

## **CHROMOXERERTS ÉNTICOS AFECTADOS POR SALES DE LA PROVINCIA DE MÁLAGA: GÉNESIS Y DEGRADACIÓN.**

Eduardo ORTEGA(1); Carlos M. ASENSIO(2); Inmaculada SAURA(1) y Antonio ROCA(1)

(1) Dpto. Edafología y Química Agrícola. Facultad de Farmacia (Universidad de Granada). Políg. Universitario de Cartuja s/n. 18071. Granada.

(2) Dpto. Edafología y Química Agrícola. Facultad de Ciencias Experimentales (Univ. de Almería). Carretera de Sacramento s/n. La Cañada. 04120. Almería.

**Abstract:** Processes on Entic fine montmorillonitic thermic Chromoxererts evolution are studied, being affected by the presence of high amounts of soluble salts. These soils are developed on Tertiary materials (Paleogene) which lacustrine or marine origin is manifested by the presence of soluble salts and gypsum, in an area near to the Guadalhorce Depression. In this way, we described processes that explain how the upper part of the soils is getting rich in salts and coarse material, as well as the appearance of some levels of soluble salts cumulation. From the degradation study of these soils, it is observed that the alkalization risk and the actual alkalization show very high valuations.

**Key words:** Salts, Vertisols genesis, erosive and non erosive degradation.

**Resumen:** Estudiamos procesos en la evolución de Chromoxererts énticos finos montmorilloníticos térmicos, afectados por la presencia de elevadas cantidades de sales solubles. Estos suelos se desarrollan sobre materiales Terciarios (Paleógeno) cuyo origen lacustre o marino queda puesto de manifiesto por la presencia de sales solubles y yeso, en una zona próxima a la Depresión del Guadalhorce. Describimos procesos de enriquecimiento en sales y material grueso en la parte superior de los suelos, así como la aparición de bandas de acumulación de sales solubles. Del estudio de degradación de estos suelos se observa que tanto el riesgo de alcalinización como la alcalinización actual presentan valoraciones muy altas.

**Palabras clave:** Sales, génesis de Vertisoles, degradación erosiva y no erosiva.

### **INTRODUCCION.**

Se muestrearon diez suelos localizados al W. de la provincia de Málaga, desarrollados sobre materiales paleógenos de tipo flysch (arcillas) pertenecientes a la Unidad de Aljibe (IGME, 1978).

En esta zona, la precipitación media es algo inferior a los 600 mm/año, repartidos en otoño e

invierno, siendo el mes de mayor precipitación noviembre, seguido de diciembre. La mayor escasez de agua se produce durante el verano y principios de otoño, alcanzando un déficit hídrico que supera los 160 mm en el mes de julio. Las temperaturas medias anuales oscilan en torno a los 18° C, correspondiendo las más elevadas al mes de julio, seguido de agosto, y los meses con temperaturas más bajas a enero y diciembre.

Conocidos los datos de precipitación y temperatura de las estaciones termopluviométricas más próximas, así como las características analíticas de los perfiles, se puede establecer el balance hídrico de los mismos, por medio de un programa informático (Ortega et al., 1990). Así se pueden determinar los Regímenes de humedad y temperatura de los suelos, que son Xérico y Térmico, respectivamente, y la reserva de agua que oscila en torno a 140 mm.

El relieve está dominado por pendientes de la Clase 2 (Suavemente inclinado) según FAO (1977), con porcentajes del 4-6%.

Tras analizar las características macromorfológicas y analíticas se observa una uniformidad manifiesta en estos suelos; igual se desprende del estudio mineralógico, micromorfológico y de degradación de los mismos. Esto nos hace obviar el estudio estadístico de resultados, que presenta muy altos coeficientes de correlación, sin otras alternativas.

De esta forma centramos el estudio genético y de degradación de suelos, en un perfil modal (P-1052-62), en el que la pendiente medida es del 5%.

## MATERIAL Y METODOS.

Tanto el material, como la metodología utilizados para las descripciones macromorfológicas de los suelos, se circunscriben a los del ámbito del Proyecto LUCDEME (1994).

Para el análisis mineralógico cualitativo se ha utilizado un difractor Phillips, modelo PW-1710.

