

TRATAMIENTO SILVICOLA DEL MATORRAL

R. Foroughbakhch.*

D. Heiseke.**

A. Carrillo.*

En un matorral típico de la región de Linares N.L. Mex. se estudió el crecimiento de 8 especies bajo 2 tratamientos silvícolas: Corte raso y aclareo selectivo.

El tratamiento de corte raso se realizó en brechas de 100X10m, eliminando toda la vegetación hasta el nivel del suelo. En las brechas establecidas se hicieron plantaciones en parcelas de 10X10m con 16 plantas por parcela, usando un espaciado de 2X2m entre las plantas. Se aplicó un diseño experimental al azar con 3 repeticiones.

En el tratamiento de aclareo se realizó un corte selectivo en brechas del mismo tamaño que en el corte raso, eliminando las especies indeseables y dejando una densidad de 5,000 a 7,000 árboles por Ha. Bajo la sombra se plantaron las 8 especies igual que en el corte raso. Las especies ensayadas son: *Leucaena leucocephala*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus microtheca*, *Acacia berlandieri*, *Acacia wrightii*, *Pithecolobium flexicaule*, *Pithecolobium pallens*, *Hellelita parvisolia*.

Después de 4 años de observación se nota que *Leucaena leucocephala* y *Eucalyptus camaldulensis* predominan sobre las demás especies en altura, tanto en el corte raso como en la sombra. *Leucaena* alcanza 3.5m en el corte raso y 2m en la sombra, *Eucalyptus* 2.9 y 1.2m respectivamente. La sombra ha reducido considerablemente el crecimiento de todas las especies de 1.8 a 1m en promedio en el corte raso a sombra. Tanto la sequía como las heladas causan grandes diferencias en el crecimiento entre las especies y los años. La sombra sirve como protección a las heladas para: *Pithecolobium pallens*, *Acacia wrightii*, *Acacia berlandieri*, y *Eucalyptus microtheca*.

Hay que optimizar la intensidad de aclareo con las especies plantadas para una producción integral bajo esquemas agroforestales. Se recomienda plantaciones integradas de uso múltiple, combinando el Eucalipto y la Leucaena como también otras especies.

*Oto Agroforestal, Fac. de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Apdo Postal 41, C.P. 67700

Linares N.L. México.

** Dirección Forestal, Estado Bajo Sajonia, Alemania Federal.

CARACTERIZACION DE LOS SUELOS Y SU SITUACION NUTRITIVA EN LA ZONA DEL MATORRAL TAMAULIPECO EN LA REGION DE LINARES, N.L., MEXICO

Dr. Martin Woerner, maestro investigador, Area de Suelos, Departamento Agroforestal, Facultad de Ciencias Forestales, Unidad Linares, Universidad Autónoma de Nuevo León

RESUMEN:

En la zona del matorral tamaulipeco de la planicie costera en el noreste semiárido/subhúmedo de México fueron descritos, analizados y caracterizados varios suelos calizos de diferente espesor en relación a sus propiedades edáficas, su posición geomorfológica y su cobertura vegetal. Se establecieron relaciones entre las características edáficas y el crecimiento vegetal, detectando que aparte de la influencia directa de la cantidad de agua disponible para las plantas relacionada con el volumen de suelo accesible para el sistema radicular de las plantas, existen factores químicos intensamente relacionados con el tipo y carácter de la vegetación. El contenido de carbonatos con sus efectos indirectos al régimen de humedad y a la reducción de la fase activa para el ciclo de nutrientes, y con su efecto directo a la fijación de nutrientes, juega un papel sumamente importante. Más allá de parámetros netamente edáficos, el relieve superficial interviene constantemente en la modificación de la estructura y profundidad útil de un suelo a través de los procesos activos de erosión y acumulación de material. Un manejo adecuado de estos suelos implica a través de los distintos sistemas de uso, muchos de ellos integrados en la vegetación del matorral, la más cuidadosa atención para evitar una pérdida del recurso no renovable suelo.

