

## INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFÍA EN LA FORMACIÓN DE MOLLISOLES EN ZONAS ÁRIDAS<sup>1</sup>

Anulfo Encina Rojas<sup>2</sup>

### ABSTRACT

The research's main objective was to evaluate the influence of topography in the formation of Mollisols in arid regions and took place in LTER (Long Term Ecological Research), located in the Chihuahua desert, New Mexico State, USA, from 1994 through 1995. One section of the research was concerned with field work and another section consisted of laboratory experimentation. In the field work, 17 soil-profiles located through a transect of 3,000 meters, running from Mountain Sommerford's base to its lowest part (dry plains). The soil-profiles were chosen according to differences in topography, vegetation and soil color. They were described according to the *Soil Survey Manual, Soil Survey Staffs*. Taxonomic classification was done at the level of family, according to the *Keys to Soil Taxonomy, Soil Survey Staff Manual*. Two orders were classified in the study area: Mollisols and Aridisols. Predominance of Mollisols, sub-group Aridic Haplustoll, Aridic Argiustoll y Torriorthentic Haplustoll was observed at the Mountains' base, where permanent vegetation consisted of rangeland. At the Mountain lowest part (dry plains), there was a predominance of Aridisols, sub-group Typic Haplargid, Typic Haplocambid, Typic Haplocalcid, Ustic Haplargid, and Ustic Haplocambid with a predominant shrub vegetation. Topography had a definite influence in the formation of mollic horizons (deep, dark A horizon with high organic matter accumulation), due to the fact that the slope's orientation created a different microclimate compared to the area's predominant general climate, characterized by lower temperature with less soil moisture loss, and consequently, a more dynamic activity of soil microorganisms.

---

**KEY WORDS:** Aridisol, argilic, calcic, Mollisol, mollic, ochric, K horizon.

---

### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de la topografía en la formación de Mollisoles en zonas áridas y fue realizado en el lugar conocido como LTER (Long Term Ecological Research) localizado en el desierto de Chihuahua, estado de New México, USA, durante el período comprendido entre los años 1994 y 1995. El estudio constó de dos partes: trabajos de campo y trabajos de laboratorio. El trabajo de campo consistió en coleccionar muestras de suelo a partir de 17 calicatas ubicadas a lo largo de un transecto de 3000 metros extendiéndose desde la base de la montaña Summerford hasta la parte baja de la misma (playa seca). Las calicatas fueron ubicadas en base a diferencias topográficas, vegetación y color del suelo. Los perfiles fueron descriptos siguiendo los procedimientos establecidos por el manual para estudio de suelo del Soil Survey Manual, Soil Survey Staff. La clasificación taxonómica fue realizada a nivel de familia utilizando Keys to Soil Taxonomy, Soil Survey Staff, 1994. Dos órdenes fueron clasificados en el área de estudio: Mollisoles y Aridisoles. La predominancia de Mollisoles del subgrupo Aridic Haplustoll, Aridic Argiustoll y Torriorthentic Haplustoll fue observada en la base de la montaña donde la vegetación permanente son pastos y la de Aridisoles del subgrupo Typic Haplargid, Typic Haplocambid, Typic Haplocalcid, Ustic Haplargid y Ustic Haplocambid en la parte más baja de la montaña donde la vegetación predominante son arbustos. La topografía tuvo una decidida influencia en la formación de horizontes mólicos (horizonte A oscuro profundo y con alta acumulación de materia orgánica) debido a que la orientación de la pendiente creó un microclima diferente en relación con el clima general de la zona con características de menor temperatura, y menor pérdida de humedad del suelo y en consecuencia una acción más dinámica de los microorganismos del suelo.

---

**PALABRAS CLAVES:** Aridisol, argílico, cálcico, Mollisol, mólico, óchrico, horizonte K.

---

---

<sup>1</sup> Trabajo de Tesis presentado a la Universidad de New Mexico (USA) para la obtención del Título de Master of Science.

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, Profesor del Departamento de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Casilla de Correos 1618, Campus Universitario, San Lorenzo - Paraguay.

## INTRODUCCIÓN

La desertificación de suelos áridos, semi áridos y sub húmedos, según estimación del Programa Ambiental de las Naciones Unidas, impactará sobre una sexta parte de la población mundial. Por tanto es de fundamental importancia entender el sistema suelo para tomar las mejores decisiones y prevenir el empobrecimiento y el efecto negativo que pueda tener sobre el ecosistema.

