

**PROCESOS DE FORMACIÓN EN SUELOS AL SURESTE DE LA  
SUBCUENCA DE COINTZIO  
PROCESSES OF FORMATION IN SOILS TO THE SOUTH-EAST OF  
COINTZIO's SUB-BASIN**

**<sup>(1)</sup>María Alcalá De Jesús, <sup>(2)</sup>Christian Prat, <sup>(1)</sup>Adriana Ramos Ramírez, <sup>(3)</sup>Claudia Hidalgo Moreno, <sup>(1)</sup>Arcelia Cabrera González, <sup>(1)</sup>Víctor H. Garduño Monroy**

<sup>(1)</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo <sup>(2)</sup>IRD-LTHE, Francia. <sup>(3)</sup>Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. México.  
maalcala@terra.com.mx

**RESUMEN**

El suelo es un recurso natural fácil de deteriorar y con frecuencia es redistribuido. Éste recurso constantemente cambia y se desarrolla, lo que origina su diferenciación horizontal y vertical; en ésta última se encuentran los horizontes o capas, resultado de los procesos formadores del suelo. Los horizontes superficiales se transforman por el cambio de uso, perdiendo propiedades físicas como la estructura por efectos de labranza o el espesor por el arrastre del suelo, lo cual influye en la Clasificación Taxonómica y en las actividades agrícolas. Para nombrar a un suelo, la IUSS (WRB, 2007) requiere la clasificación de horizontes genéticos y de diagnóstico que reflejan sus procesos de formación. Esto se logra mediante una descripción tanto morfológica como de propiedades físicas y químicas. El objetivo de este trabajo es contar con dicha descripción para identificar los procesos de formación que ocurren en seis suelos localizados al sureste de la subcuenca de Cointzio, conocimientos de gran utilidad para complementar los estudios y acciones de manejo que actualmente se realizan en la zona (Bravo *et al.*, 2006; Medina *et al.*, 2006). Se ha formado un horizonte genético A, el cual está perturbado por las actividades agrícolas y, un horizonte Bt y Bw de acumulación y revestimientos de arcilla y, desarrollo de estructura. El Perfil 10 ha desarrollado un horizonte Úmbrico (Melanización); en los demás suelos, éste horizonte se está perdiendo por el cambio de uso forestal al agrícola. Existen cambios de textura abrupto e incremento de materia orgánica con la profundidad. En cuatro perfiles se encontró un horizonte Árgico por diferencia textural (Argilización). En el Perfil 3 se encontraron propiedades Andicas (Andosolización) y en los demás suelos hay tendencia de propiedades Víticas.

***Palas clave:* Úmbrico, melanizacion, argilización, andosolización.**

**SUMMARY**

The soil is a natural resource easy to deteriorate and often it is redistributed. This one resource constant changes and there develops, which originates horizontal and vertical differentiation; in this latter they find the horizons or caps, result of the forming processes of the soil. The superficial horizons transform for the change of use, losing physical properties as the structure for effects of tillage or the thickness for the soil loss, which influences the Taxonomic Classification and the agricultural activities. To give a name to a soil, the IUSS (WRB, 2007) requirement the classification of genetic horizons and of diagnosis that reflect his processes of

formation. This is achieved by means of a description so much morphologic as of physical and chemical properties. The objective of this work is to rely on the above mentioned description to identify the processes of formation that occurred in six soils located to the south-east of Cointzio's Subbasin, knowledge of great usefulness to complement the studies and actions of managing that nowadays are realized in the zone (Bravo *et al.*, 2006; Medina *et al.*, 2006). There has formed a genetic horizon A, which is disturbed by the agricultural activities and, a horizon Bt and Bw of accumulation and coatings clays and, develop of structure. The Profile 10 has developed Umbric horizon (Melanization); in other soils, this one horizon is getting lost for the change of forest use to the agriculture. Changes of texture exist abrupt and increase of organic matter with the depth. In four profiles was found an Argic horizon for textural difference (Argilization). In the Profile 3 were Andic properties (Andosolization) and in other soils there is trend of Vitric properties.

