

EVOLUCION DE LA COMPOSICION QUIMICA Y PROPIEDADES DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO POR LA TRANSFORMACION DE AREAS FORESTALES EN AGROSISTEMAS EN VERACRUZ (MEXICO)

F. Velazco⁽¹⁾; N. García Calderón⁽²⁾ y N. Aguilera⁽²⁾

⁽¹⁾ Centro de Ciencias Medioambientales CSIC, c/Serrano, 115 Dpdo. 28006 Madrid (España)

⁽²⁾ Facultad de Ciencias - UNAM - México, D.F.

INTRODUCCION

La interrumpida tala de masas arboladas en la mayor parte de los países para ampliar el área dedicada al cultivo agrícola, plantea con frecuencia problemas de variada índole, a veces graves, que pueden desembocar en procesos de degradación irreversible del subsistema suelo (FAO, 1983).

Desde hace algún tiempo, algunas organizaciones internacionales, sensibilizadas por la alteración de este recurso natural no renovable a corto plazo, han formulado recomendaciones y el Consejo de Europa ha sugerido que en la alteración del paisaje vegetal primitivo por exigencias socioeconómicas, se preserven al menos bosquetes relictuales, "islas" privilegiadas de vegetación natural, a partir de los cuales se pudiera en el futuro restaurar la vegetación original cuando hayan desaparecido las causas que motivaron su destrucción (Mateo Sagasta, 1979).

El proceso dinámico que se inicia a partir de la colonización de un material geológico, incluye sucesivas etapas progresivas que van incrementando la biomasa y el desarrollo del suelo, desembocando en la formación de un ecosistema estable en el que la biocenosis establecida ha conseguido explotar con rendimiento biológico óptimo las posibilidades disponibles (Duvigneaud, 1978).

El funcionamiento biogeoquímico del ecosistema se altera cuando el hombre interviene en el bosque destruyendo el "vuelo", iniciándose una nueva dinámica edáfica en relación con el sistema de cultivo agrícola introducido y el manejo del suelo, que pueden mantener, incrementar o disminuir la fertilidad natural del suelo climax; a veces, en función de los factores topográficos y climáticos concurrentes, la erosión provocada por la pérdida de la cobertura vegetal puede finalizar en la desertificación (FAO, 1983).

En extensas áreas del Estado de Veracruz, concurren

condiciones favorables para que la sucesión de etapas evolutivas hacia el climax, desemboque en el establecimiento del bosque mesófilo de montaña (Rzedowski, 1978), bosque autóctono que incluye en el estrato arbóreo diversas especies de *Quercus* y *Liquidambar*.

El creciente desarrollo de la cafeticultura mexicana en los últimos decenios, en función de factores socioeconómicos y la adaptación del café a las condiciones ecológicas imperantes en varios estados, exige tanto el conocimiento de los factores que condicionan altos rendimientos de producción, como de los problemas que pueden derivarse de su monocultivo (bien con protección de árboles de sombra, bien al sol).

La proximidad de áreas dedicadas al cultivo de maíz, permitirá estudiar también el impacto de la implantación de esta gramínea sobre algunas propiedades del suelo.

La presencia del "acahual", comunidad secundaria correspondiente a una etapa subserial, regresiva, constituye otra posibilidad adicional de investigar comparativamente la evolución de diversos parámetros edáficos, los cambios inducidos por las nuevas comunidades vegetales que han sustituido a la vegetación climax inicial.

MATERIAL Y METODOS

Descripción de las muestras

Perfil 1: Andosol sobre cenizas volcánicas y andesitas de origen coluvial, A11 (0-12 cm), A12 (10-20), A13 (20-68), A14, C **Situación:** Presa de Texolo. **Altitud:** 1.225 m.s.m. Relieve muy abrupto. **Vegetación:** Bosque mesófilo, bosque autóctono que incluye en el estrato arbóreo *Quercus germana* Cham. & Sch. y *Liquidambar macrophylla* Oerst.