Debido a que son muchos los factores que actúan para la formación de un perfil del suelo, es muy difícil discutir la formación de este como resultado de un solo factor. Según HARRADINE (1949) y ARNOLD (1968), la formación de un perfil de suelo es un efecto combinado de la adición de materiales a la superficie, la transformación que se da en el perfil mismo, transferencia vertical en el suelo y las remociones que sufre.

Para cualquier zona, la importancia relativa de lo mencionado es muy variada, y el resultado es la variedad de suelos observados. En un determinado terreno, el suelo puede variar enormemente no solo en sentido horizontal, sino también en dirección vertical. De acuerdo a ULRICH (1949), BULLOCH y NEHER (1980), y GILE y AHREN (1994); las propiedades del suelo cambian sistemáticamente de acuerdo a la posición que ocupa en el terreno. También se hallan íntimamente relacionados con la influencia de materiales o residuos geológicos, vegetación, agua y la topografía. Según BROWN (1956) y GILE et al. (1981) la irregularidad de superficies geomorfológicas puede producir la desaparición de horizontes diagnósticos, considerada como la principal causa en la complejidad de los suelos del sudoeste de Nuevo México.

El contraste regional en topografía o en clima da como resultado diferencias regionales en las propiedades del suelo. La presencia de pendientes y la asociación de estas a deposiciones de materiales, debido a la erosión, pueden producir suelos con características diferentes en una misma zona (HARRADINE, 1949; NASH, 1985 y NASH, 1990).

El área de estudio de LTER ha sido influenciada por cambios climáticos (SEAGER et al., 1976), cambios topográficos (GILE et al., 1981) y cambios en las pendientes y grados de deposición de materiales (DUNHAN, 1935; GILE et al, 1970; y GILE y GROSSMAN, 1979). La mayoría de estos cambios sucedieron en la base de la montaña Summerford y la fase del área que rodea a esta montaña.

Una de las adiciones principales se da con la materia orgánica, la cual se acumula en la capa superficial del perfil a consecuencia de la transformación de restos orgánicos. BUFFINGTON y HEERBEL (1965) notaron que los suelos, en el jornada Long Term Ecological Research (LTER), cambian en la medida que cambiaba la vegetación. Según GILE y GROSSMAN (1979) la diferencia en la vegetación puede ser consecuencia de la variación del tipo de suelo. Las causas principales de que esto ocurra, de acuerdo a STEIN y LUDWIG (1979), son: sobre pastoreo, erosión, cambios climáticos o una combinación de estos.

La formación de suelos con alto contenido de materia orgánica es muy importante, desde el punto de vista agrícola, y su formación o presencia se vuelve poco común en zonas de climas secos.

El contenido de materia orgánica es un criterio importante considerado para la descripción del horizonte de diagnóstico mólico, el cual es utilizado para identificar un suelo del orden Mollisol. GILE y GROSSMAN (1979), y WEBSTER y BUTLER (1976) encontraron que el contenido de materia orgánica puede cambiar debido a efectos orográficos. GILE et al. (1981) y MOIR (1979) también hallaron que la cantidad de materia orgánica y su distribución es afectada por la posición que estos ocupan en el terreno. THORNWAITE (1948), GILE y HAWLEY (1972) y HAWLEY (1975) informaron que, en la medida que la elevación y la precipitación efectiva aumentan a lo largo de las montañas, los Mollisoles se vuelven más comunes. Las propiedades de los Mollisoles: como alto contenido de carbono orgánico, alta fertilidad, profundidad del suelo y buena capacidad de retención de agua; produce una gran diferencia en la composición de flora-fauna en el sistema suelo, y permite una mejor interpretación y manejo del ecosistema así como un mejor uso de las tierras.

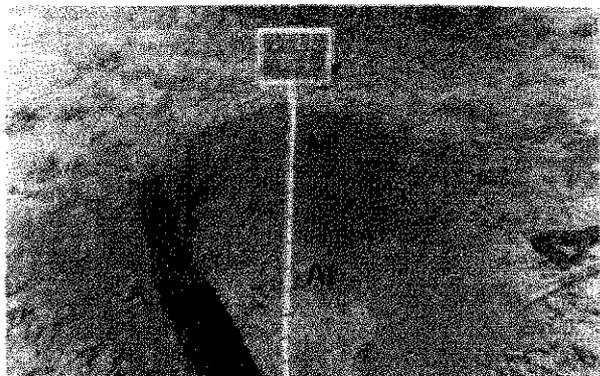
Por definición se conoce que un Mollisol es aquel suelo mineral que presenta un horizonte superior mólico, una saturación de base de igual o mayor a 50 % medido a pH 7, contiene más de 0,6 % de carbono orgánico y tiene en color un valor chroma más oscuro de tres y generalmente más profundo que 25 cm (SOIL SURVEY STAFF, 1994).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el área de investigación Jornada LTER, localizado al norte de Las Cruces, New México, Estados Unidos de América (Figura 1). Las muestras fueron obtenidas a lo largo de un transecto conocido como LTER, el cual tiene una extensión aproximada de 3000 metros y se extiende desde la parte superior de la montaña Summerford hasta la parte

