una zona de transición entre el Monte y la Patagonia, con especies como: *Grindella chilensis*, *Senecio filagenoides*, *Stipa* spp, *Verbena juncea*, *Trevoa patagonica*, entre otras.

La Provincia Patagónica dividida en los distritos de la Payunia, Occidental y Subandino, cuyos límites están sujetos a revisión, se caracteriza por tener vegetación de estepa herbácea-arbustiva, siendo los géneros dominantes: *Stipa*, *Poa* y *Festuca*, junto con *Senecio*, *Mulinum*, *Adesmia* y *Colliguaya*.

La Provincia Subantártica ha sido dividida en dos distritos:

- 1) del Pehuén, desde el extremo norte del Neuquén hasta aproximadamente el departamento Aluminé, cuya especie dominante es *Araucaria araucana* acompañada generalmente por matorral de ñire o bosques de lenga y roble pellín, y
- 2) del bosque caducifolio de *Nothofagus* dominado por lenga y ñire, puros o combinados con raulí o roble pellín, ocupando desde el centro de la región cordillera neuquina hasta el sur de la provincia.

En Neuquén se encuentra también la Provincia Altoandina caracterizada por estepa arbustiva y arbustiva-herbácea de baja altura, en forma de cojines.

### Material Originario

Se discutirá al analizar los sistemas en Resultados y Discusión.

## MATERIALES Y METODOS

### Muestras de Suelo

Se han analizado los horizontes superficiales de 30 muestras representativas de once de los principales grandes grupos de suelos, seleccionadas de las extraídas para el estudio del Plan Mapa de Suelos de la Provincia del Neuquén, (Ferrer et al., 1982), cuya ubicación geográfica se indica en la Fig. 1.

### Determinaciones analíticas

pH en pasta saturada; carbono orgánico total por el método de Walkley y Black y nitrógeno orgánico