Para analizar la mineralogía total, se ha utilizado la fracción molida a un tamaño inferior a 53  $\mu\text{m}$  (140 ASTM o < 240 mesh). Los picos de difracción obtenidos se han comparado con el fichero JCPDS (The Joint Committee of Power Diffraction Standards).

Para determinar la mineralogía de arcillas se realizaron los diagramas de Agregado orientado sin tratamiento; Agregado solvatado con etilén-glicol, mediante calentamiento a 60°C durante

48 horas, según describen Martín Vivaldi y Rodríguez Gallego (1961); Agregado orientado solvatado con dimetil-sulfóxido, a 80°C durante 72 horas (González García y Sánchez Camazano, 1968); Agregado orientado con un calentamiento de 550°C, durante 60 minutos (Martín Vivaldi y Rodríguez Gallego, 1961).

El muestreo de los diferentes horizontes para las descripciones micromorfológicas se realizó en cajas Kubiena, secándose al aire, para posteriormente ser incluidas en su totalidad con resina plástica Cronolita 1108, adicionada de monómero de estirolo como disolvente, peróxido de benzoilo y naftenato de cobalto. Una vez polimerizada, se procedió a su corte y pulimento con un sistema Logitech.

La observación microscópica de las láminas delgadas se efectuó en un fotomicroscopio Carl-Zeiss II, utilizándose para la descripción de las mismas la terminología propuesta por Bullock et al (1985).

Para la erosión hídrica utilizamos la U.S.L.E., siendo conscientes de las limitaciones de esta Ecuación para nuestras latitudes.

La valoración de la erosividad se hace, por falta de datos, relacionando el índice de agresividad hídrica propuesto por I.C.O.N.A. (1988), RI, con el factor de Fournier adaptado por FAO (1980), RF. Esta relación, para las zonas áridas, da un valor del índice de Fournier unas 2,8 veces inferior al obtenido por el método de ICONA (Lozano, 1992).

Para el cálculo de K hemos empleado la fórmula de Wischmeier y Mannering (1969), matemáticamente más sencilla de computar (Lozano, 1992) que la de Barnet y Rogers (1966) y con valores similares.

La longitud y grado de la pendiente se evalúan según Wischmeier y Smith (1965).

El factor cultivo se calcula mediante el producto de los nueve subfactores de Dissmeyer y Foster (1981). Para el cálculo del subfactor almacenamiento en depresiones "in situ", se considera la problemática del microrrelieve gilgai ante la baja o nula pedregosidad, rocosidad y restos de tocones, asignando el valor de 0,7

para el microrrelieve gilgai acusado y 0,8 para el suave (Asensio, 1993).

El factor P de la U.S.L.E. se halla según Wischmeier y Smith (1965).

Al no disponer de datos fiables de intensidades de los vientos en la zona de estudio, calculamos la erodibilidad eólica, de acuerdo con el método seguido por Quirantes (1989 y 1991).

Para evaluar el grado de degradación no erosiva tomamos como base la metodología FAO (1980), adaptándola a nuestro ámbito de estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSION.

De acuerdo con Soil Survey Staff (1994), el perfil modal de la zona de estudio se ha clasificado como Chromoxerert éntico fino montmorillonítico térmico, y según la clasificación FAO (1988), llevada a tercer nivel, como Vertisol sali-cálcico.

### *Morfología y características analíticas.*

Ofrecen las siguientes particularidades: La secuencia de horizontes es de tipo Ap-Bwz-Cz, con estructuras que van desde granular en superficie, hasta masiva en profundidad, pasando por bloques subangulares/angulares y bloques angulares/prismática en el horizonte Bwz, en función de la profundidad.

En el horizonte Bwz es frecuente la presencia de slickensides.

En la Tabla 1 se indican los contenidos de las fracciones granulométricas arena, limo y arcilla, que se mantienen muy homogéneos en todos los horizontes, si bien el epipedón presenta un contenido ligeramente superior en fracción gruesa. Algo similar ocurre con los porcentajes de gravas, aunque el contenido se incrementa nuevamente en el horizonte Cz por la ligera proliferación de arcillitas en éste.