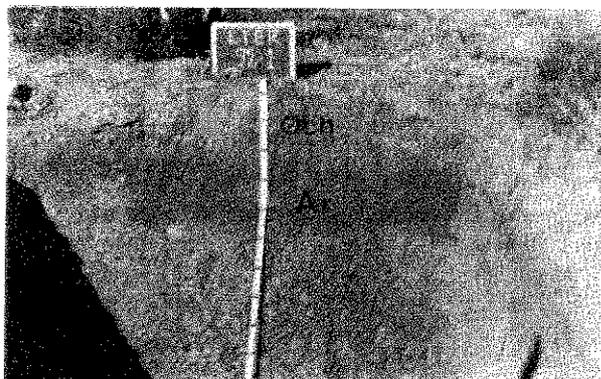


con horizontes óchricos se dan, principalmente, en las zonas más bajas de la montaña, donde la cobertura vegetal de pastos, hierbas y arbustos fueron poco densas. Los pediones con horizontes óchricos son: 82-1, 92-1, 92-2, 92-3, 92-4, 92-5, 92-7, 92-8, 93-2, 93-4 y 93-8.



**FIGURA 2.** Perfil con horizonte subsuperficial mólico (M) horizonte argílico (Ar). Suelo del orden Mollisol.

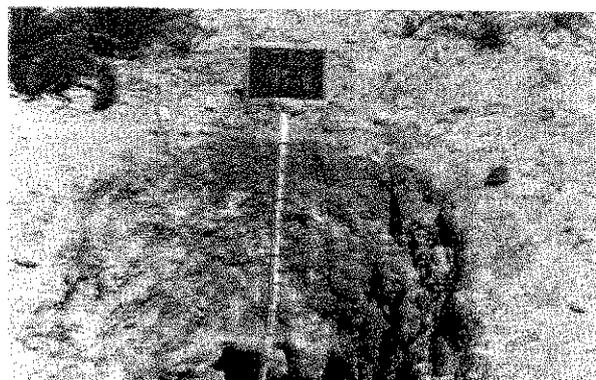
El horizonte subsuperficial argílico está presente donde se da una acumulación iluvial de arcillas silicatadas. Los pediones con horizonte argílico presentan un rango entre 3 a 7 % de incremento entre el horizonte eluvial e iluvial. Pediones con estas características son: 82-1, 92-1, 92-2, 92-3, 92-4, 92-5, 92-7, 93-1, 93-9. (Figura 3).



**FIGURA 3.** Perfil con horizonte superficial óchrico (Och) y horizonte subsuperficial argílico (Ar). Suelo del orden Aridisol.

El perfil número 93-4 fue el único pedion entre los 17 perfiles descriptos en el área de estudio con un contenido suficiente de carbonato secundario para ser considerado como horizonte cálcico. (Figura 4). Sin embargo, los pediones 92-5, 92-8, 93-1 y 93-6 presentan horizontes cálcicos en suelos enterrados. Los horizontes cámbicos, en el área de estudio, se caracterizan por presentar un color marrón con poco

desarrollo de estructura y con evidencia de arcilla iluvial, pero no en cantidad suficiente para formar un horizonte arcilloso. Los pediones con horizontes cámbico son: 93-2, 93-5, 93-6, 93-7 y 93-8.



**FIGURA 4.** Perfil con horizonte cálcico. Suelo del orden Aridisol.

Dos órdenes de suelo fueron descriptos en el área de estudio, Aridisol y Mollisol. La presencia de Aridisol se da principalmente en la parte baja de la montaña Summerford, donde se observa la presencia de epipedion óchrico en combinación con horizontes subsuperficial argílico, cálcico y cámbico (Cuadro 1). Sin embargo, Aridisol también se da en la base de la montaña Summerford, en el lugar conocido como zona de pastura Summerford, donde los pediones números 82-1, 92-2, 92-3, 92-4, 93-2 y 93-8 presentan una apariencia en el campo de pertenecer al orden Mollisol porque tienen un color oscuro y un horizonte A de consistencia friable. Estos suelos, basándose en la profundidad y en el contenido mínimo de carbono orgánico, fueron muy delgados o presentaron bajo contenido del mismo para calificar como Mollisol. El caso extremo fue el pedion 93-8, cuyo epipedion fue totalmente eliminado por efecto de la erosión. Esto se debió, principalmente, a la posición fisiográfica que ocupaba el suelo en el terreno; una posición escarpada con casi ninguna cobertura vegetal lo cual permitió la remoción completa del horizonte A.