FIG 1

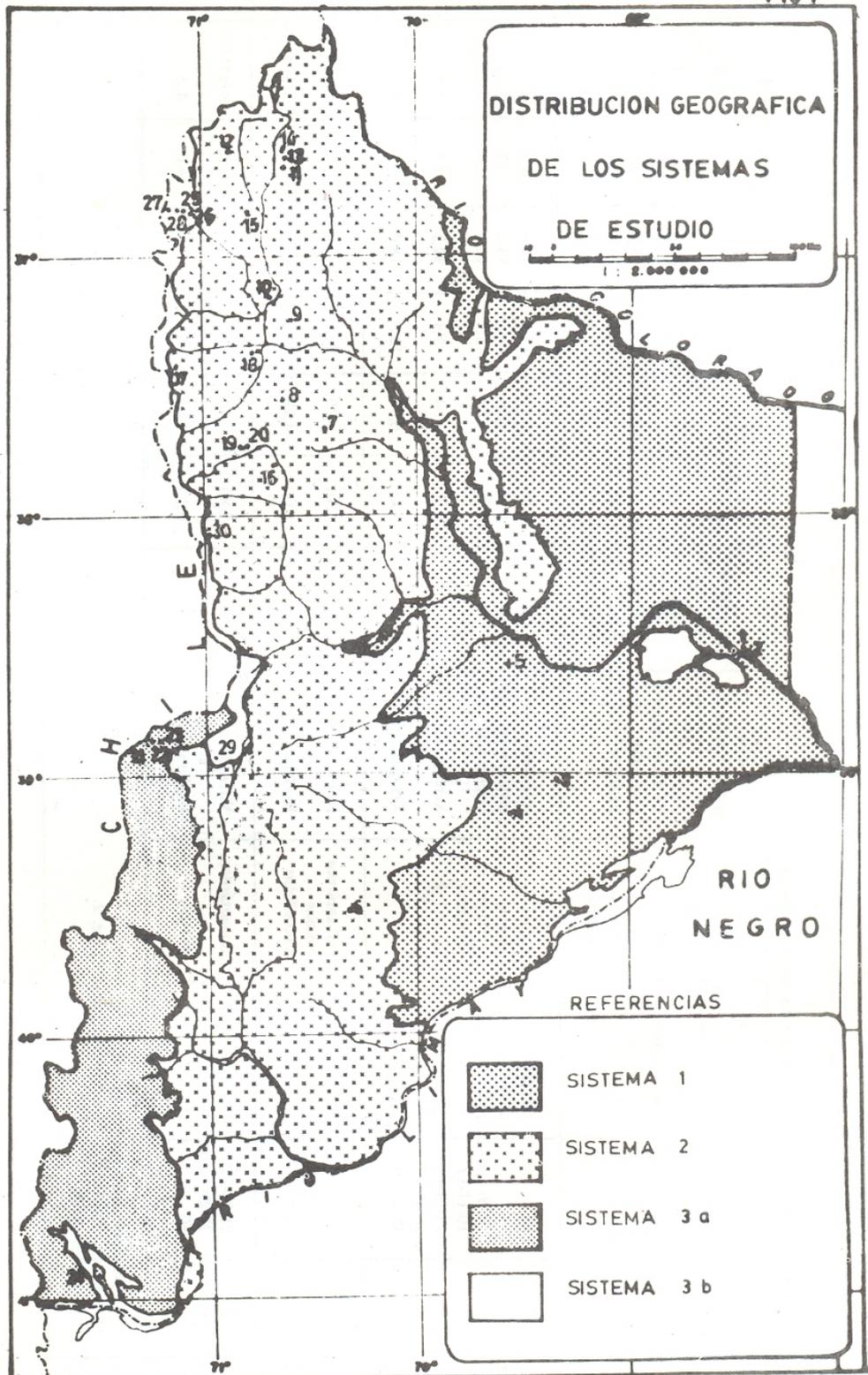


TABLA 1: Propiedades que caracterizan a los suelos estudiados.

Sistema	Muestra No *	Clima	Vegetación	Suelos (grandes grupos)	Horizonte	pH (pasta)	C%	C/N	C <sub>ext</sub> %	CH/CF	E <sub>4</sub> /E <sub>6</sub>
1	1-2	Aridico 1 m < -40	Monte matorral estepa arbusitiva xerofila	Torrifluvent Torripsamment Calciorid Paleortid	Ap	7,45 7,65 7,45 7,45	0,81 0,21 0,33 0,24	10,7 16,0 13,0 12,0	29,0 23,0 9,0 14,6	1,4 1,7 2,6 0,9	n/d*** 5,0 5,4 4,2
	3 **										
	4										
	5										
	6										
2	7 **	Semiárido a subhúmedo 1 m = -40 a 20	Patagonia estepa herbáceo arbusitiva	Argixerol Haploxeralf Haploxeralf Xerortent Xeropsamment	All Al Al Al Al	6,95 6,55 6,30 6,29 6,45	0,75 1,19 1,18 0,94 0,66	12,5 11,0 13,7 9,4 16,0	18,6 14,2 22,3 32,3 18,4	6,0 3,2 3,6 2,3 4,3	4,1 4,6 4,1 3,7 4,2
	8-9-										
	10-11-12										
	13-14-15-										
	16-17										
	18-19-20										
	21-22-										
23-24											
22 **											
3a	21-22-	Húmedo a perhúmedo 1 m = 20 a 100	Subantártica bosque caducifolio	Dystrandept Dystrandept	Al Al	5,40 5,00	3,70 4,19	20,3 20,0	40,9 48,6	0,68 0,66	n/d*** n/d***
	23-24										
3b	25-26-27-	Húmedo 1 m = 20	Subantártica Pehúen	Vitrandept Haplumbrept	Al Al	5,80 6,10	1,75 1,93	12,9 13,0	34,6 7,2	0,68 4,0	n/d*** 4,2
	28-29										
	30										

\* Ver ubicación de las muestras en Fig. 1.

\*\* Datos analíticos de los suelos esquematizados en Fig. 2.

\*\*\* No determinado.

por el método de Kjeldahl, utilizando un aparato marca Büchi.

