

Tabla 14:

Horizonte/ profund.	Material grueso	Textura	Análisis granulométrico (tierra fina < 2 mm)							
			% de vol.	Ag	Am	Af	Lg	Ln	Lf	Arc
Ahk	-30	<1.0 ci	fr-ac	1.0	3.7	3.3	21.0	20.8	17.5	32.7
Bwk	-90	1.0 ci	fr-ac	0.7	1.3	3.3	17.6	18.7	19.6	38.8
Cmk	-120	25.0 cg3	fr-ac	3.0	1.7	3.3	16.0	18.1	19.0	38.9
Cmck	>120	50.0 cg4	fr-ac	3.3	2.0	4.0	15.4	17.2	18.8	39.3

Tabla 15:

Horizonte/ profund.	CaCO <sub>3</sub>		Corg	N <sub>t</sub>	C/N	pH	C.E.	
	total	activo						
		%	%	%	%	CaCl <sub>2</sub>	mS/cm	
Ahk	-30	28.1 F	15.3 G	1.6 D	0.12 C	13.3 D	7.8	0.10 A
Bwk	-90	34.5 F	14.7 F	1.2 D	0.11 C	10.9 D	7.9	0.10 A
Cmk	-120	39.6 F	16.1 G	0.4 C	0.07 A	5.7 E	7.8	0.09 A
Cmck	>120	46.8 F	17.0 G	0.1 B	0.02 A	6.7 E	7.9	0.10 A

Tabla 16:

Horizonte/ profund.	Nutrientes disponibles (solubles en bicarbonato-Na, pH 8.5, acetato-NH <sub>4</sub> , pH 7.0 y DTPA-TEA-CaCl <sub>2</sub> , pH 7.3)						
	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Ahk	-30	7.0 C	748 E	1.3 A	4.3 D	0.2 A	0.4 B
Bwk	-90	4.0 B	382 E	2.0 B	3.9 C	0.2 A	0.6 C
Cmk	-120	2.0 B	396 E	1.9 A	2.1 C	0.3 A	0.6 C
Cmck	>120	2.0 B	390 E	1.0 A	1.6 B	0.4 A	0.4 B

Tabla 17:

Horizonte/ profund.	Nutrientes solubles en agua (extracto de pasta de saturación)								
	pH	C.E.	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Na cat. t	
		mS/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
Ahk	-30	7.8	0.46 A	5.4	167	7.3	tr.	3.7	184
Bwk	-90	8.6	0.39 A	0.3	126	4.3	tr.	10.5	141
Cmk	-120	8.3	0.32 A	1.5	86.1	3.8	tr.	16.0	107
Cmck	>120	8.5	0.26 A	2.2	77.5	6.1	tr.	11.9	97.9

**Características:** Perfil ligeramente alterado por procesos erosivos, en posición de erosión/acumulación, con muy alta profundidad enraizable, limitado por un estrato muy calizo; suelo superficial: franco-arcilloso, sin material grueso, húmico, con humus rico en bases y nitrógeno, con estructura bien desarrollada (en el subsuelo cambiando a prismático), mullido (en el subsuelo cambiando a firme), muy permeable al agua y aire, alcalino, muy rico en carbonatos totales y activos; contenidos muy altos en K, altos en Mn, adecuados en P, deficientes en Cu, muy deficientes en Zn, contenido en P y Mn disminuyendo con la profundidad; capacidad de retención de agua alta, riesgo de desecación en períodos de sequía prolongada por el alto contenido en carbonatos; actividad biológica en el suelo superficial alta en presencia de un contenido suficientemente alto de agua.