Varios suelos clasificaron como Mollisoles en la base de la montaña Summerford, donde el terreno es cubierto principalmente por gramíneas. Estos pediones mostraron el efecto de la vegetación sobre el desarrollo del suelo como queda reflejado en el contenido de materia orgánica, especialmente en las capas superficiales. Cinco perfiles fueron clasificados como Mollisoles, 93-3, 93-5, 93-6, 93-7 y 93-9 (Cuadro 2). El perfil 93-9 fue el único suelo de los cinco clasificados como Mollisoles con un horizonte argílico.

Para la diferenciación al nivel de familia, todos los pediones en el área de estudio presentaron las mismas propiedades en cuanto a la clase de tamaño de

partículas, clases mineralógicas y temperatura del suelo (Coarse-loamy, mixed, thermic) excepto el perfil número 82-1 que presentó una clase textural de Loamy-skeletal, mixed, thermic. (Definiciones de estos términos ver resumen explicativo de términos). La diferencia entre suelos, especialmente la formación de suelos del orden Mollisol, obedece al efecto de la topografía, la cual a través de la orientación noreste de la pendiente crea un microclima diferente con relación al clima general de la zona, caracterizado por alta temperatura y alto nivel de evaporación de humedad. Este cambio en el microclima produce un aumento en

el contenido de materia orgánica, debido a un incremento en la densidad de la vegetación; esta se caracterizó por la predominancia de gramíneas. Esta mayor densidad de la vegetación, constituida especialmente por pastos, se da como resultado de una combinación de factores entre los cuales se puede mencionar una más baja pérdida de humedad del suelo, temperatura relativamente más baja comparado con el promedio general del área y a la acción más dinámica y continua de microorganismos, debido justamente a la mayor concentración de restos a degradar.

**CUADRO 1. Clasificación taxonómica de suelos del orden Aridisol en el área de estudio. Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1994).**

Perfil Número	Orden	Suborden	Grangrupo	Subgrupo	Familia
82-1	Aridisol-	Argid-	Haplargid-	Ustic Haplargid	Coarse-skeletal, mixed, thermic, Ustic Haplargid
92-1	Aridisol-	Argid-	Haplargid-	Hypic Haplargid	Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Haplargid
92-2	Aridisol-	Argid-	Haplargid-	Ustic Haplargid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Ustic Haplargid
92-3	Aridisol-	Argid-	Haplargid-	Ustic Haplargid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Ustic Haplargid
92-4	Aridisol-	Argid-	Haplargid-	Ustic Haplargid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Ustic Haplargid
92-5	Aridisol-	Argid-	Haplargid-	Ustic Haplargid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Ustic Haplargid
92-7	Aridisol-	Argid-	Haplargid-	Typic Haplargid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Haplargid
92-8	Aridisol-	Cambid-	Haplocambid-	Typic Haplocambid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Haplocambid
93-1	Aridisol-	Argid-	Haplargid-	Typic Haplargid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Haplargid
93-2	Aridisol-	Cambid-	Haplocambid-	Typic Haplocambid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Haplocambid
93-4	Aridisol-	Calcid-	Haplocaacid-	Typic Haplocaacid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Haplocaacid
93-8	Aridisol-	Cambid-	Haplargid-	Ustic Haplargid-	Coarse-loamy, mixed, thermic, Ustic Haplargid

**CUADRO 2. Clasificación taxonómica de suelos del orden Mollisol en el área de estudio. Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1994).**

Perfil Número	Orden	Suborden	Grangrupo	Subgrupo	Familia
93-3	Mollisol-	Ustoll-	Haplustoll-	Aridic Haplustoll	Coarse-loamy, mixed, thermic Aridic Haplustoll
93-5	Mollisol-	Ustoll-	Haplustoll-	Torriorthentic Haplustoll	Coarse-loamy, mixed, thermic Torriorthentic Haplustoll
93-6	Mollisol-	Ustoll-	Haplustoll-	Torriorthentic Haplustoll	Coarse-loamy, mixed, thermic Torriorthentic Haplustoll
93-7	Mollisol-	Ustoll-	Haplustoll-	Torriorthentic Haplustoll	Coarse-loamy, mixed, thermic Torriorthentic Haplustoll
93-9	Mollisol-	Ustoll-	Argiustoll-	Aridic Argiustoll	Coarse-loamy, mixed, thermic Aridic Argiustoll