El grado de complejidad de las sustancias húmicas se ha estimado en base a los siguientes parámetros:

*Relación carbono de ácidos húmicos a carbono de ácidos fulvicos (CH/CF).* La extracción de las sustancias húmicas se efectuó con pirofosfato de sodio 1M, pH = 12, según el procedimiento descrito detalladamente en el trabajo de Irisarri et al. (1983).

*Relación de densidades ópticas a dos longitudes de onda E465/E665 (E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub>)* (Kononova, 1966). Sobre la fracción ácido húmico aislada, previa disolución de agua destilada, se leen los valores de absorbancia a 465 nm y 665 nm, respectivamente, utilizando un espectrofotómetro Spectronic 20. Este análisis sólo se ha realizado en los suelos con predominio de ácidos húmicos.

La relación E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> es un índice del grado de condensación de los núcleos aromáticos de los átomos de C; altas relaciones indican baja condensación de las moléculas de ácido húmico y viceversa.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Analizando los datos climáticos, vegetación y composición mineral de los suelos estudiados, ha surgido la posibilidad de agruparlos en forma tentativa en tres sistemas ecológico de estudio, cuya distribución geográfica se indica en la Fig.1. Los límites de los mismos corresponden al patrón fitogeográfico enunciado por Movia et al. (1982) y cada sistema a las Provincias del Monte Patagónica y Subantártica, respectivamente.

Este estudio preliminar del grado de evolución de la materia orgánica y su relación con clima, vegetación y características químicas del material originario, se ha sintetizado en un perfil esquemático realizado a la altura del paralelo 39° donde se indican de oeste a este las características de los suelos representativos de cada uno de los tres sistemas en que resultaría dividida la Provincia del Neuquén (Fig. 2)

Las propiedades que caracterizan a cada uno de los grandes grupos de suelos bajo estudio, el número de muestras analizadas de los mismos y los valores promedio de las determinaciones analíticas se indican en la Tabla 1.

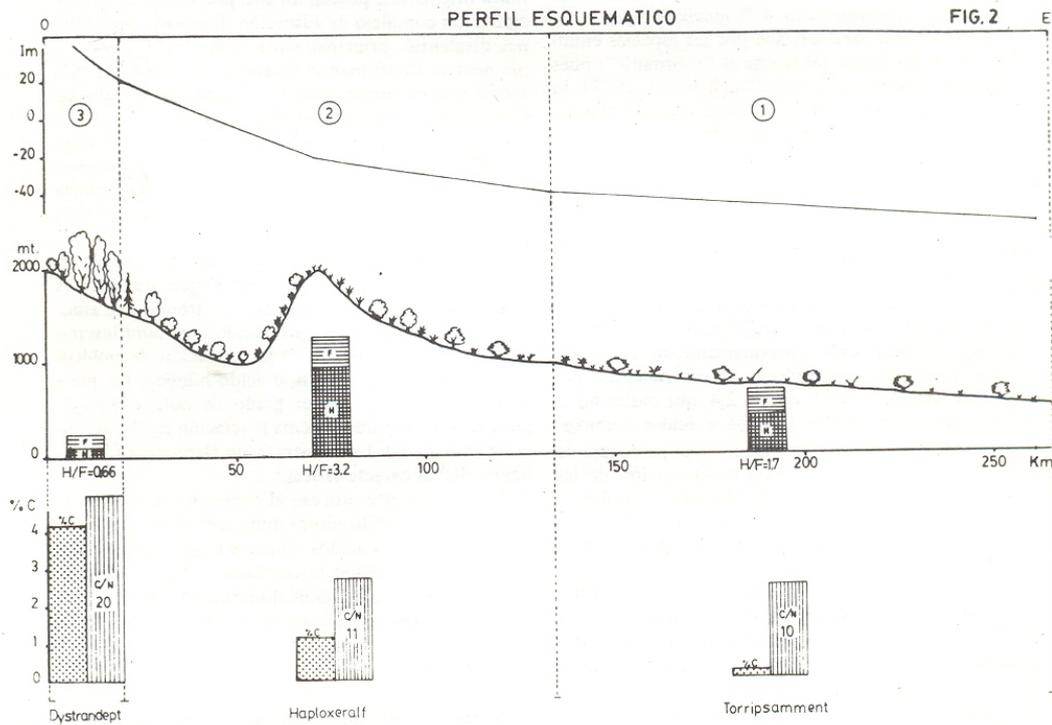


Tabla 2: Valores medios y desviación standard de cada sistema.