***Index words:*** Umbric, melanization, argilization, andosolization.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un cuerpo natural continuo, formado por materiales minerales y orgánicos con propiedades que reflejan el impacto de los factores de formación (material de origen, clima, materia orgánica, hombre, topografía y tiempo). En general, los suelos permanecen en constante proceso de cambio, el cual se expresa mediante la diferenciación de los horizontes genéticos al llevarse a cabo los procesos de formación del suelo. Los sistemas de clasificación se basan en propiedades del suelo definidas en términos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico que son significativos para el uso y manejo de estos (IUSS, WRB, 2007). Sin embargo, una vez que se realiza el cambio de uso del suelo, las propiedades físicas pueden cambiar y perderse el horizonte superficial. Por una parte, esto desorienta la clasificación del suelo y por otra, influye en las actividades agrícolas.

En México se han realizado pocos trabajos de clasificación de suelos en donde se atienden sus procesos de formación: suelos salinos del ex Lago de Texcoco (Gutiérrez, 1997); intemperismo de tepetates y su influencia en la formación de suelos (Rodríguez, 1999) y suelos arcillosos del estado de México (Segura, 1999). En el país, se cuenta con una base de datos edafológica (DETENAL, 1979), sin embargo, para los suelos del presente estudio, en esta base sólo aparece el nombre de los suelos (Andosoles) sin mostrar la información que utilizaron para su clasificación y menos aún para conocer sus procesos de formación, lo cual pone en duda que los suelos sean de este tipo o sólo cumplan con algunas propiedades. Por esta razón, se propone como objetivo realizar una caracterización morfológica de seis suelos al sureste de la subcuenca de Cointzio y determinar sus propiedades físicas y químicas para contar con datos confiables y actualizados que sirvan por una parte para identificar sus procesos de formación y por otra, como marco de referencia para su posterior clasificación taxonómica y, para complementar los estudios y acciones de manejo que actualmente se realizan en la Subcuenca señalada (Bravo *et al.*, 2006; Medina *et al.*, 2006).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se localiza al sureste de la subcuenca de Cointzio, Mpio. de Morelia, Michoacán, en los alrededores de Umécuaro, entre los 19° 35' y 19° 27' N, y 101°19' y

101°18' W (Figura 1). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura media anual es de 13.8 °C y la precipitación anual de 1002 mm.

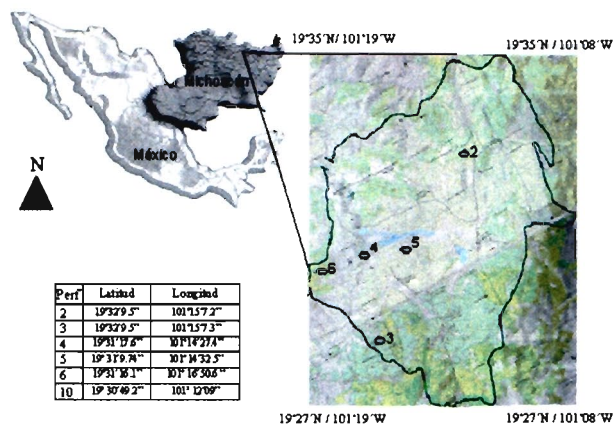


Figura 1. Área de trabajo, al Sureste de la Subcuenca de Cointzio, Michoacán.

El material geológico es basalto y brecha volcánica (Andesita) con lavas fechadas en 13 Ma (Garduño, 1999). Hay Acrisol, Andosol, Luvisol y Gleysol (DETENAL, 1979). Existen áreas de bosque, agrícolas y de pastoreo (INEGI, 1992).

Se seleccionaron seis sitios de muestreo con base en un empalme cartográfico (suelo, geología, uso del suelo, pendiente, hidrología). Se describió el sitio de trabajo y la morfología de seis perfiles de suelo a 2 m de profundidad (Cuanalo, 1990). Se realizaron análisis físicos y químicos de los suelos (ISRIC, 1995): Textura, método de la pipeta; color, con la Carta Munsell; densidad aparente, método del cilindro para suelos con propiedades ándicas y con el de la parafina para los demás; pH en agua y en NaF, relación 1:2.5; carbono orgánico, Walkley y Black; capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables, acetato de amonio (Ca y Mg por titulación y, Na y K por absorción atómica); Aluminio y Hierro extractables con oxalato ácido de amonio y retención de fósforo, mediante absorción atómica. La descripción de los horizontes genéticos, horizontes y propiedades de diagnóstico se efectuó con base en la IUSS (WRB, 2007).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 y 2 se muestran las propiedades físicas y químicas de los suelos. Estos se localizan en zonas de depósito de ceniza volcánica, en altitudes mayores a los 2250 m y en

laderas de loma de vocación forestal de pino y encino, sin embargo, a varios de ellos se les destina al cultivo de maíz, lo cual influye en la pérdida de los horizontes superficiales de los suelos.