El contenido en M.O. es bajo en los horizontes subsuperficiales, al igual que en el epipedón. La razón C/N se torna desfavorable en profundidad.

Los contenidos en carbonato cálcico equivalente se mantienen también homogéneos a lo largo de todo el perfil.

Los valores de COLE y COLEf son muy próximos, indicando además una clara similitud en el contenido y tipo de arcillas, entre los horizontes A y Bwz.

El pH del suelo es alcalino, presentando todos los horizontes el complejo de cambio saturado en Ca. La capacidad de intercambio catiónico elevada (referida a suelo total) debido tanto a su contenido de fracción arcillosa, como a la composición mineralógica de ésta.

La elevada conductividad eléctrica del epipedón muestra valores aún mucho más altos en los horizontes subsuperficiales, condicionada por el aumento de la cantidad de iones en el extracto de saturación (Tabla 2).

Se observa (figura 1) la aparición de una banda de acumulación de sales solubles en la calicata, a nivel subsuperficial que discutiremos a continuación.

### *Mineralogía.*

Mineralógicamente, estos suelos presentan una continuidad de materiales entre el epipedón y los horizontes subsuperficiales, con un claro dominio de contenidos en filosilicatos (Tabla 3), apareciendo cantidades significativas de cuarzo, junto a menores cantidades de calcita, dolomita, yeso, plagioclasas, hematites y feldespato potásico.

La mineralogía de arcillas está representada fundamentalmente por la esmectita, que suele aparecer con cantidades elevadas de interestratificados, mezcladas entre sí. La caolinita es el mineral de la arcilla que aparece en segundo lugar en cuanto a cantidad, pudiendo proceder, en parte, de la alteración de las esmectitas; en cuanto a las cantidades de illita son mucho menores. Puntualmente aparecen vestigios de cloritas.

### *Micromorfología.*

La microestructura (Tabla 4) muestra un

Tabla nº 1.- Datos analíticos del perfil modal.

Prof. cm.	Hor.	% Clase de tamaño y diámetro de partícula (mm)												
		Arena			Limo									
		Muy gruesa (2-1)	Gruesa (1-0.5)	Media (0.5-0.25)	Fina (0.25-0.1)	Muy fina (0.1-0.05)	Grueso (0.05-0.02)	Fino (0.02-0.002)	Arcilla (>0.002)	UNIFIED (<0.075)	Grava > 2			
0 - 15	Ap	1,1	1,0	1,1	3,1	3,6	5,8	18,2	66,1	92,3	12			
15 - 48	Bwz1	0,5	0,7	0,8	3,0	3,8	6,1	17,5	67,6	93,4	6			
48 - 118	Bwz2	0,7	0,5	0,8	2,8	3,3	5,6	17,9	68,4	94,1	7			
> 118	Cz	0,4	0,4	0,6	1,9	2,3	4,7	18,8	70,9	95,9	17			
Prof. cm.	Hor.	% C.O.	% N	C/N	mg / 100 g		% Ca CO <sub>3</sub>	Densidad húmedo seco		Cm	COLEF	COLE		
0 - 15	Ap	0,83	0,084	10	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	16	36,6	6	1,06	1,70	0,95	0,169	0,157
15 - 48	Bwz1	0,37	0,056	7	5	29,1	7	1,16	1,72	0,95	0,143	0,131		
48 - 118	Bwz2	0,32	0,066	5	6	26,7	7	1,20	1,78	0,94	0,141	0,130		
> 118	Cz	0,28	0,061	5	7	25,5	7							
Prof. cm.	Hor.	pH		Bases extraíbles (cmol / kg)				Sum	(cmol / kg)		% V	dS / m C.E.		
		H <sub>2</sub> O 1:2	Ca Cl <sub>2</sub> 1:2	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		C.E.C.	NH <sub>4</sub> OAc				
0 - 15	Ap	7,7	7,5	Sat	9,75	3,48	0,82	41,95	29,70	100	4,32			
15 - 48	Bwz1	7,9	7,6	Sat	17,50	17,17	0,59	79,01	28,26	100	13,67			
48 - 118	Bwz2	7,8	7,5	Sat	16,00	16,14	0,47	78,41	28,17	100	11,95			
> 118	Cz	7,8	7,6	Sat	15,75	13,26	0,48	84,54	29,04	100	10,84			
Prof. cm.	Hor.	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Tierra fina)					% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Tierra fina)							
		Fe (t)	Fe (d)	Fe (o)	Fe (p)	Fe(t) - Fe(d)	Al (t)	Al (d)	Al (o)	Al (p)	Al(t) - Al (d)			
0 - 15	Ap	1,70	1,50	0,60	0,04	0,20	4,11	0,32	0,18	0,04	3,79			
15 - 48	Bwz1	1,65	1,38	0,33	0,04	0,27	3,83	0,28	0,23	0,02	3,55			
48 - 118	Bwz2	1,60	1,31	0,47	0,03	0,29	3,90	0,26	0,21	0,04	3,64			
> 118	Cz	1,53	1,29	0,49	0,03	0,29	4,16	0,25	0,19	0,06	3,91			
Prof. cm.	Hor.	% Mn O <sub>2</sub> (Tierra fina)					% de humedad		Agua útil					
		Mn (t)	Mn (d)	Mn (o)	MnO (n)	Mn(t) - Mn(d)	33 KPa	1500 KPa	mm					
0 - 15	Ap	0,065	0,061	0,008	0,002	0,004	34,26	19,03	137,6					
15 - 48	Bwz1	0,063	0,054	0,004	0,002	0,009	35,63	20,75						
48 - 118	Bwz2	0,060	0,052	0,003	0,002	0,008	36,04	21,30						
> 118	Cz	0,061	0,054	0,003	0,002	0,007	36,89	21,88						