#### Perfil nº 5 (Udic Pellustert/Calcic Vertisol (Pellic Vertisol)):

**Morfología:** llano amplio, posición de erosión/acumulación

**Vegetación:** matorral submontano subinermes mediano y abierto (*Acacia berlandieri*, *Helietta parvifolia*, *Pithecellobium pallens* como dominantes)

**Material parental:** descompuesto fuertemente alterado y trasladado, de sedimento de textura muy arcillosa ('lutita') y carbonatado, del Cretácico Superior (formación Méndez)

**Clasificación:** USDA: Udic Pellustert, very-fine, calcareous, hyperthermic, FAO: Pelli-Calcic Vertisol, clayey

- 0- +1 cm O hojarasca poco descompuesta, transición abrupta a
- 0- 25 cm Ahk gris, gris oscuro, pardo gris a pardo gris oscuro (10 YR 4-3/1-2 húmedo), poliédrico grueso a de bloques subangulares, moderadamente firme, contenido medio en raíces medianas, poco húmico, moderadamente permeable (muy permeable en estado seco por la formación de poros secundarios), rico en carbonatos, muy arcilloso, contenido muy bajo en material grueso (trazas de grava fina), transición clara a
- 25- 60 cm Bwk gris a gris oscuro (10 YR 4-3/1 húmedo), prismático firme, contenido medio en raíces gruesas, poco húmico, poco permeable (muy permeable en estado seco por la formación de

poros secundarios), rico en carbonatos, muy arcilloso, contenido bajo en material grueso (trazas de fragmentos finos de conchas de caracol), agregados cubiertos con slickensides, transición gradual a

60-130 cm Bwkz gris, gris oscuro a pardo gris muy oscuro (10 YR 4-3/1- (2/2) húmedo), de bloques angulares, firme, raíces gruesas escasas, muy poco húmico, muy poco permeable (moderadamente permeable en estado seco por la formación de poros secundarios), rico en carbonatos, muy salino, muy arcilloso, contenido muy bajo en material grueso (trazas de fragmentos finos de conchas de caracol), agregados cubiertos con slickensides, transición gradual a

>130 cm Cmkz moteado, amarillo gris (2.5 Y 6/3-4 húmedo) y 10 % de área pardo gris muy oscuro (10 YR 2/2 húmedo), de bloques angulares, firme, raíces gruesas muy escasas y aisladas, muy poco húmico, muy poco permeable (poco permeable en estado seco por la formación de poros secundarios), rico en carbonatos, muy salino, muy arcilloso, agregados cubiertos con slickensides oscuros.

Tabla 18:

Horizonte/ profund.	Material grueso	Textura	Análisis granulométrico (tierra fina < 2 mm)						
			% de vol.	Ag	Am	Af	Lg	Lm	Lf
Ahk -25	1.0 gl	ac	1.0	1.3	2.0	8.6	13.4	13.5	60.2
Bwk -60	1.0 cl	ac	0.7	1.0	1.7	6.4	12.0	18.3	60.0
Bwkz -130	1.0 cl	ac	0.7	0.7	1.7	8.1	11.7	13.8	63.4
Cmkz >130	<1.0 cl	ac	1.0	1.3	2.0	8.1	11.2	12.8	63.6

Tabla 19:

Horizonte/ profund.	CaCO <sub>3</sub>		Corg	N <sub>t</sub>	C/N	pH	C.E. 1:5
	total	activo					
	%	%	%	%	CaCl <sub>2</sub>	mS/cm	
Ahk -25	19.3 E	11.4 F	0.7 C	0.14 C	5.0 E	7.7	0.14 A
Bwk -60	16.3 E	13.4 F	0.9 C	0.13 C	6.9 E	7.8	0.19 A
Bwkz -130	18.8 E	14.9 F	0.6 C	0.09 B	6.7 E	8.0	1.30 D
Cmkz >130	20.5 E	15.5 G	0.2 B	0.04 A	5.0 E	7.9	3.30 E

Tabla 20:

Horizonte/ profund.	Nutrientes disponibles (solubles en bicarbonato-Na, pH 8.5, acetato-NH <sub>4</sub> , pH 7.0 y DTPA-TEA-CaCl <sub>2</sub> , pH 7.3)					
	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Ahk -25	3.5 B	792 E	8.1 D	6.0 D	0.4 A	0.8 C
Bwk -60	2.0 B	368 E	7.5 C	4.3 D	0.4 A	0.8 C
Bwkz -130	2.0 B	332 E	3.4 B	2.2 C	0.4 A	0.4 B
Cmkz >130	1.5 A	334 E	3.1 B	2.2 C	0.4 A	0.4 B