Horizontes genéticos. En todos los suelos se ha formado un horizonte A que puede ser de 30 a 45 cm de espesor o hasta 86 cm (Perfil 4), con raíces de abundantes a comunes. Este horizonte se encuentra perturbado en los primeros 20 cm por las actividades agrícolas. A mayor profundidad se localiza un horizonte B de acumulación de arcilla, Bt con revestimientos de arcilla entre los agregados y un Bw con desarrollo de estructura.

Cuadro 1. Análisis Físicos y Químicos de los suelos al Sureste de la Subcuenca de Coitzio, Mich.

Horizonte	Espesor	Textura			Clase	pH	pH	CO	MO	Bases		Intercambiables			CIC	SB
		Arena	Limo	Arcilla		1:2.5	1:2.5			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			
						H2O	NaF									
<b>P2</b>	Cm	-	%	-			%	%	-	-	cmol(+) kg <sup>-1</sup>			-	-	%
A	0-2	14.5	45.4	40.1	RL	5.1	9.8	7.3	12.5	9.5	1.6	0.55	0.12	48.4	24	
A2	2-30	7.9	33.6	58.5	R	4.9	9.8	4.9	8.5	-	1.1	0.09	0.04	25.0	-	
2B	30-70	4.7	34.2	61.1	R	6.0	8.0	0.5	0.8	5.4	0.7	0.07	0.0	13.2	46	
3B	70-180	6.1	44.7	49.2	R	6.3	8.0	0.5	0.9	5.2	0.8	0.07	0.0	15.0	40	
<b>P3</b>																
Ap	0-20	14.9	70.3	14.8	FL	6.0	10.0	5.2	9.0	7.8	1.4	1.36	0.05	34.4	31	
2A	20-45	19.9	64.1	16.0	FL	6.2	9.9	4.7	8.1	7.4	1.3	1.87	0.08	33.9	31	
2ABw	45-85	10.1	59.4	30.5	FRL	6.3	9.8	3.5	6.0	6.5	1.3	0.89	0.11	30.4	29	
3Btw	85-130	8.1	68.6	23.3	FL	5.7	9.7	1.9	3.3	3.8	2.8	0.36	0.21	27.2	26	
3Bw	130-150	2.6	45.0	52.4	R	5.7	8.4	0.9	1.6	5.6	2.0	0.34	0.29	24.7	33	
<b>P4</b>																
Ap	0-15	20.1	72.0	7.9	FL	6.0	9.6	4.4	7.5	6.8	1.6	0.54	0.00	25.0	36	
A	15-33	15.8	67.0	17.2	FL	6.1	9.5	3.0	5.1	6.1	2.0	0.26	0.22	28.6	30	
2A	33-73	13.0	71.8	15.2	FL	6.3	9.1	3.1	5.4	6.1	1.5	0.55	0.26	24.6	34	
2A	73-86	9.4	74.6	16.0	FL	6.5	9.2	1.8	3.0	4.9	2.2	0.27	0.25	17.2	45	
3Bw	86-94	4.8	54.1	41.1	RL	6.2	Nd	1.2	2.1	6.4	2.4	0.31	0.14	23.9	39	
4Bw2	94-140	6.2	42.2	51.6	RL	6.4	7.9	0.6	1.0	4.6	1.9	0.20	0.01	15.6	43	
<b>P5</b>																
Ap	0-20	10.8	73.2	16.0	FL	6.5	10.2	7.8	13.4	12.1	1.8	1.82	0.13	36.7	43	
A	20-40	10.4	76.0	13.6	FL	6.6	10.0	6.9	11.9	11.3	1.5	1.04	0.00	32.6	42	
2AC	40-60	13.9	75.0	11.1	FL	6.7	10.3	6.6	11.4	13.0	1.6	0.83	0.08	35.7	43	
2AC2	60-90	10.0	81.3	8.7	L	6.8	10.1	5.6	9.7	10.5	1.7	0.64	0.03	30.0	43	
3A	90-115	9.5	83.4	7.1	L	6.7	10.0	4.3	7.4	6.5	1.7	0.77	0.06	27.1	33	
<b>P6</b>																
A	0-4	4.5	75.7	19.8	FL	5.8	8.0	4.5	7.8	11.6	2.6	1.60	0.14	33.3	48	
2A	4-15	15.4	53.6	31.0	FRL	5.5	8.1	2.6	4.5	9.8	2.0	1.37	0.07	27.3	49	
2Bw	15-35	8.1	19.2	72.7	R	6.2	7.9	1.8	3.2	8.6	2.6	1.51	0.01	26.0	49	
2Btw	40-110	2.8	29.6	67.6	R	6.7	Nd	0.6	0.9	6.6	2.5	0.45	0.15	21.1	46	
2Bw2	110-145	2.2	23.7	74.1	R	6.6	Nd	0.3	0.5	6.0	2.3	0.14	0.17	20.2	42	
3Bw3	145-175	2.3	25.6	72.1	R	6.9	Nd	0.5	0.9	4.1	2.4	0.25	0.19	19.1	36	