Tabla nº 2.- Iones en el extracto de saturación del perfil modal.

Prof. cm.	Hor.	Aniones (extracto de saturación) cmol/Kg				Cationes (extracto de saturación) cmol/Kg			
		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	H CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
0 -15	Ap	1,8	0,6	0	3,8	1,2	0,5	0	2,3
15 - 48	Bwz1	10,4	1,6	0	12,0	1,6	2,3	0,1	16,3
48 -118	Bwz2	9,6	1,6	0	12,8	1,5	1,9	0,1	15,6
> 118	Cz	8,8	1,6	0	14,2	1,3	1,9	0,1	12,0

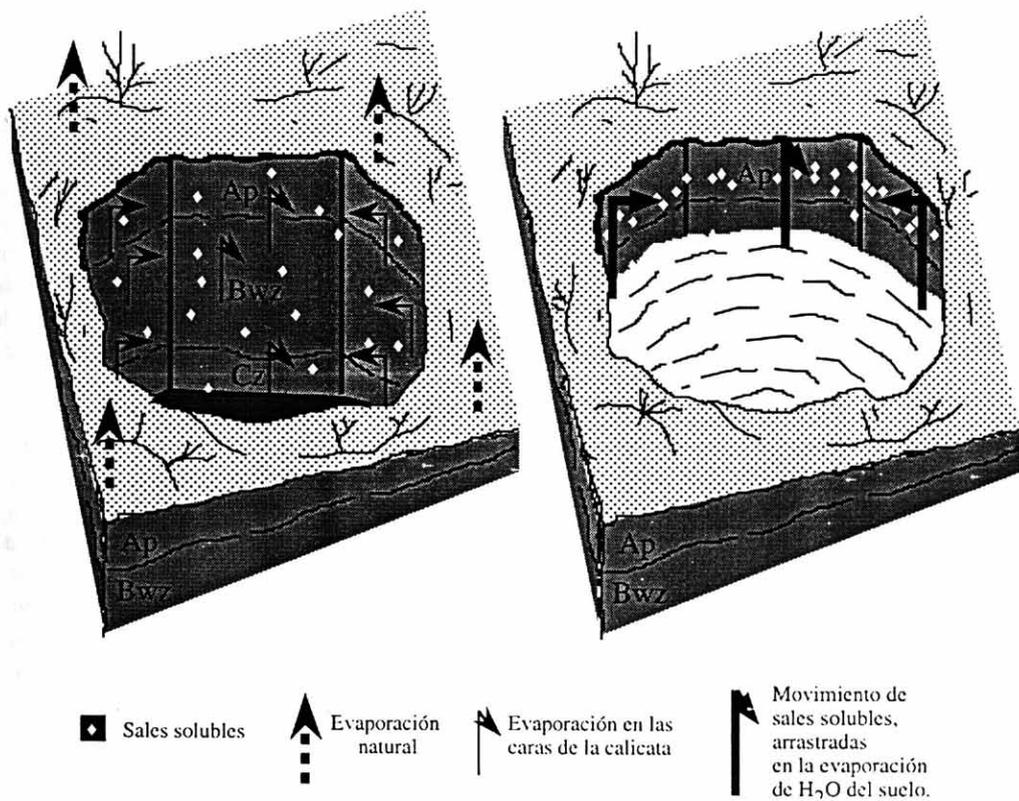


Fig. nº 1.- Dinámica de las sales en la calicata.

Tabla n° 3.- Mineralogía del perfil modal.

Prof. cm	Hor.	Gp	Qz	Sm it	Il	Kl	Cl	KF	Pl	Ca	Do	Hm
0-15	Ap	tr	15	42	8	27	tr	1	1	3	tr	tr
15-48	Bwz1	2	13	39	8	29	tr	tr	1	4	1	1
48-118	Bwz2	2	12	40	8	31	tr	tr	1	3	1	1
> 118	Cz	2	11	39	9	30	1	tr	1	3	2	1

Gp = % Yeso; Qz = % Cuarzo; Sm, it = % Esmectitas. interestratificados; Il = % Illita;  
 Kl = % Caolinita; Cl = % Clorita; KF = % K Feldespato; Pl = % Plagioclasea;  
 Ca = % Calcita; Do = % Dolomita; Hm = % Hematite

tipo granular para los epipedones, que pasa a bloques angulares en los horizontes subsuperficiales Bwz, y masiva en el Cz, siendo concordantes con las estructuras datadas a nivel macroscópico en campo. El tamaño de los microagregados es mediano en el horizonte Ap, pasando a grueso en los Bwz. El fenómeno de acomodación de agregados, solo aparece de forma manifiesta en el horizonte Bwz2.

La porosidad (Tabla 5) aparece dominada por la presencia de huecos de empaquetamiento compuesto, en los horizontes superficiales (granulares), clase C.3, según Ortega (1976), mientras que en los horizontes subsuperficiales dominan las fisuras, apareciendo algunos huecos de empaquetamiento compuesto. Los canales y cavidades