INTRODUCCION:

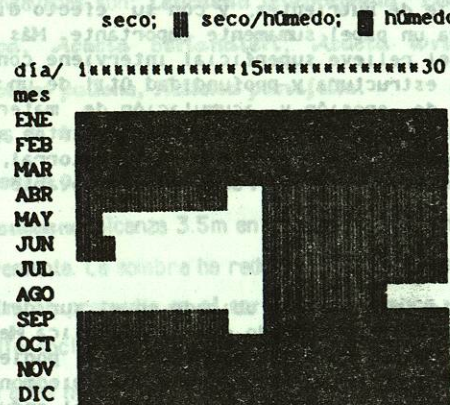
El área de estudio del siguiente trabajo está ubicada en el sur del estado de Nuevo León en el noreste semiárido/subhúmedo de la República Mexicana, donde la planicie costera del Golfo Norte es limitada en el poniente por las cordilleras de la Sierra Madre Oriental. Esta zona del piedmont de la Sierra Madre consiste en un paisaje con relieve superficial ondulado, y subdividido en lomeríos, lomas y valles muy amplios. Los suelos como base para una vegetación arbustiva y arbórea muy variada y productiva de matorral, y base para usos agrícolas muchas veces muy extendidos, tienen como propiedades comunes un alto contenido de carbonatos y una fuerte susceptibilidad a la erosión hídrica, dos características que requieren un manejo muy cuidadoso y muy adaptado a estas condiciones edáficas presentes. Según la localización geomorfológica en terraza, pendiente o valle, y el grado de erosión/acumulación se desarrollaron diferentes tipos de suelos, que se distinguen por los siguientes parámetros: espesor del mismo suelo, configuración de posibles estratos gravosos en el perfil, contenido de carbonatos totales y activos, grado de endurecimiento de incrustaciones calizas, contenido de materia orgánica y cantidad de sales solubles.

FACTORES AMBIENTALES:

La zona de estudio se encuentra en el Campus Universitario de la Universidad Autónoma de Nuevo León, situado en el piedmont oriental de la Sierra Madre Oriental a 8 km al sur de Linares. El clima se denomina según Köppen (1931) y García (1987) en su trabajo de adaptación de la sistemática de Köppen a las condiciones de la República Mexicana como clima templado semi-cálido subhúmedo con lluvias de verano del tipo (A)C(W₀). El régimen de temperatura de los suelos corresponde al tipo hyperthermic, el régimen de humedad al tipo wet tempustic (Van Wambeke, 1987) según las definiciones establecidas por la sistemática estadounidense de suelos Soil-Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975).

Figura 1: Datos meteorológicos de Linares, N.L. (SARRI, 1984) y calendario de humedad de un suelo ficticio.

Estación Linares, N.L. 24°52'N/99°34'W/350 m
 Precipitación anual: 813 mm Régimen de temperatura: Hyperthermic
 Evaporación anual: 1182 mm Régimen de humedad de suelo: Ustic/
 Déficit hídrico anual: 369 mm subdivisión tentativa: Wet Tempustic



calculado con el programa de computación BASIC "Newhall Simulation Model" (Van Wambeke et al., 1986)

La altura del paisaje oscila entre 350 m y 375 m, el relieve es moderado, figurando lomas con pendientes entre 2 y 10 %, entre las cuales se encuentran valles amplios con pendientes muy ligeras. En ciertas partes el relieve es más pronunciado, favoreciendo de esta manera intensos procesos de la erosión hídrica. El material parental de los suelos a continuación presentados consiste principalmente en rocas sedimentarias marinas muy espesas, estratificadas, friables y blandas, de textura franco-arenosa a franco-arcillosa y de diferente grado de descomposición, originarias del Cretácico Superior (Gamper, 1977, Padilla y Sánchez, 1976, López Ramos, 1985). Esta llamada lutita de la formación Méndez demuestra poca resistencia a los procesos de descomposición química y física, por lo que es altamente intemper-