**CUADRO 3. Propiedades seleccionadas para suelos del orden Mollisol.**

Horizonte	Profundidad cm	Color en seco	Textura %			pH H <sub>2</sub> O 1:1	Carbono Orgánico %	Carbonato de Calcio %
			arena	limo	arcilla			
Perfil número 93-3 (Coarse-loamy, mixed, thermic, Aridic Haplustoll)								
A1	0 - 10	2,5YR 5/2	68	21	11	7,4	1,19	3,0
A2	10 - 58	10YR 5/2	68	20	12	7,8	0,84	3,2
ACk	58 - 130	2,5YR 5/2	69	19	12	7,9	0,50	7,8
Ck	130 - 154	2,5YR 5/2	74	16	10	7,9	0,46	9,8
Perfil número 93-5 (Coarse-loamy, mixed, thermic, Torriorthentic Haplustoll)								
A	0 - 28	2,5YR 5/2	71	16	13	7,3	0,85	2,3
AB	28 - 68	10YR 5/3	74	12	14	7,8	0,63	2,5
BTk	68 - 109	10YR 6/3	73	13	14	8,0	0,41	6,5
BCK	109 - 167	10YR 6/3	76	13	11	7,9	0,39	7,7

**CUADRO 4. Propiedades seleccionadas para suelos del orden Aridisol.**

Horizonte	Profundidad cm	Color en seco	Textura %			pH H <sub>2</sub> O 1:1	Carbono Orgánico %	Carbonato de Calcio %
			arena	limo	arcilla			
Perfil número 92-1 (Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Haplargid)								
C1	0 - 13	7,5YR 7/4	78	12	10	7,85	0,36	5,1
C2	13 - 24	7,5YR 5/6	74	15	11	7,84	0,16	4,8
A	24 - 32	5 YR 5/4	68	18	14	7,88	0,46	2,4
Bt	32 - 48	5 YR 5/6	67	18	15	7,84	0,39	3,1
Btk	48 - 74	7,5YR 7/3	65	18	17	7,76	0,20	8,9
2Btk1	74 - 90	5 YR 5/8	64	15	21	7,89	0,28	6,2
2Btk2	90 - 118	5 YR 5/6	68	9	23	8,20	0,37	11
2Btk3	118 - 155	7,5YR 7/4	69	9	29	8,22	0,02	8,8
Perfil número 93-2 (Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Haplocambid)								
A1	0 - 28	10YR 4/2	79	11	10	7,4	0,52	2,9
A2	28 - 56	10YR 5/3	71	18	11	7,9	0,46	3,1
AB	56 - 99	10YR 6/3	76	12	12	7,9	0,39	1,8
BCK	99 - 167	10YR 6/3	71	17	12	7,4	0,30	4,9
Perfil número 93-4 (Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Haplocalcid)								
K1	0 - 84	10YR 8/2	65	18	17	8,1	0,09	17,7
K2	84 - 100	10YR 7/3	68	14	18	8,3	0,19	24,3
K3	100 - 137	10YR 7/4	72	13	15	8,0	0,10	22,0

Nota: La nomenclatura de horizonte K sigue lo establecido por GILE et al., 1965. Su equivalente según Soil Taxonomy son los siguientes: K1 (Bk1), K2 (Bk2) y K3 (Bk3).

**CUADRO 5. Propiedades seleccionadas para los perfiles con apariencia de Mollisoles pero sin presentar la profundidad y el contenido de carbono orgánico suficiente para calificar como tal.**

Horizonte	Profundidad cm	Color en seco	Textura %			pH H <sub>2</sub> O 1:1	Carbono Orgánico %	Carbonato de Calcio %
			arena	limo	arcilla			
Perfil número 92-2 (Coarse-loamy, mixed, thermic, Ustic Haplargid)								
C	0 - 5	10YR 5/2	74	15	11	7,5	0,23	2,6
A	5 - 10	10YR 5/2	71	15	12	7,5	0,27	2,5
AB	10 - 35	10YR 4/2	71	16	11	7,9	0,31	2,3
Bt	35 - 60	10YR 4/4	68	13	19	7,9	0,45	2,6
Ck	60 - 90	10YR 5/3	70	16	14	7,8	0,22	2,7
2Bk	90 - 115	10YR 5/4	66	14	24	8,2	0,46	4,7
3Btk1	115 - 157	10YR 6/4	63	14	23	7,8	0,36	4,3
3Btk2	157 - 185	10YR 6/3	58	22	20	7,8	0,34	5,3

#### Falsa Impresión de Alto contenido de Materia Orgánica

Algunos suelos, en el área de estudio, presentaron un color oscuro que dio la impresión de pertenecer al orden Mollisol (Cuadro 5). Sin embargo, luego de los análisis laboratoriales, se encontró que el contenido de materia orgánica fue bajo para clasificar como Mollisoles.