están presentes fundamentalmente en el horizonte A. El patrón de orientación referida es inclinada y horizontal en los horizontes subsuperficiales Bwz, mientras que en los Ap y Cz, no relacionada. Frente al mayor área ocupada por los poros en el horizonte Ap, se encuentran los bajos porcentajes detectados en los horizontes subsuperficiales, lo que justifica el pobre drenaje de este suelo a nivel subsuperficial.

Respecto a la masa basal, se ha establecido

un límite g/f de 2  $\mu$ m, diferenciando el material grueso del fino, constituido exclusivamente por arcilla.

El material grueso está constituido fundamentalmente por cuarzo, con algo de calcita y opacos en todos los horizontes; aunque en los horizontes subsuperficiales Cz aparecen cantidades apreciables de arcillitas. El contenido en calcita de los horizontes no hace pensar que la calcita del horizonte Bwz esté constituida por recristalización de CaCO<sub>3</sub> secundario, procedente del horizonte Ap, pero este hecho está confirmado por la presencia de nodulaciones de CaCO<sub>3</sub>, observables a nivel macroscópico, aunque son escasos. El patrón de alteración detectado es lineal entrecruzada en el epipedón y en los horizontes subsuperficiales Bwz, y compleja en el Cz, de acuerdo con Stoops et al (1979).

El material fino presenta un color dominante pardo amarillento; una naturaleza arcillosa y una contextura de birrefringencia en motas aisladas, características extensivas a todos los horizontes del suelo.

La materia orgánica, no aparece en elevados porcentajes en estos suelos, aunque cabe destacar la presencia de restos de tejidos y material fino orgánico amorfo en el epipedón;

Tabla nº 4.- Microestructura de los horizontes del suelo.