Sistema	Muestra	pH (pasta)		C%		C/N		C <sub>ext</sub> %		CH/CF		E <sub>4</sub> /E <sub>6</sub>	
		X	D	X	D	X	D	X	D	X	D	X	D
1	1 a 5	7,50	0,10	0,48	0,36	12,9	2,26	18,9	8,86	1,7	0,71	4,9	0,61
2	6 a 20	6,40	0,45	0,98	0,41	12,3	4,27	26,8	13,90	3,8	1,39	4,2	0,41
3 <sup>a</sup>	21 a 24	5,40	0,40	3,70	1,73	20,3	6,79	40,9	11,20	0,68	0,30	-	-
3 <sup>b</sup>	25 a 29	5,76	0,11	1,75	0,79	12,9	3,13	34,6	6,96	0,45	0,20	-	-

X: Valor medio  
D: Desviación Standard

Los valores medios y desviación standard de las propiedades que caracterizan cada uno de los sistemas en estudio se indican en la Tabla 2.

#### Sistema Uno

Corresponde a una zona de clima árido mesotérmico con un índice de humedad único (1 m) menor que -40, con temperaturas medias anuales que varían entre 12 y 14°C, con precipitaciones de 130 a 150 mm anuales concentrados en el otoño e invierno y una evapotranspiración de 700 mm; como consecuencia este sistema sufre una fuerte deficiencia de agua.

La vegetación caracterizada por las especies enunciadas en la Provincia del Monte es "mejorante", pues posee una relación C/N baja (Duchaufour, 1975), lo que favorecería la proliferación microbiana y la hojarasca se descompondría rápidamente.

Sin embargo, las condiciones de aridez pronunciada por la falta de un nivel crítico de humedad, determinan una vegetación con un bajo aporte de materia orgánica, una mala mineralización y una deficiente humificación, excepto en los Torrifluent seleccionados con horizonte Ap.

Los suelos pertenecen a los órdenes Aridisol y Entisol: tienen pH mayor de 7, bajos tenores de carbono orgánico, relación C/N aproximadamente 12 y son calcáreos con alto contenido en bases divalentes. Poseen una relación CH/CF de 1 a 2,4; que indica tenores similares de ácidos fúlvicos y ácidos húmicos. Además, la relación E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> con un valor promedio de 4,9 es alta, indicando una baja condensación de las moléculas de ácido húmico, posiblemente pardos, y de biodegradación rápida. Se ha tomado un Torripsamment (muestra 3) como suelo representativo de este sistema.

El bajo por ciento de carbono extraído indica tenores de materia orgánica humificada. Según Rosell et al. (1971), esto puede deberse al hecho de que al usar Pirofosfato en los suelos calcáreos, la materia orgánica quede complejada; por ello se ha favorecido la extracción trabajando a pH: 12 en lugar de 7.

#### Sistema Dos

Hacia el oeste, se encuentra este sistema correspondiente a una zona de transición con clima árido y subhúmedo, con 1 m entre -40 y 20, temperaturas medias anuales que varían entre los 11 y 13°C, con precipitaciones de 200 a 700 mm anuales y con una evapotranspiración entre 600 y 700 mm; poseen deficiencia moderada de agua en estación estival y moderado exceso en estación invernal.

Los suelos, formados a partir de diferentes materiales originarios, poseen un alto porcentaje de saturación y un complejo de adsorción dominado por cationes divalentes, principalmente el ión Ca<sup>2+</sup>, siendo el pH neutro. Confirmando lo aseverado, Ferrer (1981) indica que en forma general el límite entre Aridisoles y Molisoles coincidiría con el 1 m = -40.

El cambio climático en este sistema lleva a un cambio en la vegetación (Provincia Patagónica), también con especies "mejorantes" y un relativo mayor aporte de materia orgánica, dando un medio óptimo para la humificación.