Perfil 2: Andosol. Ap (0-20 cm), A12 (20-60), A13 (60-108), C **Situación:** Camino de Xico a la Cascada de Texolo, km 1. **Altitud:** 1.350 m.s.m. **Relieve:** Llano. **Vegetación:** Cafetal de *Coffea arabica* L. var. *tyoica* y *bourbon*, con sombra de *Inga jimicuile* y *Musa paradisiaca*.

Perfil 3: Andosol. Ap (0-18 cm), A13 (18-50), AC (50-68), C1 (68-90) C2 (90-150). *Situación:* Camino de Xico a Tlalcuitalpan, km 0,5. *Altitud:* 1.465 m.s.m. *Relieve:* Ondulado. Orientación: E. *Vegetación:* Cafetal al sol.

Perfil 4: Andosol. Ap1 (0-14 cm), Ap2 (14-33), AC (33-45), C1 (45-105), C2 (105-120). *Situación:* Colindante con el Perfil 3. *Altitud:* 1.460 m.s.m. *Relieve:* Ondulado. *Vegetación:* Cultivo de maíz.

Perfil 5: Andosol. O1 (4-2 cm), O2 (2-0). A1 (0-9), C Situación: Colindante con el Perfil 4. *Altitud:* 1.450 m.s.m. *Relieve:* Abrupto. *Vegetación:* Secundaria ("Acahual").

Perfil 6: Mollisol (Feozem háplico, FAO). A1 (0-20 cm), A1b (20-40), B2 (40-70). *Situación:* Ejido la Reforma-Yecuatla, km 0,5. *Altitud:* 500 m.s.m. *Relieve:* Ondulado, drenado. *Vegetación:* Bosque mesófilo.

Perfil 7: Alfisol (Luvisol órtico, FAO). A1 (0-8 cm), B1t (8-30), B2t (30-42), B3t (42-60), CR (60-80, basalto). *Situación:* Ejido Santa Margarita. *Altitud:* 500 m.s.m. *Relieve:* Ondulado, imperfectamente drenado. *Vegetación:* Plantación de caféto (*Coffea arabica*) sombreado con cítricos y relictos de selva mediana.

Perfil 8: Alfisol (Luvisol órtico, FAO) sobre cenizas volcánicas cementadas. Ap (0-10 cm), B1t (10-27), B2t (27-37), Bc (37-55), C (55-...). *Situación:* Campo experimental del Inmecafé, Xalapa. *Altitud:* 1.280 m.s.m. *Relieve:* Ondulado, imperfectamente drenado. *Vegetación:* Plantación de *Coffea arabica* sombreado con *Grevillea*. *Observaciones:* Drenaje interno.

Técnicas Analíticas

Para la determinación del carbono orgánico se siguió el criterio de la Comisión de Métodos Analíticos del Instituto de Edafología y Agrobiología (1973): oxidación por vía húmeda en medio sulfocrómico, valorando el exceso de dicromato con sal de Mohr. Como indicador se utilizó difenilamina.

El fraccionamiento de la materia orgánica se realizó de acuerdo con Dabin (1971), tratando el suelo previamente con ácido fosfórico antes de aplicar los extractantes alcalinos (pirofosfatos e hidróxido sódicos).

Los ácidos húmicos se separaron de los ácidos fúlvicos por precipitación con ácido clorhídrico; posteriormente se purificaron por supercentrifugación y diálisis.

Los ácidos húmicos se caracterizaron mediante electroforesis (Coulson et al., 1959) integrando las curvas correspondientes a los electroforegramas con un densitómetro Gelman DSC-16 y filtración a través de gel (Sephadex G-50 y G-100) (Bailly, 1967), registrando las curvas densitométricas a 450 nm con un espectrofotómetro Zeiss PM II provisto de cubeta de flujo continuo y registrador Kipp-Zonen DD 8.

Para la determinación de los coeficientes de extinción óptica de los ácidos húmicos, se optó por el método de Kononova et al (1960). Las curvas de densidad óptica se sustituyeron por la relación E_4/E_6 de Welter (1955).