Hor.	Tipo	Grado de redondez	Tamaño	Acomodación
Ap	Granular	Subredondeada	Medio	No acomodada
Bwz1	Bloques Subang./angular	Subangular	Grueso	Ligeramente acomodada
Bwz2	Bloq. angulares	Angular	Grueso	Acomodada
Cz	Masiva	--	--	--

Tabla nº 5.- Patrón de porosidad de los horizontes del suelo.

Hor.	Tipo	Patrón de orientación Referida	Tamaño	Area
Ap	Huecos de empaquetamiento compuesto, Canales y Cavidades	No relacionada	Huecos (250µm)	35%(comunes)
Bwz1	Fisuras, algunos Canales, Huecos de empaquetamiento compuesto, pocas Cavidades	Inclinada y horizontal	Fisuras (200µm)	15% (frecuentes)
Bwz2	Fisuras, algunos Canales, Huecos de empaquetamiento compuesto	Inclinada y horizontal	Fisuras (150µm)	10% ( Pocos )
Cz	Pocas Fisuras y Canales	No relacionada	Fisuras (100µm)	<10% ( Pocos )

este material no está también presente en el horizonte Bwz por penetración a través de las fisuras y homogeneización debida a los movimientos vérticos, dada su escasa cantidad en el epipedón.

La razón *g/f*, muestra el dominio de la fracción fina sobre la gruesa. La distribución relacionada *g/f* es Porfírica abierta, hecho condicionado por la razón *g/f* existente a lo largo de todo el perfil.

Como rasgos edáficos texturales, hay que destacar la presencia de hiporevestimientos de arcilla, con una textura interna microlaminada, en el horizonte Bwz, que dis-

minuyen en número en profundidad y al llegar al horizonte Cz aparecen con textura interna no laminada. Es importante la presencia de revestimientos de yeso en los poros del horizonte subsuperficial Bwz.

Los rasgos edáficos cristalinos, están dominados por la presencia de cristales lenticulares de yeso, formando masas granulares hipidiomórficas, junto a pocos nódulos de calcita, típicos, agregados, equigranulares, hipidiotópicos, en los horizontes Bwz. Los cristales lenticulares de yeso son más patentes en el horizonte Cz.

Por último, los rasgos edáficos amorfos, están constituidos fundamentalmente por la

Tabla nº 6.- Degradación Erosiva de los epipedones del suelo.

Erosión hídrica													
Perfil	R <sub>F</sub>	R <sub>I</sub>	pH	M.O.	a	c	b	K	x	m	s	LS	
62	71	227	7,7	1,4	6,3	66,1	27,6	0,07	600	0,5	5	2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	C	P	E t/ ha/año	E mm/año	Denom.
0,98	0,95	0,87	1	0,50	0,85	0,8	1	0,70	0,19	1,0	6	0,4	Ligera

a = % arena (0.1-2 mm); c = % arcilla ; b = % arena muy fina + % limo ( 0.1-0.002 mm );  
 x = longitud de la pendiente en m.; m = valoración para el grado de la pendiente; s = % pendiente  
 1-9 = Subfactores de DISSMEYER y FOSTER (1981)

Erosión eólica ( Erodibilidad)								
Perfil	M.O.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	Limo	Arcilla	W <sub>15</sub> <sup>*</sup>	SUMA	F' <sub>s1</sub>
62	2	2	2	0	0	1	7	Muy débil

F' <sub>s1</sub> = Índice del factor edáfico  
 W<sub>15</sub><sup>\*</sup> = Índice para % de humedad a 1500 KPa

presencia de pocos nódulos de hematites, pequeños y distribuidos al azar.

#### Degradación.

Del estudio de los procesos degradativos erosivos y no erosivos que ocurren en estos suelos se desprende que, respecto a los primeros (Tabla 6), la erosión hídrica es ligera al mantenerse los parámetros de la USLE dentro de rangos discretos. La erosión eólica, valorada como erosionabilidad, es muy débil.

Las valoraciones de degradaciones no

erosivas (Tabla 7) son bajas, con la excepción de la degradación debida al exceso de sales, y tanto el riesgo de sodización, como la sodización actuales, presentan la denominación de muy alta.