Tabla 21:

Horizonte/ profund.	Nutrientes solubles en agua (extracto de pasta de saturación)								
	pH	C.E.	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Na	cat. <sub>t</sub>
	mS/cm		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Ahk -25	7.8	0.53 A	1.7	202	21.4	0.1	0.1	43.3	269
Bwk -60	8.9	0.55 A	1.6	99.5	9.9	0.2	0.1	62.5	174
Bwkz -130	7.6	8.60 D	3.9	359	101	0.1	0.2	847	1310
Cmkz >130	7.6	10.00 D	6.6	517	161	0.1	0.1	1055	1739

Tabla 22:

Horizonte/ profund.	Sales solubles (extracto de pasta de saturación)						
	K	Ca	Mg	Na	cat. <sub>t</sub>	RAS	PSI
	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l		x
Ahk -25	0.04	10.08	1.76	1.88	13.76	0.774	-0.118 A
Bwk -60	0.04	4.96	0.82	2.72	8.54	1.600	1.088 A
Bwkz -130	0.10	17.89	8.31	36.83	63.13	10.174	12.085 B
Cmkz >130	0.17	25.78	13.26	45.88	85.09	10.384	12.324 B

Características: Perfil ligeramente alterado por procesos de erosión/acumulación, en posición de erosión/acumulación, con muy alta profundidad enraizable; suelo superficial: muy arcilloso, con contenido bajo en material grueso, poco húmico, con humus rico en bases y en nitrógeno, con estructura bien desarrollada (en el subsuelo cambiando a prismático y de bloques), firme, muy permeable al agua y aire en estado seco por la formación de un sistema de poros gruesos secundarios, muy poco permeable en estado húmedo, alcalino, rico en carbonatos totales y activos, en el subsuelo muy salino; contenidos muy altos en K, altos en Fe y Mn, adecuados en Cu, deficientes en P, muy deficientes Zn, contenidos en micronutrientes disminuyendo con la profundidad, contenido medio de Na intercambiable en el subsuelo; capacidad

de retención de agua alta, pero cantidad de agua aprovechable baja debido al alto contenido en arcilla, riesgo de desecación en periodos de sequía prolongada por el alto contenido en arcilla; actividad biológica en el suelo superficial moderada en presencia de un contenido suficientemente alto de agua.

#### RELACION SUELO-PLANTA:

Revisando la literatura y los trabajos publicados sobre el desarrollo y crecimiento vegetal en la zona del matorral en Linares, N.L. y alrededores, se puede resumir, que los suelos someros sobre estratos gravosos calizos permiten un crecimiento vegetal inferior que los suelos profundos, sobre todo, cuando éstos no están limitados en su profundidad por estratos gravosos o gravoso-calizos (Heiseke et al., 1984, Carstens, 1987, Reid et al., 1987, Jurado & Reid, 1989, Villalón Mendoza, 1989).

Parámetro más obvio es la cantidad de agua disponible para las plantas, que depende directamente de la profundidad enraizable, de la textura del suelo fino y del porcentaje de material grueso, en el área de estudio principalmente de grava, y del contenido en carbonatos. Suelos profundos del tipo calciustoll/kastanozem, ustochrept/calcisol y ustert/vertisol ponen a disposición un mayor volumen de agua a que suelos someros del tipo calciustoll/leptosol, sobre todo cuando el subsuelo de éstos está constituido por un lecho calizo o gravoso-calizo del tipo caliche, penetrable solamente para raíces fuertes a través de grietas y fisuras. Suelos arcillosos del tipo ustert/vertisol contienen una mayor cantidad de agua no disponible que suelos francos; suelos gravosos tienen menos espacio libre para almacenar agua que suelos libres de material grueso. Además el contenido de carbonatos totales de un suelo influye el régimen de humedad. Según Massoud (1977) un alto contenido de carbonatos en el material fino de suelos reduce considerablemente la retención de agua disponible. Los suelos aquí presentados muestran todos contenidos hasta más de 50 % en carbonatos totales. El efecto del relieve superficial en el área presente es mínimo debido a pendientes muy moderadas. Sitios con pendientes pronunciadas pierden más agua por el escurrimiento superficial que sitios planos y de poca pendiente que permiten una mayor infiltración del agua de lluvia.