En el sistema aumenta el por ciento de carbono orgánico, así como la relación CH/CF que tiene valores entre 2,4 y 5,2 y el por ciento de carbono extraído. Esto indicaría que se ha producido una humificación de la materia orgánica hacia la formación de moléculas más condensadas del tipo ácido húmico, las que a su vez, poseen un mayor grado de polimerización, pues en este segundo sistema la relación E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> disminuye (3,8 a 4,5). La muestra 7, un Haploxeralf, sintetizaría dichas características.

Justificaría este proceso el contraste climático y la presencia de estabilizadores minerales (Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>), que precipitan los ácidos húmicos neoformados impidiendo la degradación microbiana y favoreciendo su conservación y maduración climática en concordancia con lo propuesto por Duchaufour (1975).

#### Sistema Tres

Sobre el límite internacional se encuentra el tercer

sistema con clima húmedo a perhúmedo con un 1m de 20 a > 100, temperaturas medias anuales entre los 8 y 11°C, precipitaciones de 750 a 2.500 mm anuales e incluso mayores y con grandes excesos en invierno, sin deficiencia de agua estival y la evapotranspiración menor de 600 mm.

Las especies vegetales que soportan los suelos estudiados en este sistema son características de la Provincia Subantártica; son "acidificantes", pues poseen una alta relación C/N, alto aporte de materia orgánica y bajo contenido en nitrógeno; no favorecen la proliferación bacteriana, pero si la de los hongos y actinomicetes, por lo que la mineralización y humificación son defectuosas, con lenta condensación de las sustancias húmicas.

El resultado es un suelo con alto contenido en carbono orgánico y relación C/N, igualmente alta, donde la relación CH/CF es menor de 1, lo que indicaría un mayor contenido de ácidos fúlvicos en la fracción humificada; representativo de ello sería el suelo Dystrandep (muestra 22).

En este tercer sistema los Andepts constituyen uno de los suelos de mayor difusión areal, los que poseen el complejo de intercambio dominado por material amorfo (arcillas alofánicas). Ferrer (1981) explica que la combinación entre el material originario (cenizas volcánicas) y un régimen climático húmedo ha generado una suerte de endemismo pedológico para los Andepts.

La materia orgánica y el alofán forman un complejo coloidal fuertemente coordinado de gran estabilidad (Greenland, 1971) debido a la presencia de un puente catiónico, donde el metal puede ser  $Al^{3+}$  ó  $Fe^{3+}$ . Esto se pone en evidencia en la tenacidad con que los ácidos fúlvicos retienen sílice (Griffith y Schnitzer, 1975). Este complejo sílice-Me-ácido fúlvico y la posible absorción de las enzimas del suelo por el alofán, retarda la mineralización de la materia orgánica humificada (baja velocidad de residencia media), lo cual es esencialmente importante desde el punto de vista de la reserva energética del suelo.

El alto porcentaje de carbono de extracción indicaría que la fracción humificada es alta, aunque de poca evolución, la que resultaría de un proceso de insolubilización (Duchaufour, 1977):

El sistema lo hemos dividido en dos unidades a) y b), cuyos límites tentativos estarían dados por los del distrito del Bosque Caducifolio y del Pehuén, respectivamente:

*Unidad a).* Los suelos dominantes son los Dystrandeps, con gran aporte de materia orgánica superficial, poseen altas relaciones C/N (aproximadamente 20) y carbono orgánico (4 por ciento). Con clima permanentemente húmedo, la evolución de la materia orgánica

sigue los lineamientos expuestos en las generalidades de este tercer sistema, con relación promedio CH/CF de 0,68.

*Unidad b).* El norte nequino, si bien bajo clima húmedo, esta afectado por una fase de desecación prolongada durante el verano.

Los suelos dominantes pertenecen al gran grupo de los Vitrandepts, la vegetación de bosque disminuye y está acompañada por pastizales, siendo el aporte de materia orgánica superficial menor que en a), el contenido de carbono orgánico del 2 por ciento y la relación C/N de 13.