** Dirección Forestal, Estado de Sonora, Alemania Federal

rizada hasta profundidades de varios metros, y translocada repetidas veces por procesos de erosión hídrica, sobre todo durante períodos climáticos más cálidos y áridos con precipitaciones más concentradas e irregulares en el Terciario Superior hasta finales del Pleistoceno (Schwarzbach, 1974, Hasenrath, 1985). A través de estos procesos de erosión hídrica se cubrieron grandes partes de la zona promontorial de la planicie con estratos gravosos, transportados por grandes sistemas de paleoríos con cauces alternantes. Estos estratos fueron depositados a diferentes cotas y muestran espesores y estructuras internas muy variadas. Posteriormente y hasta hoy en día estos fueron enterrados por sedimentos aluviales finos, de espesores entre uno a varios dm. Debido al predominio de rocas calizas en la zona de formación de aguas subterráneas en la Sierra Madre Oriental y en la misma zona del estudio, una gran parte de los sedimentos y estratos gravosos fueron sometidos a procesos de recalcificación durante períodos climáticos más cálidos y más áridos del Terciario Superior hasta el Pleistoceno. El aporte de carbonatos puede provenir del mismo material edáfico/geológico o de un transporte lateral por aguas subterráneas desde la Sierra Madre Oriental. Existen formaciones secundarias de caliza friables, formaciones, que se endurecieron durante el tiempo y formaciones, llamadas "caliche", que se asocian condiferente intensidad a lechos gravosos en el subsuelo formando depósitos de gravas cubiertos por carbonatos hasta conglomerados petrocálcicos (Woerner, 1989). Hasta el tiempo reciente los procesos erosivos modelaron, debido a la resistencia distinta a efectos mecánicos, un paisaje de terrazas con diferentes extensiones, llamadas lomas. Donde los sedimentos gravoso fueron incrustados por carbonatos petrocálcicos, resistentes a los procesos erosivos, permanecen las lomas como testigos de un paisaje antiguo; donde los sedimentos no fueron cementados suficientemente se formaron valles amplios, creando de esta manera un paisaje inverso. La erosión hídrica, en sus formas superficiales y localizadas, representa una gran fuerza de modificación vigente del relieve del paisaje, sobre todo en zonas con formaciones de costras y conglomerados calizos con una permeabilidad de agua muy reducida. Los tipos de vegetación predominantes sobre los suelos calizos de la zona de Linares son el bosque bajo micrófilo y los matorrales altos a medianos subperennifolios (Rojas-Mendoza, 1965) compuesto de 60-80 especies arbóreas y arbustivas (Heiseke, 1986).

Los siguientes datos demuestran la composición granulométrica y el contenido de caliza del material de lutita poco intemperizada en el área de estudio:

Tabla 1: Textura, granulometría y contenido de caliza de lutitas en el área de estudio.

Muestra n°	Textura	Análisis granulométrico (tierra fina < 2 mm)							CaCO ₃ total %
		Ag	Am	Af	Lg	Lm	Lf	Arc	
-1-	fr-ac-ar	3.2	31.7	13.9	3.4	7.3	18.6	21.9	28.3
-2-	fr-ar	7.1	40.8	15.9	1.1	4.4	11.9	18.8	22.3
-3-	fr-ar	2.3	43.1	14.8	2.5	4.8	17.4	15.0	21.8
-4-	fr-ar	2.1	39.1	15.3	20.1	8.4	3.8	11.2	18.5