En la evaluación de la resistencia de los ácidos húmicos a los electrolitos, se aplicó el método Bel'Chikova descrito por Kononova (1966).

RESULTADOS Y DISCUSION

La observación de los datos analíticos expuestos en la **Tabla 1** permite comprobar que el grado de humificación es muy elevado, a excepción del suelo bajo "acahual", en el que se incrementa considerablemente la proporción de materia orgánica libre; el cambio de vegetación resulta desfavorable para la transformación de la materia orgánica. La vegetación secundaria, por tanto, induce una menor biodegradación de los restos orgánicos, así como la inversión de la relación: ácidos húmicos/ácidos fúlvicos y disminución del extracto húmico total (respecto al carbono orgánico total).

La filtración a través de gel permite el fraccionamiento de los ácidos húmicos en función de sus tamaños moleculares. Mediante el estudio comparativo de las curvas de filtración a través de Sephadex G-50 y G-100 de los ácidos húmicos (**Figura 1, Tabla 2**), se pueden enmarcar los tamaños moleculares en el intervalo o rango molecular definido por cada tipo de gel.

De acuerdo con las cifras representativas de las fracciones excluida y retenida por Sephadex G-50, se comprueba que la proporción de la fracción de ácidos húmicos de tamaño molecular >10.000 es minoritaria, correspondiendo las cifras más bajas a los ácidos húmicos extraídos del suelo cultivado con maíz y del suelo colonizado por el "acahual".

La proporción de la fracción de ácidos húmicos con tamaño molecular >100.000 , es indicativa de que la mayor parte de los ácidos húmicos extraídos del suelo climax y del suelo del cafetal sombreado con tamaño molecular >10.000 alcanzan un tamaño molecular >100.000 , correspondiendo las cifras menores a la fracción de ácidos húmicos extraídos de los suelos con vegetación secundaria ("acahual") o cultivados con maíz o caféto al sol.

Las propiedades ópticas de los ácidos húmicos se caracterizan por medio de la razón E_4/E_6 de Welte (**Tabla 3**); los resultados expuestos, son indicativos de un menor grado de transformación o maduración de los ácidos húmicos extraídos de los suelos cultivados con caféto al sol y con maíz (decreciendo aún más en el suelo colonizado por el "acahual") que en el suelo climax y en el suelo con caféto sombreado.

En los Perfiles 6 y 7 se compara el impacto del cultivo del caféto sombreado con cítricos y relictos de selva mediana sobre el suelo que tuvo anteriormente vegetación autóctona; el Perfil 8 corresponde al área de Xalapa y se abrió en las plantaciones de caféto sombreado con *Grevillea*.

El grado de humificación de la materia orgánica de los

Tabla 1: Distribución del carbono orgánico

PERFIL	HORIZONTE	VEGETACION	% C	Materia orgánica libre	Materia orgánica humificada	Acidos fulvicos (POH) _{4,3}	Acidos fulvicos A.F.	Acidos humicos A.H.	Extracto húmico total	Humina H ₂ O	pH CLK		
1	A11	Bosque autoctono	9,20	1	0,77	8,43	1,17	0,91	3,55	4,46	2,80	6,3	5,2
				2	8,37	91,63	12,71	9,89	38,59	48,48	30,43		
2	Ap	Cafetal sombreado (Inga, Musa)	4,20	1	0,32	3,88	0,56	0,65	1,63	2,28	1,04	4,7	3,9
				2	7,62	92,38	13,33	15,48	38,81	54,29	24,76		
3	Ap	Cafetal al sol	16,65	1	2,13	14,52	1,22	2,16	5,78	7,94	5,36	5,9	4,9
				2	12,79	87,21	7,33	12,97	34,71	47,69	32,19		
4	Ap1	Maiz	16,45	1	2,80	13,65	1,46	2,29	4,82	7,11	5,08	5,3	4,3
				2	17,02	82,98	8,88	13,92	29,30	43,22	30,88		
5	A	Acahual	28,41	1	9,61	18,80	0,46	3,63	2,95	6,58	11,76	6,3	5,7
				2	33,83	56,17	1,62	12,76	10,38	23,16	41,39		
6	A1	Bosque autoctono	14,91	1	2,39	12,52	3,06	2,60	3,96	6,56	2,90	4,4	3,4
				2	16,03	83,97	20,52	17,44	26,55	43,99	19,45		
7	A1	Cafetal sombreado (Citricos)	4,66	1	0,61	4,05	0,32	0,97	0,67	1,64	2,09	4,3	3,7
				2	13,09	86,91	6,87	20,82	14,68	35,19	44,85		
8	Ap	Cafetal sombreado (Grevillea)	3,24	1	0,24	3,00	0,28	0,83	0,46	1,29	1,43	5,2	4,6
				2	7,41	92,59	8,64	25,62	14,20	39,81	44,14		
1 . Respecto al peso de muestra. 2) . Respecto al Carbono total													