**P10**

Ap	0-10	20.6	62.2	17.2	FL	Nd	9.6	5.8	10.0	2.2	0.4	0.09	0.00	14.7	18
Ap2	10-30	21.0	65.4	13.6	FL	6.0	9.7	4.9	8.4	2.3	0.4	0.06	0.05	14.6	19
Bt	30-50	18.3	63.3	18.4	FL	6.3	9.4	2.7	4.7	3.2	0.7	0.05	0.12	14.2	28
Bt/A	50-80	11.7	65.6	22.7	FL	6.6	7.9	0.9	1.6	3.3	0.7	0.03	0.02	13.4	30
2Bt2	> 80	16.1	37.8	46.1	R	6.6	7.7	0.3	0.5	3.7	1.0	0.10	0.08	6.8	71

FL: franco limoso; FR: franco arcilloso; L: limoso; R: arcilloso; C.O.: carbono orgánico; M. O.: materia orgánica; CIC: capacidad de intercambio catiónico; SB: saturación de bases.

Se presenta un cambio textural abrupto por arcilla en los Perfiles 3 (3Bw), 4 (3Bw), 6 (2Bw) y 10 (2Bt2). En el Perfil 4 el porcentaje rebasó el doble y en los demás suelos, el incremento fue más del 20% de arcilla respecto del horizonte suprayacente. Estos cambios se atribuyen a la acumulación de arcilla proveniente de los horizontes superficiales o a la discontinuidad de materiales.

