

ESTUDIO DE UNA CRONOSECUENCIA EN CLIMA SECO SUBHUMEDO DEL SUR DE ESPAÑA.

J. AGUILAR ¹, C. DORRONSORO¹, M. VERA², G. DELGADO ¹ y J. FERNÁNDEZ ¹

¹ Departamento de Edafología. Universidad de Granada.

² Dirección actual. Facultad de Geografía. Universidad Forestal de Mérida. Venezuela.

Abstract; A study is made of the behaviours of the properties versus age of soils from a series of river terraces. The distributions of the properties according to the depth of the soil in the profile in general point to a progressive evolution with age that can be summarized in two general aspects: 1) the degree of differentiation among the horizons of each soil becomes progressively more manifest as age increases; 2) as the age of the soils increases, the values of the properties tend to become increasingly greater (or smaller, for some properties).

Key words: Cronosecuencias, terrazas, evolución, genesis, soils.

Resumen: Se analiza el comportamiento de las propiedades morfológicas, físicas y químicas del suelo frente a la edad en una cronosecuencia de terrazas fluviales. Para las propiedades morfológicas se utiliza un índice que refleja de modo cuantitativo el grado de evolución alcanzado por estas propiedades. La gran mayoría de las propiedades analizadas muestran, en general, una evolución progresiva con la edad que se sintetiza en dos hechos principales: i) por un lado, el grado de diferenciación entre los horizontes de cada suelo se va progresivamente manifestando conforme va aumentando la edad; ii) de otro lado, al ir aumentando la edad de los suelos, los valores de las propiedades tienden a ser progresivamente mayores (o menores, para algunas propiedades). Las propiedades morfológicas, representadas por el índice morfológico, muestran también un claro desarrollo con la edad de los suelos.

Palabras clave: cronosecuencias, terrazas, evolución, génesis, suelos.

INTRODUCCIÓN

Las terrazas fluviales representan para el edafólogo uno de los mayores recursos naturales para evaluar la dependencia entre las propiedades del suelo y su grado de evolución y el factor tiempo. Constituyen una secuencia cronológica en la cual las edades de las superficies (y por tanto la de los suelos que soportan) disminuyen sucesivamente al decrecer la cota topográfica, de

manera que podemos disponer de una serie de suelos secuencialmente ordenados por su edad. El estudio de estas cronosecuencias permite analizar la influencia que el factor tiempo ha ejercido en la formación de estos suelos.

Pretendemos, en este trabajo, analizar las relaciones existentes entre las características de los suelos de una serie de terrazas abandonadas por el río Guadalimar a su paso por Linares (Jaén).

Para poner de manifiesto la evolución de los suelos con la edad ha habido numerosos autores que han definido una serie de índices. Nosotros utilizaremos el índice propuesto por Harden (1982) basado en a las propiedades morfológicas de los suelos.

MATERIAL

El río Guadalimar es el principal afluente del río Guadalquivir, en la zona se distinguen cinco terrazas. Encontrándose las dos primeras (es decir las más antiguas) fuertemente erosionadas, quedando sólo pequeños enclaves. De la segunda terraza no se ha elegido ningún perfil representativo debido a la grave degradación que presenta, que hace, por un lado que el suelo esté muy mal conservado y, por otra parte, la terraza se confunde con la superficie de la terraza inmediatamente debajo. Se han muestreado las otras cuatro terrazas además de la llanura de inundación actual. A continuación indicamos los suelos muestreados y las cotas expresadas en metros sobre el cauce actual del río de estas cinco superficies

Llanura de inundación. Perfil nº 8. +1 m. Xerofluvent móllico

5ª Terraza. Perfil nº 7. + 14 m. Xerorthent típico.

4ª Terraza. Perfil nº 10. + 22 m. Xerochrept cálcico.

3ª Terraza. Perfil nº 4. + 40 m. Xerochrept cálcico.

1ª Terraza. Perfil nº 12. + 97 m. Palexeralf cálcico.

Todas estas superficies están constituidas por materiales detríticos (gravas, arenas y limos) procedentes de la erosión de calizas, dolomías, areniscas y, en menor cuantía, cuarcitas.