La hipótesis de porqué algunos suelos oscuros en el área de estudio dan una falsa impresión de alto contenido de materia orgánica fue porque la materia orgánica se encuentra principalmente rodeando a las partículas de arena en forma de finas capas sin ocupar realmente los espacios porosos entre partículas.

Esta hipótesis fue probada a través de la utilización de secciones delgadas practicadas a terrones pertenecientes a esos suelos. Como resultado se obtuvo que la falsa impresión de alto contenido de materia orgánica fue a consecuencia de la acumulación de la materia orgánica en forma de una fina capa alrededor de los granos de arena, también se observó que la cantidad de materia orgánica entre poros fue muy baja, lo cual responde al porqué de su contenido bajo (Figura 5 y 6).

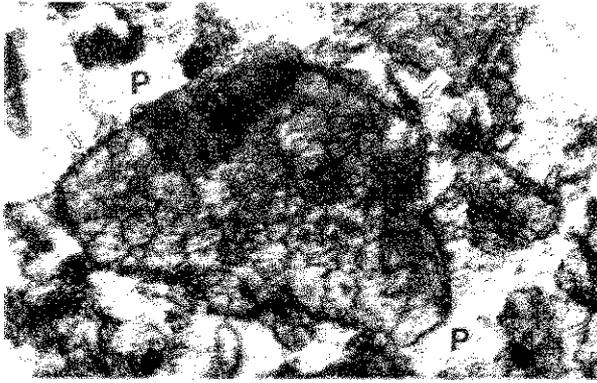


FIGURA 5. Fotografía de una sección delgada que muestra granos gruesos y granos de arena rodeada por una fina capa de materia orgánica (Flechas). Los espacios porosos (P) caracterizados por el color claro.

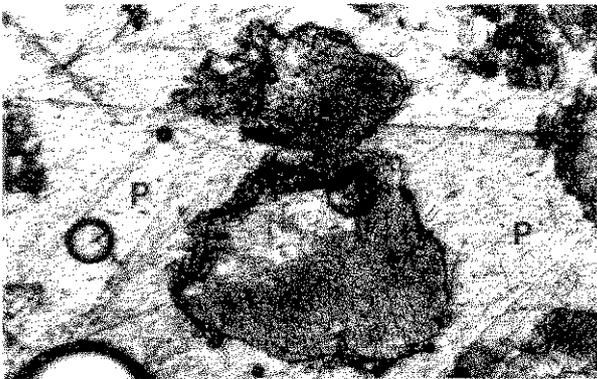


FIGURA 6. Fotografía de una sección delgada que muestra granos gruesos y granos de arena rodeada por una fina capa de materia orgánica (Flechas). Los espacios porosos (P) caracterizados por el color claro.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio revelan las siguientes conclusiones:

1. La topografía tuvo una decidida influencia en la formación de Mollisoles del sub-grupo Aridic Haplustoll, Aridic Argiustoll y Torriorthentic Haplustoll que fueron observadas en la base de la montaña (parte más alta) donde la vegetación permanente son pastos.
2. En la parte más baja del transecto se observaron predominancia de Aridisoles del sub-grupo Typic Haplargids, Typic Haplocambid, Ustic Haplargids y Ustic Haplocambid donde la vegetación predominante son arbustos.

3. La topografía creó un microclima diferente con relación al clima general de la zona, produciendo en consecuencia la predominancia de pastos que a la vez resulta en la formación de epipedones mólicos, con contenidos más altos de carbono orgánico y de color oscuro.

## Resumen explicativo de términos utilizados en las diferentes caracterizaciones taxonómicas

**Aridisol:** Son suelos de regiones áridas. El régimen climático en el que se forman los Aridisoles tienen una evapotranspiración potencial que sobrepasa a las precipitaciones durante la mayor parte del año y no se infiltra agua en el suelo.