Los tipos de suelos desarrollados sobre lutita, descompuesto de lutita y depósitos aluvio-coluviales de material de lutita pertenecen a los siguientes subgrupos de la sistemática estadounidense "Soil Taxonomy" (Soil Survey Staff, 1975): Lithic ustorthents y lithic y petrocalcic calciustolls como suelos muy someros sobre formaciones calichosas endurecidas, lithic a typic ustochrepts y lithic, petrocalcic a typic calciustolls como suelos medianamente profundos sobre formaciones calichosas friables o endurecidas a más profundidad, mollic y vertic ustifluvents como suelos someros a profundos en cauces de ríos temporalmente activos después de fuertes precipitaciones, typic a vertic calciustolls, typic y vertic argiustolls y typic a vertic haplustalfs como suelos muy profundos en las áreas de muy poco relieve. En los valles amplios y planos se formaron aparte suelos muy profundos y altamente arcillosos, profundamente agrietados en estado seco de los subgrupos entic, udic y paleustollic chromusters y entic y udic pellusterts. Según la clasificación internacional de suelos establecida por la FAO, en su versión corregida del 1988 (FAO-UNESCO, 1988; Driessen & Dudal, 1989) los suelos someros sobre formaciones calichosas corresponden a los lithic y rendzic leptosols, calcareic regosols, los suelos más profundos sobre formaciones calichosas más friable y a más profundidad a los calcic kastanozems, haplic calcisols y calcareic cambisols, los suelos en posición de cauces de ríos temporales a los calcareic fluvisols y los suelos muy profundos, oscuros en valles amplios y planos a los calcic vertisols.

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO:

Durante los recorridos del área se detectaron y muestrearon los diferentes suelos escogidos y se describieron detalladamente por horizontes según los criterios establecidos por la Soil Survey Staff (1951), por la FAO (1977) y por el grupo de trabajo de edafología de la República Federal de Alemania (Arbeitsgruppe Bodenkunde, 1982). La determinación del color de los diferentes horizontes se efectuó en el campo con muestras húmedas utilizando las tablas de color Munsell (Munsell, 1975). Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León en Linares, N.L., basándose en la literatura correspondiente ((Aguilar Santelises et al., 1987; Hartge & Horn, 1989; Klute, 1986; López Ritas & López Melida, 1985; Page et al., 1982; Page et al., 1982)), para efectuar las siguientes determinaciones: a.) textura de la tierra fina sin destrucción de materia orgánica, carbonatos y sesquióxidos con determinación combinada de tamices y areómetro según Casa-grande/De Leenheer, b.) pH y conductividad eléctrica con determinaciones potenciométricas, c.) carbonatos totales con destrucción por ácidos y determinación gasvolumétrica según Scheibler/Finkener, d.) caliza activa con extracción con oxalato y titulación según Drouineau/Galet, e.) carbono orgánico a través de combustión húmeda y titulación según Walkley/Black y nitrógeno total a través de digestión y titulación según el procedimiento Semimicro-Kjeldahl para la caracterización de la materia orgánica, f.) fósforo asimilable a través de captación con papel de filtro impregnado con hidróxido de fierro y determinación fotocolorimétrica según Menon (Menon et al., 1989), g.) potasio asimilable a través de intercambio con amonio y determinación por fotometría de llama según Schollenberger/Simon, h.) hierro, manganeso, zinc y cobre disponibles a través de extracción con DTPA-

TEA y determinación por absorción atómica según Lindsay/Norvell, i.) pH, conductividad eléctrica y potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso y sodio solubles en agua en el extracto de saturación, determinaciones potenciométricas y por fotometría de llama y por absorción atómica según Ulrich (Meiwes et al., 1984, J.) salinidad y relación del sodio absorbido según Richards (1954). La clasificación de los suelos se efectuó según las sistemáticas de la Soil-Taxonomy 1975 (Soil Survey Staff, 1975) y de la FAO 1988 (FAO-UNESCO, 1988).

SUELOS:

Los cinco suelos posteriormente presentados forman parte de una secuencia o catena de suelos calizos en una zona de matorral natural y poco alterado por la actividad humana. La morfología del terreno está caracterizada por una zona de lomas bajas con afloramientos de costras y conglomerados calizas y suelos del tipo calciustoll o leptosol/regosol, pasando a través de una pendiente poco acentuada, con acumulaciones calizas friables y concrecionarias, con suelos del tipo ustochrept y calciustoll o kastanozem y calcisol e interrumpida por el cauce de un río temporal con suelos del tipo ustifluent o fluvisol, a un valle amplio con muy poca pendiente y suelos muy profundos y oscuros del tipo ustert o vertisol.