El clima actual, de acuerdo con Thornwaite, es C1B3sb3, es decir, seco subhúmedo, mesotérmico, con un intenso período de déficit de agua de cinco meses. Su temperatura media es de 17,4° y con 505 mm de precipitación anual.

MÉTODOS

Los análisis físicos y químicos de los suelos, así como las descripciones morfológicas, han sido realizados según las técnicas habituales (Delgado, 1983).

Los índices morfológicos se han calculado según Harden (1982). Se basan en el modelo de Bilzi y Ciolkosz (1977) y se obtienen evaluando las diferencias entre las propiedades en los horizontes del suelo y las del material original, siguiendo los siguientes pasos.

1. El punto de partida para los cálculos nace de la descripción morfológica detallada del perfil del suelo.

2. Para el nivel de referencia o punto cero se ha de buscar a los materiales fluviales que por no estar edafizados muestren las propiedades que inicialmente presentaban los materiales originales, los cuales tras su correspondiente edafización han dado lugar a los suelos actuales.

3. Por comparación entre el valor de las propiedades en el material original y el que presentan en los horizontes de los suelos se evalúa la intensidad del cambio. Para ello cada cambio de clase, grado, tipo, etc., en una determinada propiedad, se le asigna el valor arbitrario de 10 puntos (exactamente como se detalla en la Tabla II del trabajo de Harden, 1982).

4. Una vez que todos los cambios en las propiedades han sido valorados, estas propiedades cuantificadas son normalizadas a un rango de 0 a 1, mediante la división del resultado alcanzado por cada propiedad en cada horizonte por el máximo valor que podría alcanzar la propiedad considerada, según Harden (1982).

5. Estos valores normalizados se utilizan para calcular los índices de desarrollo del suelo. Si se trabaja con una sola propiedad, se obtienen valores válidos para comparar el grado de manifestación de esta propiedad en todos los horizontes, pero si se analiza el comportamiento de todas las propiedades conjuntamente, los índices resultantes serán válidos para evaluar el grado de desarrollo global alcanzado por los

Tabla 1. Selección de propiedades morfológicas.

Abreviaturas. Hor = horizonte. Prof = profundidad en cm. Text = textura. Estruct = estructura. Consist = consistencia.
 Columna color. s = en seco. h= en húmedo.
 Columna textura. f = franca. fai = francoarcillosa. aif = arcillosafranca. fae = francoarenosa. fl = francolimosa. fael = francoarenolimosa.
 Columna estructura. 1ª columna, tipo: mig = migajosa; gr = grumosa; ba = bloques angulares; bsa = bloques subangulares; pris = prismática; lam = laminar. 2ª columna, tamaño: g = gruesa; m = mediana. 3ª columna, grado: f = fuerte; m = moderado; d = débil.
 Columna consistencia. 1ª Consistencia en seco: du = duro. 2ª Consistencia en húmedo: friab = friable. 3ª Adhesividad: ad = adherente. 4ª Plasticidad: plast = plástico.
 Columna cutanes. delg = delgados. zo = zonales. Ped = en las caras de los agregados. po = en los poros. slick = slickensides.