En estas condiciones climáticas contrastantes cabría esperar una evolución mayor de la materia orgánica hacia la formación de ácidos húmicos. Sin embargo se encuentra que en los suelos con predominio de arcillas alofánicas la relación CH/CF es 0,45.

Estos resultados confirmarían la gran estabilidad del complejo sílice-Me-ácido fúlvico, sugiriendo que el ritmo de mineralización y humificación en los Andepts, está dominado por el material originario (cenizas volcánicas).

El análisis del suelo Haplumbrept (muestra 30) demuestra que posee un buen tenor de carbono orgánico, con una alta relación CH/CF, esto sugeriría que a iguales condiciones climáticas y de vegetación, puede existir una mayor evolución de la materia orgánica cuando el complejo de intercambio no está dominado por arcillas alofánicas.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos inferir que la evolución de la materia orgánica cumple con los siguientes lineamientos:

- Bajo clima arídico, con gran deficiencia hídrica (Provincia del Monte) y bajo porcentaje de carbono total, la fracción humificada de la materia orgánica muestra valores similares de ácidos fúlvicos y húmicos, éstos últimos de baja polimerización.
- En presencia de clima contrastado, reacción neutra del suelo y vegetación de estepa herbáceo-arbustiva, se favorece la actividad microbiana y el proceso bioquímico que permite la maduración de la materia orgánica hacia la formación de moléculas más condensadas del tipo ácido húmico.
- Bajo clima húmedo y poco contrastado, pH bajo, vegetación de bosque y alto por ciento de carbono total, la actividad microbiana está disminuída, generándose mayor proporción de sustancias del tipo ácido fúlvico. La presencia de amorfos confiere estabilidad a las sustancias húmicas.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Profesor de la Cátedra de Edafología Ing. Agr. Jorge Irisarri y a sus integrantes, la colaboración prestada en la extracción y clasificación de las muestras de suelo analizadas.

### REFERENCIAS

- Arroyo, J., 1980. Relevamiento y priorización de áreas con posibilidades de riego. Parte I. Clima. Convenio C.F.I. Provincia del Neuquén. Informe previo (Inédito).
- Duchaufour, P., 1975. Manual de Edafología. Ed. Toray-Masson. Barcelona, España. 480 pp.
- Duchaufour, P., 1977. Atlas ecológico de los suelos del mundo. Ed. Toray-Masson. Barcelona, España, 178 pp.
- Ferrer, J. A., 1981. Geografía y propiedades de los suelos de la Patagonia. Relatorio primeras jornadas regionales de suelos de Patagonia, Neuquén, 11-58.
- Ferrer, J. A. y J. Irisarri, 1982. Los suelos de la Provincia del Neuquén. Convenio C.F.I. Universidad Nacional del Comahue. (Inédito).
- Greenland, D. J., 1971. Interactions between humic and fulvic acids and clays. *Soil Sci.* 3: 34-41.
- Griffith, S. M. y M. Schnitzer, 1975. Analytical characteristics of humic and fulvic acids extracted from tropical volcanic soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39: 861-867.
- Irisarri, J.; H. Bianco; P. Schmid; A. Antiquero y M. Antiquero, 1983. Algunos procesos asociados a la materia orgánica de los principales grandes grupos de suelos del Neuquén. *Actas II Jornadas Regionales de suelo de la Patagonia. Trelew.* (en prensa).
- Kononova, M. M., 1966. *Soil Organic Matter.* Pergamon Press, Oxford.
- Movia, C.; G. Ower y C. Pérez, 1982. Estudio de la vegetación natural de la Provincia del Neuquén. Relevamiento. Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales. Ministerio de Economía y Hacienda. Neuquén.
- Rosell, R.; M. Ortiz y L. Quevedo, 1974. A comparison of the effectiveness of various extractants for determining humus quality in a calcareous soil. *Soil Sci. and Plant Analysis.* 2: 275-282.
- Schnitzer, M., 1971. Metal organic matter interactions in soils and waters. En: Faust, S. D. y J. V. Hunter, (Eds.) *Organic compounds in aquatic environments.* Marcel Dekker, Inc. New York. 297 p.