**Horizonte mólico:** Es un horizonte superficial que en términos generales presenta un color oscuro (valué tres o menor en estado húmedo y cinco o menor cuando seco), caracterizado por ser relativamente grueso (mayor a 10 cm), el contenido de carbono orgánico es mayor a 0,6 % y el porcentaje de saturación de base es mayor a 50 %.

**Horizonte óchrico:** Es un horizonte superficial caracterizado por un color claro (valué mayor a 5,5 en estado seco y mayor a 3,5 en estado húmedo) y contiene menos del 1 % de materia orgánica.

**Horizonte cámbico:** Es un horizonte sub-superficial. Este horizonte por lo general es un horizonte alterado, con una textura de arena muy fina a más fina y contiene su base al menos a una profundidad de 25 cm de la superficie.

**Horizonte argílico:** Este horizonte sub-superficial se caracteriza por la acumulación iluvial de arcilla silicatada. El horizonte argílico debe ser, por lo menos, de 7,5 cm de ancho si tiene textura arenosa. En la capa eluvial que presenta un contenido menor a 15 % el incremento de arcilla debe ser por lo menos del 3 %. Cuando el horizonte eluvial presenta entre 15 a 40 % de arcilla, el incremento de arcilla debe ser del 4 %. Si el horizonte eluvial contiene mayor a 40 % de arcilla, la diferencia tiene que ser mayor a 8 %.

**Horizonte cálcico:** Es un horizonte con acumulación de carbonatos secundarios y con una profundidad de al menos 15 cm y con un contenido equivalente de calcio de 15 % o más. A menos que la textura del suelo sea arenosa o areno-franco y con un contenido de arcilla menor a 18 %. En este caso, el contenido de calcio debe ser por lo menos 20 %.

**Térmico (Thermic):** El término thermic indica uno de los regímenes de temperatura del suelo. La temperatura del suelo es utilizada para diferenciar o categorizar el suelo al nivel de familia en todos los órdenes. La clase

de temperatura thermic es cuando el suelo presenta una temperatura entre 15° C y 22° C, medido a 50 cm de profundidad.

**Mixed (mezclado):** El término mixed representa a la clase mineralógica del suelo. Este término es usado cuando las clases mineralógicas presentan menos del 40 % (por peso) de un mineral dominante. Estos minerales deben ser diferentes al cuarzo o feldespato, medido en la fracción que va de 0,02 a 20 mm de diámetro.

**Coarse-loamy:** Expresa el grado textural del suelo y es utilizado para la diferenciación en la categoría de familia. Esta textura es representada por fracciones cuyo diámetro va de 0,1 mm, (arena fina o más gruesa), hasta un 75 mm de diámetro; incluye fragmentos de rocas en una proporción de 15 % o más (por peso). En la fracción más fina que la arena, el contenido de arcilla debe ser menor a 18 %.

**Loamy-skeletal:** Es representado por suelos con un 35 % o más (por volumen) de fragmentos rocosos, 10 % o más (por volumen) de partículas menores a 2,0 mm de diámetro en la fracción fina de la tierra, incluye 35 % o menos de arcilla (por peso).

**Horizonte K:** Según GILE et al. (1965), el horizonte K es una capa donde se encuentra una prominente acumulación de carbonatos de origen pedogénico definido en término de K-fabric.

**Horizonte K1:** En suelos que presentan horizontes cálcicos, el horizonte K1 es un horizonte de transición entre los horizontes A y B, y ocupa la parte superior del horizonte K2. Este horizonte K1 contiene más del 50 % de K-fabric.

**Horizonte K2:** Este horizonte se caracteriza por ser el más prominente, duro y más blanco de los horizontes de un perfil cálcico. Contiene más de 90 % de K-fabric.

**Horizonte K3:** Este horizonte es la capa de transición entre el horizonte K y el siguiente horizonte C o el horizonte R. Este horizonte K3 contiene más del 50 % de K-fabric.

#### LITERATURA CITADA

ADAMS, A. E., MACKENZIE, W. S.; GUILFORD C. 1984. Atlas of sedimentary rocks under the microscope. Jhon Wiley and Sons, New York, p. 97-98.

ARNOLD, R. W. 1968. Pedological significance of lithologic discontinuities 9 trans Int. Congr. Soil Sci. 4:595-603.

BROWN, C. N. 1956. The Origen of Caliche in the northern llano Estacado, Texas. J. Geol. 64: 1-15.

BUFFINGTON, L.C.; HERBEL, C.H. 1965. Vegetation changes on a semidesert grassland range. Ecological Monographs. 35: 139-164.

BULLOCH, P.; NEHER, R. E. 1980. Soil Survey of Dona Ana county área, New México. USDA-SCS. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C.