Hor	Prof	Color	Text	Estruct	Consist	Cutanes
<i>Llanura de inundación. Perfil 8. + 1 m. Xerofluvent móllico.</i>						
Ap1	0-18	5YR5/4 s 5YR3,5/4 h	f	mig m d	lig du; friab no ad; no plast	
C1	18-33	5YR5/4 s 5YR3,5/4 h	f	bsa d	lig du; muy friab no ad; no plast	
C2	33-58	7,5YR5,5/4 s 7,5YR4,5/4 h	fai	bsa d	blando; muy friab no ad; no plast	
C3	58-91	7,5YR5,5/4 s 7,5YR4,5/4 h	fai	bsa d	blando; muy friab no ad; no plast	
C4	91-125	5YR5/4 s 5YR3/4 h	fai	bsa d	blando; muy friab no ad; no plast	
C5	+125	5YR5/4 s 5YR3/4 h	aif	bsa d	blando; muy friab no ad; no plast	
<i>5ª Terraza. Perfil 7. + 14 m. Xerorthent típico.</i>						
Ap1	0-10	7,5YR5/4 s 7,5YR3,5/4 h	fai	gr m d	lig du; friab lig ad; lig plast	
Ap2	10-21	7,5YR5/4 s 7,5YR3/4 h	f	bsa g m	du; friab lig ad; lig plast	
Ck1	21-53	7,5YR5/5 s 7,5YR3,5/5 h	f	ba g f	muy du; friab no ad; no plast	
Ck2	53-65	7,5YR5/5 s 7,5YR3,5/5 h	f	ba m f	muy du; friab lig ad; lig plast	
Ck3	+65	7,5YR5/6 s 7,5YR4/6 h	f	ba m f	du; friab lig ad; lig plast	
<i>4ª Terraza. Perfil nº 10. + 22 m. Xerochrept cálcico.</i>						
Ap1	0-5	7,5YR5/4 s 7,5YR3,5/4 h	fl	mig m f	du; friab lig ad; plast	
Ap2	5-25	7,5YR5/4 s 7,5YR3,5/4 h	fl	bsa g f	muy du; friab lig ad; plast	
Bw	25-75	7,5YR6/4 s 7,5YR4,5/4 h	fai	bsa m m	muy du; friab lig ad; plast	
Bwk	75-100	7,5YR6/4 s 7,5YR4,5/4 h	fai	ba m f	muy du; firme lig ad; plast	
BCK	100-127	7,5YR6/4 s 7,5YR4,5/4 h	f	ba m f	muy du; firme lig ad; plast	
2Bwb	+127	5YR5/6 s 5YR4/6 h	fl	bsa g f	muy du; firme lig ad; plast	

Tabla 1 (Continuación)

<i>3ª Terraza. Perfil nº 4. + 40 m. Xerochrept cálcico.</i>									
Ap1	0-12	7,5YR5/4 s	f	mig m d	lig du; muy friab				
		7,5YR4/4 h			lig co; lig plast				
Ap2	12-24	7,5YR5/4 s	f	bsa g m	du; friab				
		7,5YR4/4 h			lig ad; lig plast				
Bw	24-46	7,5YR5,5/4 s	fae	bsa m m	du; friab			delg; zo	
		7,5YR4/4 h			ad; plast			ped; po	
Bwk	46-82	5YR7/6 s	fae	bsa m m	muy du; friab			delg; zo	
		5YR5/6 h			ad; plast			ped; po	
Bck	82-102	5YR7/3 s	fae	ba m f	muy du; friab			slick	
		5YR5/3 h			lig ad; lig plast			ped	
C	+102	7,5YR5,5/6 s	fael	ba g m	du; friab			slick	
		7,5YR5/6 h			lig ad; plast			ped	
<i>1ª Terraza. Perfil nº 12. + 97 m. Palexeralf cálcico.</i>									
A	0-3	10YR6/3 s	fl	lam m f	du; friab				
		10YR4/3,3 h			lig ad; lig plast				
Btk	3-47	7,5YR6/4 s	fael	pris d	du; firme				
		7,5YR4,5/4 h			ad; muy plast				
Bck	47-63	5YR7/5 s	fl	bsa g f	du; firme			delg; zo	
		5YR6/6 h			adh; muy plast			ped; po	
2C	+67	capa de grava							

Tabla 2. Selección de propiedades físicas y fisicoquímicas.

Abreviaturas. Hor = horizonte. Prof = profundidad en cm. M.O. = materia orgánica.

CCC = capacidad de cambio de cationes. CO3 = carbonatos. Agua 1/3 = capacidad de retención de agua a 1/3 de atmósfera. Agua 15 = retención de agua a 15 atmósferas. cmK = cmolc Kg-1. nd = no determinado.