## Cuadro 2. Análisis Físicos y Químicos de los suelos al Sureste de la Subcuenca de Cointzio, Mich.

Horizonte	Espesor	Dap	Alo +				Horizonte	Espesor	Dap	Alo +			
			Alo	Feo	½ Feo	RF				Alo	Feo	½ Feo	RF
<b>P2</b>	Cm	g cm <sup>-3</sup>	%	%	%	%	<b>P5</b>	cm	g cm <sup>-3</sup>	%	%	%	%
A	0-2	0.87	3.6	0.7	3.9	83	Ap	0-20	0.80	1.2	0.7	1.5	99
A2	2-30	0.94	2.0	0.4	2.1	96	A	20-40	0.78	1.1	0.6	1.4	99
2B	30-70	1.46	0.4	0.1	0.4	52	2AC	40-60	0.75	1.3	0.5	1.5	99
3B	70-180	1.46	0.3	0.2	0.3	27	2AC2	60-90	0.77	1.1	0.6	1.4	99
<b>P3</b>							3A	90-115	0.66	1.2	0.5	1.4	99
Ap	0-20	Nd	2.1	0.7	2.5	98	<b>P6</b>						
2A	20-45	0.82	2.1	0.7	2.4	96	A	0-4	Nd	1.4	0.4	1.6	85
2ABw	45-85	0.76	0.4	0.7	0.8	95	2A	4-15	Nd	1.1	0.2	1.2	90
3Btw	85-130	1.11	0.9	0.4	1.2	98	2Bw	15-35	1.16	0.7	0.6	1.0	86
3Bw	130-150	1.18	0.6	0.4	0.8	91	2Btw	40-110	1.57	Nd	Nd	Nd	97
<b>P4</b>							2Bw2	110-145	1.54	Nd	Nd	Nd	98
Ap	0-15	Nd	1.7	0.6	2.0	95	3Bw3	145-175	1.49	Nd	Nd	Nd	96
A	15-33	Nd	1.7	0.9	2.2	99	<b>P10</b>						
2A	33-73	Nd	1.4	0.5	1.7	95	Ap	0-10	0.94	1.0	0.3	1.2	97
2A	73-86	Nd	0.2	0.2	0.3	95	Ap2	10-30	0.98	1.2	0.4	1.3	98
3Bw	86-94	1.17	0.6	0.7	1.0	81	Bt	30-50	0.94	1.1	0.5	1.3	96
4Bw2	94-140	1.48	0.2	0.4	0.4	68	Bt/A	50-80	0.98	0.4	0.5	0.7	82
							2Bt2	> 80	1.20	0.2	0.4	0.4	63

P: perfil de suelo; Dap: densidad aparente; Alo, Feo: aluminio, hierro extraídos con oxalato de amonio ácido; RF: retención de fosfatos.

Horizonte superficial. El Carbono orgánico es alto en la superficie e influye en un pH más ácido; disminuye regularmente hasta los 75 cm de profundidad para aumentar cuando existe discontinuidad de materiales (Perfil 4, 33 cm de profundidad).

En general, los horizontes superficiales (0-30 cm) son pardo oscuros por la mezcla que tienen con la materia orgánica humificada. La estructura es granular y poliédrica subangular con desarrollo débil en la mayoría de los horizontes, excepto en el Perfil 4 a partir de los 73 cm. La consistencia es de blanda a ligeramente dura, en húmedo es untuosa y no se adhiere a los dedos. La textura franco limosa domina en los suelos y es característica de propiedades ándicas, excepto en el Perfil 2.

En todos los suelos, el color presenta un *Value* y *Croma* Munsell menor o igual a 3 en húmedo y, un *Value* menor o igual que 5 en seco; el carbono orgánico es mayor de 0.6%; la saturación de bases es menor de 50% y el espesor de 25 cm o más. Los datos que anteceden caracterizan a un horizonte superficial Úmbrico, sin embargo, éste requiere de buena estructuración, propiedad que en los suelos estudiados es débil, excepto en el Perfil 10 y, en los Perfiles 2 y 6 existe compactación del suelo por el pisoteo del ganado y por las actividades humanas. Buol *et al.* (1991) señala que el horizonte Úmbrico es el resultado de un proceso de melanización referido al oscurecimiento de los minerales no consolidados o por la transformación de compuestos orgánicos oscuros.

De acuerdo con lo anterior se han considerado dos aspectos: el primero, por ser suelos relativamente jóvenes con ceniza volcánica como material de origen, el desarrollo de la estructura aún es débil, y el segundo, si el horizonte Úmbrico se formó alguna vez con buen desarrollo de la estructura, actualmente éste se está perdiendo por el cambio de uso forestal al agrícola (P3, P4 y P5) a partir del rompimiento de los agregados por efectos de labranza.

Horizonte subsuperficial. En los Perfiles 3 (45-85 y 130-150 cm) y 6 (15 a 40 cm) el contenido de arcilla incrementa al doble del porcentaje del horizonte localizado sobre ellos. En el Perfil 10 (60 a 80 cm) es 1.2 veces mayor que el horizonte suprayacente. De acuerdo con la IUSS (WRB, 2007) un mayor contenido de arcilla caracteriza a estos horizontes como Árgicos, formados durante el proceso de argilización, en el cual se presenta una acumulación aluvial de arcilla en el horizonte Árgico o por una formación pedogenética de arcilla o por destrucción de arcilla del horizonte superficial.