DUNHAN, K. C. 1935. The geology of the Orgen mountains: New México Bureau of Mines and Mineral Resources, Bull. 11, 272 p.

GEE, G. W.; BAUDER, J. W. 1986. Particle-size analysis. Method of soil analysis. Segunda edición. 383-409.

GILE, L. H. 1961. A Clasification of Caliche horizon in soils of a desert region, Dona Ana County, New México. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25:52-61.

GILE, L. H.; PETERSON, F. F.; GROSSMAN, R. B. 1965. The K horizon a master soil horizon of carbonate accumulation. Soil Science Society of America. (USA) 99:94-82.

GILE, L. H., PETERSON, F. F.; GROSSMAN, R. B. 1966. Morphological y genetic sequence of carbonate accumulation in desert soil. Soil Sci. 101:347-360.

GILE, L. H.; HAWLEY, J. W.; GROSSMAN, R. B. 1970. Distribution and genesis of soils and geomorphic surface in a desert region of Southern New México. Guide-book. Field Conference. p. 1-156.

GILE, L. H.; HAWLEY, J. W. 1972. Soil occurrence in desert soil of southwestern, Soil Science Society of America. (USA) Proc. 47: 119-123

GILE, L. H.; GROSSMAN, R. B. 1979. The desert project soil monograph Doc. PB80- 135304. Natl. Tech. Inf. Service, Springfield, VA. 984 p.

GILE, L. H.; HAWLEY, J. W.; GROSSMAN, R. B. 1981. Soil and geomorphology in the basin and range área southern New México. Memor 39, NM Bureau of Mines and Mineral Resource, Socorro, NM 222 p.

GILE, L. H.; AHRENS, R. J. 1994. Supplement to the desert project soil monograph. USDA Soil Conservation Service Publ.

- HARRADINE, F. 1949. The variability of soil properties in relation to stage of development. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 14:302-311
- HAWLEY, J. W. 1975. Quaternary history of Dona Ana county region, south central New México. *New México Geologic Society, Guide-book 26<sup>th</sup> fiel conferece* p. 139-150.
- KANTEY, B. A.; MORSE, R. K. 1965. A modern approach to highway materials sampling. *Proc. 6<sup>th</sup> Int. Conf. Soil Mech. Fdn. Eng.* 1/12., p. 55-58.
- MOIR, W. H. 1979. Soil-vegetation patterns in the peloncillo mountains, New México. *The American Midland Naturalist.* 317-331.
- NASH, M. H. 1985. Numerical classification, spatial dependence and vertical kringing of soil sites in southern New México. Master's Thesis. New México, EE.UU. New México State University. ---p.
- NASH, M. H. 1990. The effect of anisotropy on selected soil properties in a deep alluvial soil. Doctoral Dissertation. Dept. of Agronomy. New México State University, Las Cruces.
- OLSON, G. W. 1981. Soil and the environment. A guide to soil surveys and their aplication p. 1-5.
- RABENJORST, M. C. 1988. Determination of organic carbon and carbonate in calcarous soil using dry combustion. *Soil Science Society of America. (USA) J.* 52:965-969.
- SEAGER, W. R.; KOTTLOWSKI, F. E.; HAWLEY, J. H. 1976. Geology of Dona Ana mountain, New México: New México Bureau of Mines and Mineral Resources, Circ. 147, 36p., 2 tables, 13 figures., 3 sheets.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil Taxonomy: A basic System of soil classification for making and interpreting soil survey. USDA-SCS. Agric. Handbook. 436. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- SOIL SURVEY STAFF. 1992. Keys to Soil Taxonomy. Pacahontas Press, Inc. Washington, C. C.
- SOIL SURVEY STAFF, 1993. Soil Survey Manual. US. Gov. Print. Washington, DC. p. 437.
- SOIL SURVEY STAFF. 1994. Keys To Soil Taxonomy. U.S. Gov. Print. Office, Blacksburg, Virginia.
- STEIN, R. A.; LUDWID, J. A. 1979. Vegetation and soil patterns on a Chihuahuan desert bajada. *The American Midland Naturalist.* p. 39-37.
- THORNWAITE, C.W. 1948. An Approach Toward a rational classification of climate. *Geog. Review* 38: 55-94.
- ULRICH, R. 1949. Some physical change accompayning prairies, Wiesenboden and Planosol. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14:267-285.
- WEBSTER, R.; BUTLER, B. E. 1976. Soil Classification and soil survey in Ginnin-derra. *Aust. J. Soil Res.* 14:1-24.