Hor	Prof cm	Arcilla %	Arena %	M.O. %	CCC cmK	pH	CO3 %	Agua1/3 %	Agua 15 %
<i>Llanura de inundación. Perfil 8. +1 m. Xerofluvent móllico. Fluvisol calcáreo</i>									
Ap1	0-18	10,4	49,4	0,88	3,40	8,2	24,2	13,1	5,4
C1	18-33	8,5	48,9	0,48	5,20	8,3	27,4	11,7	4,8
C2	33-58	7,3	60,7	0,51	6,74	8,3	27,3	12,5	4,9
C3	58-91	6,7	51,8	0,58	6,60	8,3	25,2	13,7	4,8
C4	91-125	28,1	65,7	0,34	7,20	8,2	24,5	11,6	4,8
C5	+125	6,3	81,5	0,27	7,30	8,4	28,2	7,8	2,9
<i>5ª Terraza. Perfil 7. + 14 m. Xerorthent típico.</i>									
Ap1	0-10	18,3	53,8	0,83	8,20	8,4	8,2	15,4	7,4
Ap2	10-21	18,7	50,9	0,72	7,85	8,4	9,4	14,6	7,3
Ck1	21-53	16,9	47,5	nd	7,48	8,4	18,9	16,1	6,7
Ck2	53-65	17,7	47,6	nd	7,00	8,4	20,7	16,1	6,6
Ck3	+65	17,5	49,3	nd	8,00	8,4	23,4	16,0	7,0
<i>4ª Terraza. Perfil nº 10. + 22 m. Xerochrept cálcico.</i>									
Ap1	0-5	26,6	23,3	1,24	13,40	8,2	14,5	21,4	11,0
Ap2	5-25	27,2	22,5	0,81	14,82	8,3	13,1	21,7	11,0
Bw	25-75	33,7	23,1	0,60	18,87	8,4	17,1	24,1	14,2
Bwk	75-100	29,3	28,9	0,33	17,30	8,4	22,3	23,1	11,9
Bck	100-127	26,8	35,0	0,22	16,00	8,5	22,1	21,5	11,0
2Bwb	+127	25,9	15,0	0,19	16,40	8,5	19,1	20,9	10,6

Tabla 2 (Continuación)

<i>3ª Terraza. Perfil nº 4. + 40 m. Xerochrept cálcico.</i>									
Ap1	0-12	20,2	50,5	0,64	18,45	8,4	8,1	14,7	7,0
Ap2	12-24	25,7	42,6	0,67	22,00	8,3	9,8	16,9	8,4
Bw	24-46	33,4	32,8	nd	24,00	8,2	18,9	20,7	10,7
Bwk	46-82	30,4	29,3	nd	9,40	8,3	41,7	20,7	9,9
Bck	82-102	31,8	22,3	nd	10,4	8,2	49,4	24,8	12,9
C	+102	35,8	17,1	nd	17,05	8,2	36,7	27,4	14,4
<i>1ª Terraza. Perfil nº 12. + 97 m. Palexeralf cálcico.</i>									
A	0-3	22,8	24,7	4,03	13,63	7,9	41,6	25,8	13,1
Btk	3-47	34,6	13,2	0,95	15,36	8,3	45,3	23,5	13,0
Bck	47-63	24,6	30,6	nd	11,78	8,4	62,2	20,0	10,1
2C	+67	24,6	38,1	nd	9,46	8,3	52,1	20,0	10,1

horizontes. En este último caso, para homogeneizar los resultados, habrá que sumar los valores relativos a cada propiedad y dividirlos por el número de propiedades consideradas. Así se obtiene el "índice general morfológico por horizonte".

En el cálculo de estos índices morfológicos se han utilizado siete propiedades: i) estructura (tipo y grado de desarrollo); ii) textura compuesta (clase textural + clase de adhesividad y de plasticidad para la consistencia en mojado); iii) consistencia en seco (clase); iv) consistencia en húmedo (clase); v) cútanos de arcilla (abundancia, espesor y localización); vi) melanización (value); vii) rubificación (hue y cromas).

6) Para extrapolar los índices por horizontes al total del perfil, basta con multiplicar el valor del índice en cada horizonte por su espesor respectivo y sumar todos estos productos correspondientes a todos los horizontes presentes en cada suelo.