#### CONCLUSIONES.

Resultante de todo lo anterior, se puede pensar que estos suelos presentan una génesis muy característica: Observamos un incremento del material grueso, a nivel superficial, al com-

Tabla nº 7.- Degradación No Erosiva de los epipedones del suelo.

<b>Degradación física</b>								
Perfil	R <sub>I</sub>	C <sub>F</sub>	I <sub>e</sub>	Caliza activa	I <sub>e</sub>	T <sub>F</sub>	P cm/h/año	Denom.
62	227	8,2	0,10	1	0,10	1	0,8	Ligera

<b>Degradación biológica</b>				
Perfil	K <sub>2</sub>	S <sub>B</sub>	B (disminución % humus/año)	Denom.
62	6,1	0,10	0,61	Débil

<b>Degradación química</b>					
Perfil	C <sub>Q</sub>	S <sub>Q</sub>	T <sub>Q</sub>	C (disminución % V/año)	Denom.
62	1,1	0,13	1	0,14	Muy baja

<b>Salinización</b>								
Perfil	Cz	Sz	Tz	RSz	Denom.	Az	SzA	Denom.
62	0,15	1,5	5,0	1,1	Ligera	0,7	0,8	Ligera

<b>Alcalinización</b>								
Perfil	Cs	Ss	Ts	RSa	Denom.	As	SaA	Denom.
62	1,0	1,5	5,0	7,5	Muy alta	0,7	5,3	Muy alta

parar los epipedones con el horizonte inmediatamente inferior; así, el caso más frecuente es encontrar razones 1/3 para el horizonte A y 1/4 para el B. Este hecho está confirmado por los datos de la granulometría y corroboran la teoría de Yaalon y Kalmar (1978), según la cual en los suelos vérticos existe una concentración de material grueso (fundamentalmente arena) en los horizontes superficiales. En estos suelos, cuando avanza el frente de humectación en profundidad y alcanza a los granos de esqueleto, no sigue una trayectoria homogénea, sino que el frente rodea a los granos, se humedece la matriz del suelo situada alrededor de ellos, y se produce una dilatación de las arcillas hinchables. Al estar seco el suelo situado bajo el frente de humectación, y ser muy arcilloso (rico en esmectitas), es muy duro, lo que impide que las fuerzas resultantes de la dilatación de las arcillas se ejerzan en dirección vertical hacia abajo, produciendo un empuje sobre los granos de arena hacia la superficie. Según este mecanismo, los epipedones terminarían siendo muy arenosos, cosa que no ocurre debido al mezclado ocasionado por los movimientos vérticos. También hay que indicar que el fenómeno se atenúa cuando la densidad de granos de arena es elevada, originándose una serie de rozamientos que minimizan el empuje realizado por las arcillas.

La elevada conductividad eléctrica de estos suelos muestra un brusco incremento al pasar del epipedón a los horizontes subsuperficiales, casi triplicándose su valor. No obstante, al hacer una calicata, se observa la aparición de una banda de acumulación de sales solubles en el epipedón, a pocos cm de la superficie, tras haber sido inundada de forma artificial y gracias a los problemas de drenaje que presentan estos suelos. La justificación de este fenómeno (Figura 1) se debe a la evaporación forzada que originamos al crear un nuevo frente de desecación en el suelo: no solo se produce una pérdida de agua en sentido vertical (proceso normal), sino que creamos un frente lateral, al abrir la calicata (1). Al inundar ésta (2), las sales solubles sufren un ascenso y deposición,

disueltas en el agua que se evapora desde la superficie del suelo y hasta el nivel que alcanza el agua que inunda la calicata. De esta forma, la mayor intensidad de la succión debida al ascenso capilar hace que exista un mayor arrastre de sales solubles hacia la superficie. No obstante, este fenómeno se produce de forma artificial tras la apertura y encharcamiento de la calicata.

Respecto al contenido en sales, cabe indicar que el elevado contenido en sales solubles de estos suelos hace que los ensayos realizados por Asensio (1993) indiquen los altos grados de limitación que presentan los mismos para los cultivos propios de la zona, mostrando muy bajas productividades, de manera que una adecuada ordenación del territorio, implicaría su no dedicación agrícola.

## AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PB95-1216 de la DGICYT.

## BIBLIOGRAFIA.

- Asensio, C. (1993): "Génesis, degradación y evaluación de suelos vérticos en la hoja de Alora (1052). Málaga". Tesis Doctoral. Serv. Public. Univ. Granada. 359 p.
- Barnet, A. and Rogers, J. (1966): "Soil physical properties related to runoff and erosion from artificial rainfall". American Society Agricultural Engineers Transaction 9.
- Bullock, P. et al. (1985): "Handbook for Soil Thin Section Description". Waine Research Publications. Wolverhampton. U.K. pp. 152.
- Dissmeyer, G. and Foster, C. (1981): "Estimación del factor cultivo y ordenación (C) de la U.S.L.E. en el monte". Periódico de conservación de suelos y aguas. Julio y Agosto. USDA.
- F.A.O. (1977): "Guía para la descripción de perfiles de suelos". pp. 70. Roma.
- F.A.O. y P.N.U.M.A. (1980): "Metodología

- provisional para la evaluación de la degradación de los suelos". Roma. pp 86.
- F.A.O. (1988): "Soil Map of the world 1:5.000.000". Report 60. Roma. Italia.
- González García, F. and Sánchez Camazano, M. (1968): "Differentiation of kaolinite from chloride by treatment with dymetylsulfoxide". Clay minerals. 7: 447-451.
- I.C.O.N.A. (1988): "Agresividad de la lluvia en España". M° de Agric. Pesca y Alimentación. Madrid.
- I.G.M.E. 1978. Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Hoja 1052. Alora. Servicio de Publicaciones Ministerio de Industria. pp.71. Madrid.
- Lozano, F.J. (1992): "Estudio edáfico de la hoja de Baza (994). Balance de Erosión y Degradación". Tesis Doct. Serv. Public. Univ. Granada. 525 pp.
- LUCDEME. (1994): "Mapa de suelos de Colmenar. Hoja topográfica nº 1039. Escala 1:100.000". MAPA-ICONA. Madrid. España. pp 79.
- LUCDEME. (1997): "Mapa de suelos de Teba. Hoja topográfica nº 1037. Escala 1:100.000". MAPA-ICONA. Madrid. España. pp 87.
- Martín Vivaldi, J.L. and Rodríguez Gallego, M. (1961): "Some problems in the identification of clay minerals in mixtures by X-ray diffraction photographs. Part I - Chlorite-Kaolinite mixtures Part II - Chorite-swelling, chlorite and montmorillonite". Clay. Min. Bull, 4: 282-298.
- Ortega, E. (1976): "Micromorfometría de suelos por métodos óptico-electrónicos". Tesis Doctoral. Serv. Public. Univ. de Granada. pp 289.
- Ortega, E.; Sierra, C.; Martínez, F.J. and Lozano, F.J. (1990): "Characterization of soil moisture and temperature regimes in Southern Spain". XIV Internat. Congress of Soil Sci. Vol. V. pp 353-354. Kyoto.
- Quirantes, J. (1989): "Aproximación cualitativa y cuantitativa de los fenómenos de erosión eólica en el SE español". Proyecto LUCDEME V. Monografía 51. ICONA-MAPA. Madrid.
- Quirantes, J. (1991): "Método para el estudio de la erosión eólica". Soc. Esp. de Geomorf. Ed. Geoforma. pp 26.
- Soil Survey Staff. (1994): "Keys to Soil Taxonomy". 4ª Ed. SMSS Technical Monograph nº 19. Blackburg, Virginia. USA. pp.422.
- Stoops, G. et al. (1979): "Guidelines for the description of minerals alterations in soil micromorphology". Pédologie. XXIX: 121-135.
- Wischmeier, W.H. and Mannering, V. (1969): "Relation of soil properties to its erodibility". Soil Sci. Soc. Am. Proc, 23.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1965): "Predicting rainfall-erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains". Agriculture Handbook nº 282. USDA. Washington.
- Yaalon, D.H., Kalmar, D. (1978): "Dynamics of Cracking and Swelling Clay Soils: displacement of skeletal grains, optimum depth of slickensides, and rate of intrapedonic turbati6n". Earth Surface Processes. 3: 31-42.