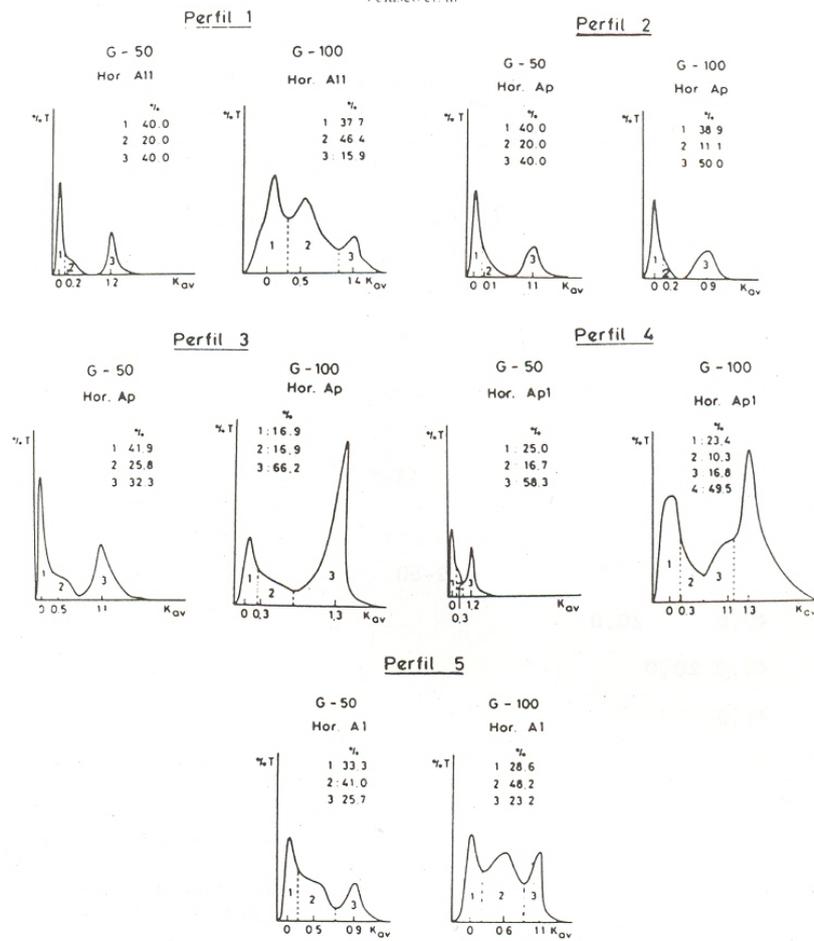


Figura 1: Curvas de filtración a través de Sephadex G-50 y G-100 de los ácidos húmicos. Porcentajes de las diferentes fracciones.