Perfiles suelos calizos sobre formaciones de lutita o material descompuesto y translocado de lutita en el Centro Agropecuario de la Universidad Autónoma de Nuevo León:

Fecha de descripción y muestreo: 11-14.03.1988

Localidad: Campus Universitario, U.A.N.L./Linares, N.L.,

Polligono 2/Área 14

Elevación: 350-375 m.s.n.m.

Coordenadas: Mapa "Detenal" G14C58 Linares, X 4481 y 27407

Perfil n° 1 (Petrocalcic Calciustoll/Lithic Leptosol):

Morfología: ladera baja de una loma acentuada, ligeramente inclinada hacia SE, posición de erosión muy fuerte

Vegetación: matorral submontano subinermes muy bajo y abierto (*Acacia rigidula*, *Eysenhardtia polystachya*, *Leucophyllum frutescens* como dominantes)

Material parental: descompuesto fuertemente alterado y trasladado, de sedimento de textura arenosa ('lutita') y carbonatado, del Cretácico Superior (formación Méndez), sobre caliche del tipo 4, en 30 % del área atravesado por afloramientos de caliche del tipo 4 y 5

Clasificación: USDA: Lithic Ustorthent, loamy-skeletal, micro, calcareous, hyperthermic (Soil Survey Staff, 1975), FAO: Lithic Leptosol, loamy, rudic phase (FAO-UNESCO, 1988)

90 % del área cubiertos de fragmentos de caliche del tipo 4 y grava mediana a gruesa.

- 0- 7 cm AhBk gris pardo (10 YR 5-4/3 húmedo), coherente, mullido, contenido medio en raíces finas, húmico, muy permeable, extremadamente rico en carbonatos, franco-arenoso, contenido alto en material grueso (50 % del vol. fragmentos de formas irregulares de caliche duro), transición abrupta e irregular a
- > 7 cm 2Cmk costra caliza dura (caliche del tipo 4), subdividida en fragmentos de 10-30 cm de diámetro, en parte cubierta por una costrita laminar (croûte feuillet).

Tabla 2:

Horizonte/ profund.	Material grueso	Textura	Análisis granulométrico (tierra fina < 2 mm)							
			x de vol.	Ag	Am	Af	Lg	Lm	Lf	Arc
AhBk	-7	50.0 gx4	fr-ar	25.7	15.7	8.3	27.3	10.4	1.6	11.0

Tabla 3:

Horizonte/ profund.	CaCO ₃		C _{org}	N _t	C/N	pH	C.E. 1:5	
	total	activo						
		x	x	x	x	CaCl ₂	mS/cm	
AhBk	-7	62.3 G	15.6 G	2.8 D	0.29 E	9.5 E	7.8	0.14 A

Tabla 4:

Horizonte/ profund.	Nutrientes disponibles (solubles en bicarbonato-Na, pH 8.5, acetato-NH ₄ , pH 7.0 y DTPA-TEA-CaCl ₂ , pH 7.3)						
	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
AhBk	-7	4.5 B	210 D	3.7 B	4.6 D	0.8 A	0.2 A

Tabla 5:

Horizonte/ profund.	Nutrientes solubles en agua (extracto de pasta de saturación)									
	pH	C.E.	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Na	cat. c	
		mS/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
AhBk	-7	1.7	0.99 A	5.5	120	23.0	0.1	0.3	5.1	154

Características: Perfil muy reducido y alterado por procesos erosivos, en posición de erosión fuerte, con muy escasa profundidad enraizable, limitado por una costra caliza dura y fragmentada; suelo superficial: franco-arenoso, con contenido alto en material grueso, húmico, con humus rico en bases y nitrógeno, con estructura poco desarrollada, mullido, muy permeable al agua y aire, alcalino, extremadamente rico en carbonatos totales y activos; contenidos altos en K y Mn, deficientes en P y Fe, muy deficientes en Cu y Zn; capacidad de retención de agua extremadamente baja, posible abastecimiento de agua de zonas más profundas a través de grietas en la costra caliza, muy alto riesgo de desecación; actividad biológica en el suelo superficial solamente moderada en presencia de un contenido suficientemente alto de agua.