Aparte de estos efectos de carácter físico algunos parámetros químicos del suelo influyen fuertemente el crecimiento de plantas como son la reacción y la conductividad eléctrica, la cantidad de materia orgánica, así como la disponibilidad de nutrientes. Los suelos del área se caracterizan por su reacción siempre alcalina y una conductividad eléctrica baja. Solamente suelos profundos del tipo ustert/vertisol sin una acumulación fuerte de carbonatos en el subsuelo pueden mostrar condiciones salinas a más de 70 cm, afectando de esta manera plantas arbóreas y arbustivas con raíces profundas. La disponibilidad de macronutrientes es muy alta para calcio y magnesio, alta a muy alta para potasio y deficiente para fósforo, debido al origen marino de la roca madre. La reserva de nitrógeno depende íntimamente del contenido total en materia orgánica y de su reciclaje; la relación C/N oscila entre 7.5, como valor favorable e indicador de un tipo de humus muy activo con alto poder reciclativo para el nitrógeno, y más de 10.0 como

valor regular, indicando un tipo de humus menos activo con peligro de deficiencia en nitrógeno a largo plazo. La situación de la disponibilidad de micronutrientes se presenta poco coherente. Existen grandes deficiencias en zinc y cobre, mientras que el contenido de hierro oscila entre valores muy altos y marginales. La disponibilidad de manganeso es siempre muy elevada. Estos contenidos bajos a muy bajos de los micronutrientes, excepto el manganeso, agravan las condiciones de crecimiento vegetal, sobre todo en suelos someros como los calciustolls/leptosols. En suelos profundos plantas arbóreas y arbustivas, con sistemas radiculares muy amplios, suelen captar suficientes cantidades de nutrientes, aprovechando el gran volumen de suelo disponible. Estos nutrientes son regresados al suelo posteriormente en forma orgánica a través de la hojarasca, favoreciendo el crecimiento de plantas con un sistema radicular menos desarrollado.

Teniendo en cuenta el relieve, la vegetación y los valores analizados de nutrientes disponibles se puede establecer una secuencia paralela entre calidades edáficas y composición general de la vegetación, que se extiende de los calciustoll someros/leptosols, por los calciustoll profundos, ustochrepts/kastanozems, calcisols hacia los usterts/vertisols: Empezando por el primer suelo muy somero, pero, debido al alto contenido de materia orgánica con humus activo, rico en bases y nitrógeno, dotado con contenidos muy altos en nutrientes, se desarrolló una vegetación escasa de matorral bajo e incompleto. Siguiendo hasta el quinto suelo, dejando aparte el tercer con sus condiciones ecológicas especiales, se puede observar un cambio en la tura y densidad del matorral, pero que no alcanza nunca la formación de un matorral muy alto y denso. Al mismo tiempo descienden los contenidos en materia orgánica junto con los en micronutrientes disponibles. El inconveniente de la disminución de los contenidos en micronutrientes es reducido por un aumento considerable del volumen de suelo accesible para las plantas. El contenido en carbonatos influye la disponibilidad de nutrientes por su efecto como material inerte en relación almacenamiento de nutrientes diluyendo las partículas correspondientes activas en el suelo (Pagel et al., 1982). Además, los carbonatos modifican los procesos de transformación de fósforo, fijándolo en forma de fosfato insoluble para plantas (Finck, 1979), como lo indican los contenidos marginales a deficientes de fósforo disponible.

El tercer suelo es el con las mejores condiciones para el crecimiento vegetal, pero solamente debido a un régimen de agua mucho más elevado por el cauce de un río y una mayor cantidad de agua subterránea que favorecen a través de la actividad biológica la transformación de los nutrientes aportados por la hojarasca.