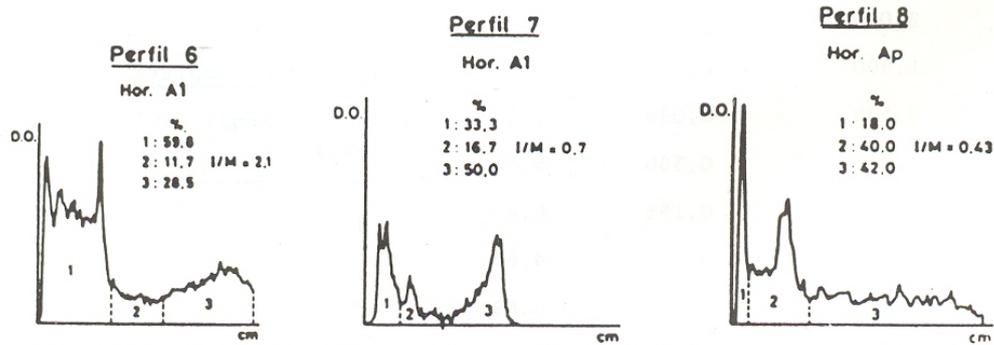


Figura 2: Curvas densitométricas de los electroforegramas de los ácidos húmicos. Porcentajes de las diferentes fracciones.

Perfiles 6, 7 y 8 es muy elevado; la proporción de ácidos húmicos es mayor que la proporción de ácidos fúlvicos en el suelo climácico, en cambio en los Perfiles 7 y 8 la razón ácidos húmicos/ácidos fúlvicos es <1.

Las curvas densitométricas correspondientes a los electroforegramas de los ácidos húmicos (**Figura 2**) demuestran la disminución del grado de polimerización de los ácidos húmicos del Perfil 7 (suelo con café sombreado con cítricos) y más aún de los ácidos húmicos extraídos del suelo con café sombreado con *Grevillea* (Perfil 8), invirtiéndose la relación I:M (ácidos húmicos inmóviles o poco móviles, muy polimerizados/ácidos húmicos móviles, poco polimerizados) = 2,1 que pasa a ser <1 en las áreas transformadas en café, con predominio de los ácidos poco polimerizados.

La relación E_4/E_6 (**Tabla 3**) al aumentar también en

el sentido ácidos húmicos extraídos del suelo climácico <A.H. del café sombreado con cítricos <A.H. del café sombreado con *Grevillea*, es indicativa del menor grado de transformación o maduración de los ácidos húmicos formados tras el cambio de vegetación.

La razón entre las estructuras aromática y alifática de los ácidos húmicos (en relación inversa con la resistencia de los ácidos húmicos a los electrolitos, **Tabla 4**) es mayor en los ácidos húmicos extraídos del suelo climácico que en los ácidos húmicos de los suelos cultivados con café, aumentando, por tanto, el número de cadenas alifáticas periféricas así como la naturaleza hidrofílica y el grado de dispersión en los suelos cultivados que en el suelo de bosque mesófilo, lo que demuestra una menor tendencia a la formación de derivados organominerales insolubles en los ácidos húmicos de estas formaciones antropógenas.

REFERENCIAS

- Bailly, J.R. 1967. Fractionnement des acides humiques suivant leur encombrement moléculaire. C.R. Acad. Sc. Paris. 264, serie D: 564-566.
- Comisión de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología. 1973. Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos. An. Edafol. y Agrobiol., 32: 1151.
- Coulson, C.B., R.I. Davies; E.J.A. Khan, 1959. Humic-Acid investigations. II Studies in the fractionation of Humic acids. J. Soil. Sci., 10, 2: 271-283.
- Dabin, B. 1971. Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. Sci. sol., 1: 47-63.
- Duvigneaud, P. 1978. La síntesis ecológica. Ed. Alhambra. Madrid, 306 p.
- F.A.O. 1983. Mantengamos viva la tierra: causas y remedios de la erosión del suelo. Roma. 50,81 p.
- Kononova, M.M. 1966. Soil Organic matter. Pergamon Press, Oxford, 544 p.
- Kononova, M.M., N.P. Bel'Chikova, 1960. Investigations of soil humic substances. Soviet Soil Sci., II, 1149-1153.
- Mateo Sagasta, J. 1979. Repoblación forestal del área mediterránea. Montes, 194: 351-358.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, 432 p.
- Werte, E. 1955. Neue Ergebnisse der Humus Forschung. Z. Angew. Chem., 67, 5: 153-155.