Perfil nº 2 (Petrocalcic Calcicustoll/Rendzic Leptosol, (Rendzina)):

Morfología: terraza antigua, llana, posición de erosión/acumulación
Vegetación: matorral submontano subinermes alto y abierto (*Acacia rigidula*, *Condalia hookeri*, *Pithecellobium pallens*, *Zanthoxylum fagara* como dominantes)

Material parental: descompuesto fuertemente alterado y trasladado, de sedimento de textura media ('lutita') y carbonatado, del Cretácico Superior (formación Méndez), sobre caliche del tipo 4 y 5, en 25 % de área atravesado por afloramientos de caliche del tipo 4 y 5

Clasificación: USDA: Petrocalcic Calcicustoll, coarse-silty, micro, hyperthermic, FAO: Rendzic Leptosol, loamy, (lithic phase)

- 0- +1 cm O hojarasca poco descompuesta, transición abrupta a
- 0- 10 cm Ah negro, gris muy oscuro a pardo gris muy oscuro (10 YR 2/1-2 húmedo), grumoso fino a poliédrico fino, moderadamente firme, raíces finas y medianas muy abundantes, muy húmico, moderadamente permeable, contenido medio en carbonatos, franco-limoso, contenido bajo en material grueso (10 % del vol. de grava fina a mediana), transición abrupta e irregular a
- > 10 cm 2Cmk costra caliza dura (caliche del tipo 4 y 5), cubierta por una costrita laminar (croûte feuillet).

Tabla 6:

Horizonte/ profund.	Material grueso	Textura	Análisis granulométrico (tierra fina < 2 mm)							
			x de vol.	Ag	Am	Af	Lg	Lm	Lf	Arc
Ah	-10	10.0 gr2	fr	0.7	2.0	2.3	28.3	37.2	13.2	16.3

Tabla 7:

Horizonte/ profund.	CaCO ₃ total	CaCO ₃ activo	C _{org}	N _t	C/N	pH	C.E. 1:5
	%	%	%	%		CaCl ₂	mS/cm
Ah -10	8.7 D	2.9 C	3.2 E	0.41 E	7.8 E	7.3	0.16 A

Tabla 8:

Horizonte/ Nutrientes disponibles (solubles en bicarbonato-Na, profund. pH 8.5, acetato-NH₄, pH 7.0 y DTPA-TEA-CaCl₂, pH 7.3)

Horizonte/ profund.	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Ah -10	2.0 B	896 E	4.3 C	16.0 E	0.7 A	0.6 C

Tabla 9:

Horizonte/ Nutrientes solubles en agua (extracto de pasta de saturación) profund. pH C.E. K Ca Mg Fe Mn Na cat. t

Horizonte/ profund.	pH	C.E.	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Na	cat. t
	mS/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Ah -10	8.3	0.97 A	5.4	140	115	0.1	0.1	3.8	265

Características: Perfil muy reducido y alterado por procesos erosivos, en posición de erosión acentuada, con muy escasa profundidad enraizable, limitado por una costra caliza dura; suelo superficial: franco-limoso, con contenido bajo en material grueso, muy húmico, con humus rico en bases y nitrógeno, con estructura bien desarrollada, mullido, muy permeable al agua y aire, alcalino, contenido medio en carbonatos totales y activos; contenidos muy altos en K y Mn, adecuados en Fe y Cu, deficientes en P, muy deficientes en Zn; capacidad de retención de agua extremadamente baja, posible abastecimiento de agua de zonas más profundas a través de pocas grietas en la costra caliza, muy alto riesgo de desecación; actividad biológica en el suelo superficial solamente moderada en presencia de un contenido suficientemente alto de agua.