#### USO Y MANEJO DEL SUELO:

La región de piedmont oriental de la Sierra Madre Oriental se caracteriza por un relieve pronunciado de lomas y valles, con diferentes tipos de suelos de diferentes profundidades y distintas formas y contenidos de grava, conglomerado calizo y costra caliza. Un manejo del recurso suelo en esta zona tiene estar estrechamente relacionado a la pendiente y la profundidad del suelo, para ser exitoso. Sistemas tradicionales de la labranza

intensa, arar en combinación con varios rastreos, para cultivar cereales, solo puede ser efectuado, con ciertas restricciones, sobre suelos profundos en las zonas bajas de muy poco relieve y siguiendo las curvas de nivel para evitar una erosión superficial después de precipitaciones fuertes, aparte de tener en cuenta el estado de humedad del suelo, para no establecer un fuerte piso de arado, que frena la infiltración de agua. En estos suelos la labranza mínima presenta un sistema de manejo mejor adaptado a las condiciones edáficas. Un más adecuado uso presentan los pastizales, por su protección contra la erosión a través de una cobertura vegetal permanente del suelo. Aparte de la labranza se debe subrayar la importancia de una fertilización apropiada, que no se reduce solamente a la dotación de nitrógeno, sino incluye decisivamente el fósforo. Suelos profundos con altos contenidos en carbonatos requieren, aparte del uso exclusivo de cultivos adaptados a medios fuertemente calizos, un manejo muy adaptado en relación a la fertilización con fósforo. Suelos someros, sobre todo a presencia de lechos gravosos, conglomerados gravoso-calizos y costras calizas a poca profundidad, tienen que ser excluidos de una labranza tradicional. La somera profundidad útil de suelo, junto con la rápida pérdida de humedad en períodos secos, limita definitivamente el cultivo de cereales y sobre todo de cítricos. Además el alto contenido de carbonatos dificulta la fertilización por procesos de fijación de nutrientes. Aquí, como en el caso de los suelos más profundos con altos contenidos en carbonatos, el uso y manejo del suelo tiene que reducirse a sistemas integrados de un uso múltiple, combinando los recursos forestales del matorral con sistemas agropecuarios restringidos a pequeñas áreas dentro del mismo.

#### APENDICE:

#### ABREVIACIONES EN LOS DATOS ANALITICOS Y VALORACIONES:

Textura: ar: arenoso, fr: franco, li: limoso, ac: arcilloso y combinaciones; fracciones texturas: Ag: arena gruesa (2-0.63 mm); Am: arena media (0.63-0.2 mm); Af: arena fina (0.2-0.063 mm); Lg: limo grueso (0.063-0.02 mm); Lm: limo medio (0.02-0.0063 mm); Lf: limo fino (0.0063-0.002 mm); Arc: arcilla (<0.002 mm); texturas: ar: arenoso, fr: franco, li: limoso, ac: arcilloso, con combinaciones; material grueso: c: concreciones calizas, g: grava, x: piedras y fragmentos de lutita, con combinaciones, 1: <1 % del vol., 2: 1-10 % del vol., 3: 10-30 % del vol., 4: 30-50 % del vol., 5: 50-75 % del vol., letras en mayúscula: >75 % del vol..

Datos químicos: CaCO<sub>3</sub>: caliza; Corg: carbono orgánico; N<sub>t</sub>: nitrógeno total; C/N: relación carbono a nitrógeno como caracterización del humus; pH: potencial del hidrógeno; C.E.: conductividad eléctrica; tr.: trazas. Fracciones de los componentes: A: muy bajo, B: bajo, C: mediano, D: alto, E: muy alto, F, G y H: extremo, sin valor: no determinado. Valoraciones: CaCO<sub>3</sub> total: A: 0 %, B: <0.5 %, C: 0.5-2 %, D: 2-10 %, E: 10-25 %, F: 25-50 %, G: 50-75 %, H: >75 %; CaCO<sub>3</sub> activo: A: 0 %, B: <0.5 %, C: 0.5-2 %, D: 2-5 %, E: 5-10 %, F: 10-15 %, G: 15-20 %, H: >20 %; Corg: A: 0 %, B: <0.2 %, C: 0.2-1.2 %, D: 1.2-2.9 %, E: 2.9-5.8 %, F: 5.8-8.7 %, G: 8.7-17.4 %, H: >17.4 %; N<sub>t</sub>: suelos arenosos: A: <0.025 %, B: 0.025-0.05 %, C: 0.05-0.075 %, D: 0.075-0.15 %, E: >0.15 %, suelos francos: A: <0.05 %, B: 0.05-0.075 %, C:

0.075-0.15 %, D: 0.15-0.25 %, E: >0.25 %, suelos arcillosos: A: <0.075 %, B: 0.075-0.1 %, C: 0.1-0.2 %, D: 0.2-0.4 %, E: >0.4 %; C/N: A: >25, B: 25-20, C: 20-15, D: 15-10, E: <10, (F: <5); C.E.: A: <0.2 mS/cm, B: 0.2-0.4 mS/cm, C: 0.4-0.8 mS/cm, D: 0.8-1.6 mS/cm, E: >1.6 mS/cm. (según Pagel et al., 1982, Arbeitsgruppe Bodenkunde, 1982, Kretschmar, 1986, Scheid Lopes, 1989).

Nutrientes disponibles: Fracciones de nutrientes disponibles: A: deficiente, B: marginal, C: adecuado, D: alto, E: muy alto; tr.: trazas. Valoración: P: A: <2 ppm, B: 2-5 ppm, C: 5-10 ppm, D: 10-20 ppm, E: >20 ppm; K: A: <90 ppm, B: 90-130 ppm, C: 130-175 ppm, D: 175-300 ppm, E: >300 ppm; Fe: A: <2 ppm, B: 2-4 ppm, C: 4-8 ppm, D: 8-16 ppm, E: >16 ppm; Mn: A: <1 ppm, B: 1-2 ppm, C: 2-4 ppm, D: 4-8 ppm, E: >8 ppm; Zn: A: <1 ppm, B: 1-1.5 ppm, C: 1.5-3 ppm, D: 3-5 ppm, E: >5 ppm; Cu: A: >0.3 ppm, B: 0.3-0.5 ppm, C: 0.5-1 ppm, D: 1-1.5 ppm, E: >1.5 ppm (según Pagel et al., 1982, Texas Agriculture Extension Service, 1986)

Nutrientes solubles en agua: C.E.: conductividad eléctrica, cat.: cationes totales; tr.: trazas. Valoración: C.E.: A: <2, B: 2-4, C: 4-8, D: 8-15, E: >15 (según Driessen & Dudal, 1989).

Sales solubles: cat.: cationes totales; RAS: relación de absorción de sodio; PSI: porcentaje de sodio intercambiable. Valoración: PSI: A: <10, B: 10-20, C: 20-40, D: 40-60, E: >60 (según Landon, 1984).

#### LITERATURA CITADA:

- Aguilar Santelises, A., J.D. Etchevers Barra & J.Z. Castellanos Ramos, (Eds) 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo.
- Arbeitsgruppe Bodenkunde (Eds) 1982. Bodenkundliche Kartieranleitung. 3a edición. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Estutgado.
- Carstens, A. 1987. Struktur eines Matorrals im semiariden-subhúmeden Nordosten Mexikos und Auswirkungen von Behandlungen zu einer Bewirtschaftung. Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen, 27.
- de Cserna, Z. 1989. An outline of the geologie of Mexico. In: Bally, A.W. & A.R. Palmer (Eds) 1989. The Geology of North America - An overview. The Geological Society of America, Boulder.
- Driessen, R.F. & R. Dudal (Eds) 1989. Lecture notes on the geography, formation and use of the major soils of the world. Agricultural University Wageningen, Katholieke Universiteit Leuven.
- FAO 1977. Guidelines for soil profile description. 2a edición. Pub. FAO, Roma.
- FAO-UNESCO 1988. Soil map of the world. Revised legend. World Resources