En todos los suelos se ha desarrollado alguna propiedad Ándica, sin embargo, sólo el Perfil 3 cumplió con una densidad aparente menor de  $0.9 \text{ g cm}^{-3}$ ,  $\text{Al}^{+1/2}\text{Fe}$  mayor de 2%, una retención de fosfatos mayor de 85% y un espesor mayor de 30 cm dentro de los primeros 100 cm desde la superficie del suelo, por lo que de acuerdo con el IUSS (WRB, 2007) se ha dado el proceso de Andosolización como resultado del intemperismo de la ceniza volcánica, cuyo producto son los materiales amorfos alofánicos (Porta *et al.*, 2003).

En varios horizontes de los demás suelos, a pesar de que el pH con NaF (Fieldes y Perrot, 1966) de 9.5 o más indica la presencia de alofano, éstos contienen menos de 2% de  $\text{Al}^{+1/2}\text{Fe}$  o no cumplen con el espesor requerido de las propiedades ándicas, por ello, se les clasificaría como suelos con propiedades Víttricas si su contenido de vidrio volcánico alcanza el 5% o más una vez que se cuente con este dato.

## CONCLUSIONES

En todos los suelos se ha formado un horizonte genético A que se encuentran perturbado por las actividades agrícolas. A mayor profundidad se localiza el horizonte Bt y Bw de acumulación y revestimientos de arcilla y, desarrollo de estructura. El Perfil 10 ha desarrollado un horizonte Úmbrico (proceso de Melanización); en los demás suelos, éste horizonte se está perdiendo por el cambio de uso forestal al agrícola. Existen cambios de textura abruptos e incremento de materia orgánica con la profundidad. En cuatro perfiles se encontró un horizonte Árgico por diferencia textural (Argilización). El Perfil 3 ha desarrollado propiedades Andicas (Andosolización) y en los demás suelos hay tendencia de propiedades Víttricas.

## LITERATURA CITADA

- Bravo E., M., C. Prat., L. Medina, F. García. 2006. Degradación y rehabilitación en la Cuenca de Cointzio. IVth Internacional Symposium on deteriorated volcánic soils (ISVO'06). July, 1 to 8 in Morelia, State of Michoacan and Tlaxcala, State of Tlaxcala, Mexico.

- Buol, S., W., F. d. Hole y R. J. McCracken. 1991. Génesis y Clasificación de Suelos. Traducción al español de A. Contin. 2ª. Ed. Trillas. México, D. F.
- Cuanalo C., H. 1990. Manual para la descripción de perfiles de suelos en el campo. 3ª. ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- DETENAL . 1979. Carta Edafológica. E14A23 Y E14A33. Morelia-Villa Madero. Escala 1:50 000. México.
- Fieldes, M. y Perrott, K.W. 1966. The nature of allophane soils: 3. Rapid field and laboratory test for allophane. N. Z. J. Sci., 9: 623-629.
- Garduño M. V. H. 1999. El vulcanismo del Mioceno-Pliocuaternario de Michoacán. *In*: Carta Geológica de Michoacán esc: 1:250 000.
- Gutiérrez C. Ma. Del C. 1997. Los suelos de la ribera oriental del ex Lago de Texcoco. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- INEGI. 1992. Carta uso de suelo. E14A23 Y E14A33 Morelia-Villa Madero. Escala 1:50 000. México.
- ISRIC. 1995. Procedimientos para el análisis de suelos. pp: 1-145. *In*: L. P. van Reeuwijk (Ed). Procedures for Soils Analysis. Ma. C. Gutiérrez. C., C. A. Tavarez E. y C.A. Ortiz S. (Trads.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. 2ª edición, primera actualización 2007. Informe sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. .
- Medina O., L. E., M. Bravo E., C. Prat, and B. Serrato B. 2006. Soil losses in experimental plots in Andosols and Acrisols in the Cointzio basin. p 62.
- Porta, J., M. López-Acevedo y C. Roquero. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3a. ed. Mundi Prensa. España.
- Rodríguez T., S. A. 1999. Procesos de intemperismo en tepetates y su influencia en la formación de suelos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Segura C., M. A. 1999. Los suelos arcillosos de la zona oriente del estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

● **Volver a Índice Extensos**