Perfil nº 3 (Mollic Ustifluent/Molli-Calcaric Fluvisol):

Morfología: pequeño valle de un arroyo esporádico, posición de erosión/acumulación temporal
Vegetación: pastizal natural

Material parental: material aluvial trasladado y depositado recientemente, de textura arcillosa, sobre caliche del tipo 2
Clasificación: USDA: Mollic Ustifluent, fine, calcareous, thermic, FAO: Molli-Calcaric Fluvisol, clayey, vertic phase

- 0- +1 cm O hojarasca poco descompuesta de gramíneas, transición abrupta a
- 0- 20 cm Ahk gris muy oscuro (10 YR 3/1 húmedo), estructura de bloques angulares a poliédrica, firme, raíces finas abundantes, muy húmico, moderadamente permeable (muy permeable en estado seco por la formación de poros secundarios), ricos en carbonatos, arcillo-limoso, contenido muy bajo en material grueso (trazas de fragmentos de conchas de caracol), transición gradual a
- 20- 60 cm 2Bck pardo gris muy oscuro (10 YR 3/2 húmedo), entremezclado con con 5 % de área de manchas finas gris pardo oscuras (5 YR 2/4 húmedo), poliédrico, firme, contenido medio en raíces medianas, húmico, poco permeable (muy permeable en estado seco por la formación de poros secundarios), muy rico en carbonatos, franco-arcilloso, contenido mediano en material grueso (20 % del vol. grava fina a mediana y 5 % del vol. de fragmentos de conchas de caracol), transición clara a
- 60- 85 cm 3BK(Ahk) pardo gris muy oscuro (10 YR 2/2 húmedo), poliédrico grueso a de bloques angulares, firme, pocas raíces medianas, húmico, poco permeable (muy permeable en estado seco por la formación de poros secundarios), rico en carbonatos, franco-arcillo-limoso, contenido bajo en material grueso (5 % del vol. de grava fina a mediana), transición clara a
- > 85 cm 4Cmck moteado, pardo gris muy oscuro (10 YR 2/2 húmedo) y pardo gris muy claro a gris pardo muy claro (10 YR 7-8/2-3 húmedo), coherente, muy firme, raíces medianas muy escasas, poco húmico, poco permeable, rico en carbonatos, arcilloso esquelético (70 % del vol. de grava fina a gruesa, en partes cubierta con CaCO₃ duro y 10 % del vol. de concreciones finas y friables de CaCO₃).

Tabla 10:

Horizonte/ profund.	Material grueso	Textura	Análisis granulométrico (tierra fina < 2 mm)						
			% de vol.	Ag	Am	Af	Lg	Lm	Lf
Ahk -20	<1.0 gc1	ac-ll	1.0	1.7	2.2	9.5	20.3	22.9	42.4
2Bck -60	25.0 gc3	fr	5.1	4.2	3.4	9.1	18.5	22.1	37.6
3Bk -85	5.0 gc2	fr	1.2	1.2	1.3	7.5	23.4	25.7	39.7
4Cmck >85	80.0 GC	ac	4.1	3.9	2.2	7.2	14.2	18.6	49.8

Tabla 11:

Horizonte/ profund.	CaCO ₃		Corg	N _t	C/N	pH	C.E. 1:5	CaCl ₂ mS/cm
	total	activo						
	%	%	%	%				
Ahk -20	21.9 E	12.2 F	3.0 E	0.30 D	10.0 D	7.5	0.13 A	
2Bck -60	27.9 F	12.8 F	2.7 D	0.27 D	10.0 D	7.6	0.12 A	
3Bk -85	21.9 E	13.9 F	1.5 D	0.13 C	11.5 D	7.8	0.14 A	
4Cmck >85	12.2 E	5.4 E		0.06 A		7.7	0.15 A	

Tabla 12:

Horizonte/ profund.	Nutrientes disponibles (solubles en bicarbonato-Na, pH 8.5, acetato-NH ₄ , pH 7.0 y DTPA-TEA-CaCl ₂ , pH 7.3)						
	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Ahk -20	3.5 B	928 E	32.4 E	16.0 E	2.0 C	2.3 E	
2Bck -60	3.0 B	720 E	29.2 E	19.4 E	2.0 C	2.1 E	
3Bk -85	2.5 B	808 E	8.0 D	10.0 E	0.8 A	1.8 E	
4Cmck >85	1.5 A	736 E	7.3 D	7.6 D	0.6 A	0.4 B	

Tabla 13:

Horizonte/ profund.	Nutrientes solubles en agua (extracto de pasta de saturación)								
	pH	C.E.	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Na	cat.†
	mS/cm		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Ahk -20	8.2	0.60 A	7.4	133	80.7	tr.	0.1	4.0	225
2Bck -60	8.3	0.52 A	5.2	93.5	45.8	tr.	tr.	3.2	148
3Bk -85	8.3	0.39 A	3.7	72.8	24.3	tr.	tr.	2.7	104
4Cmck >85	8.1	0.41 A	3.9	106	35.9	tr.	0.1	4.5	151

Características: Perfil muy alterado por procesos erosivos/acumulativos aluviales, fuertemente estratificado, con mediana profundidad enraizable; suelo superficial: arcillo-limoso, con contenido muy bajo en material grueso (en el subsuelo extremadamente gravoso), muy húmico (húmico hasta el subsuelo), con humus rico en bases y nitrógeno, con estructura muy desarrollada, moderadamente firme, moderadamente permeable al agua y aire en estado húmedo (menos permeable en el subsuelo), muy permeable en estado seco por la formación de poros secundarios, alcalino, rico a muy rico en carbonatos totales y activos; contenidos muy altos en K, Fe, Mn y Cu, adecuados en Zn y deficientes en P, contenidos de micronutrientes disminuyendo con la profundidad; capacidad de retención de agua alta, pero alta cantidad de

agua no aprovechable, moderado riesgo de desecación; actividad biológica en el suelo superficial solamente considerable en presencia de un contenido suficientemente alto de agua.

Perfil n° 4 (Vertic Calciustoll/Verti-Calcic Kastanozem):

Morfología: llano amplio, posición de erosión/acumulación
Vegetación: matorral submontano subinierme mediano y medianamente denso (*Celtis pallida*, *Condalia hookeri*, *Diospyrus texana* como dominantes)

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

Clasificación: USDA: Vertic Calciustoll, fine, hyperthermic, FAO: Verti-Calcic Kastanozem, clayey

- 0- +1 cm O hojarasca poco descompuesta, transición abrupta a
- 0- 30 cm Ahk pardo gris muy oscuro a gris pardo muy oscuro (10 YR 2/2-3 húmedo), grumoso, mullido, raíces finas y medianas abundantes, húmico, moderadamente permeable, muy rico en carbonatos, franco-arcilloso, transición gradual a
- 30- 90 cm Bwk pardo gris oscuro a gris pardo oscuro (10 YR 3/2-3 húmedo), prismático, firme, contenido medio en raíces medianas y gruesas, húmico, poco permeable, muy rico en carbonatos, franco-arcilloso, contenido bajo en material grueso (5 % del vol. de grava fina y trazas de concreciones friables a duras y finas de CaCO₃), transición gradual a
- 90-120 cm Cmk gris pardo (7.5 YR 4/4 húmedo), entremezclado por 10 % de área de manchas pequeñas pardo gris oscuro a gris pardo oscuro (7.5 YR 3/2-4 húmedo), coherente, firme, pocas raíces gruesas, muy poco húmico, poco permeable, muy rico en carbonatos, franco-arcilloso, contenido medio en material grueso (5 % del vol. de grava fina y 20 % del vol. de concreciones friables a duras y finas de CaCO₃), transición gradual a
- >120 cm Cmck moteado, pardo (7.5 YR 5/6-8 húmedo) y gris parduzco muy claro, pardo gris muy claro a gris pardo muy claro (7.5 YR 8/1-3 húmedo), coherente, firme, pocas raíces gruesas escasas y aisladas, muy poco húmico, poco permeable, muy rico en carbonatos, franco-arcilloso, contenido muy alto en material grueso (trazas de grava fina y 50 % del vol. de concreciones duras y finas de CaCO₃), contenido muy bajo en material grueso (trazas de grava fina), transición clara a
- 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