7) En los índices calculados en el punto anterior parece ser que la importancia del espesor del suelo queda muy sobrevalorada, por ello se ha propuesto por varios autores (Harden y Taylor, 1983; Birkeland, 1984; Busacca, 1987) dividir estos valores por el espesor del suelo, con lo que los resultados ya sí pueden ser plenamente comparables para suelos de muy distintos espesores. Unos autores (Harden y Taylor, 1983; Busacca, 1987) son partidarios de usar para la homogeneización de los primi-

tivos índices el espesor real de cada solum, mientras que otros investigadores (Birkeland, 1984) prefieren utilizar un espesor constante para todos los suelos. En este caso se selecciona el espesor del solum más profundo de todos los estudiados en cada secuencia y para ajustar el valor del índice, el espesor del horizonte más profundo de cada suelo se profundiza artificialmente a la profundidad previamente estandarizada. Nosotros de acuerdo con Dorronsoro y Alonso (1994) hemos utilizado como espesor standard para todos los suelos el primer metro superficial de los perfiles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una selección de las propiedades morfológicas de los suelos se resume en la Tabla 1. Los resultados analíticos se reproducen en la Tabla 2. Para un estudio completo de los suelos ver Delgado (1983).

En esta cronosecuencia se observa como a una mayor edad le corresponde un mayor grado de desarrollo del suelo. Xerofluvent mólico en la llanura de inundación. Xerorthent típico en la terraza más baja. Xerochrept cálcico en las terrazas medias y Palexeralf cálcico para el suelo más antiguo.

Contenido en arcilla. El suelo de la llanura de inundación y el de la terraza más baja muestran distribuciones bastante homogéneas con la profundidad (Figura 1-A). El suelo de la cuarta

terrazza muestra ya una importante acumulación de arcilla en el horizonte B. Este incremento se acentúa en el suelo de la tercera terraza y finalmente alcanza su máximo valor en la terraza más alta.

Si calculamos un índice de enriquecimiento en arcilla comparando los contenidos entre el horizonte A y el B de cada suelo, vemos como los valores van aumentando al ir creciendo la edad del suelo: 1.07 para la 5ª terraza, 1,27 en la 4ª, 1,63 para la 3ª y 1,52 para la 1ª terraza. El valor del suelo de la 1ª terraza es algo inferior al del suelo de la 3ª. Este hecho lo atribuimos a la intensa erosión que ha soportado el suelo más antiguo. Ello lo deducimos en base a las observaciones de campo (Delgado, 1983) y de la distribución de la arcilla con la profundidad (Figura 1-A) que muestra un perfil delgado y con un máximo de acumulación de arcilla a tan sólo 3-47 cm de la superficie.

En definitiva, las distribuciones de los porcentajes de arcilla con la profundidad muestran dos tendencias generales. Por un lado, los valores para los distintos horizontes de cada suelo tienden a diferenciarse cada vez más con la edad, alcanzando los máximos valores alrededor de los 50 cm de profundidad y decreciendo después muy intensamente (Figura 1-A). Por otro lado, los valores tienden a ser progresivamente mayores conforme va aumentando la edad del suelo, alcanzando su máximo valor en el suelo de mayor edad (1ª terraza).

Al aumentar la edad aumenta la edafización y como consecuencia aumenta el contenido en arcilla del suelo.

Contenido en arenas. Las arenas muestran una tendencia inversa al de las arcillas, como es de esperar dada el distinto comportamiento de esta fracción con la evolución del suelo (Figura 1-B). Los suelos con más altos contenidos corresponden a los suelos más jóvenes (llanura y 5ª terraza), contenidos medios para las terrazas intermedias (4ª y 3ª) y valores mínimos en el suelo más antiguo (1ª).

Este comportamiento es coherente con una edafización que al ir desarrollándose va destru-

yendo cada vez mayores porcentajes de arenas.

Capacidad de cambio de cationes. Muestra tendencias parecidas a la de la arcilla (Figura 1-C). Es de destacar los bajos valores que corresponden al suelo más antiguo, a pesar de que sus contenidos en arcilla son importantes. El tipo de minerales presentes y su grado de alteración deben ser los responsables de estos bajos valores.

Contenido en carbonatos. Muestra tendencias muy parecidas a las de la arcilla (Figura 1-D). Valores bajos en los suelos de más bajas cotas, valores medios para el suelo de la terraza 3ª y máximos valores para la 1ª terraza. También es de destacar que los suelos más jóvenes muestran contenidos similares entre sus horizontes, mientras que en los suelos más viejos los carbonatos se lavan de los horizontes superiores y se acumulan en los profundos. Esta distribución es especialmente válida para el suelo de la 3ª terraza, con unos contenidos mínimos en los horizontes superiores y unas importantísimas acumulaciones en los horizontes inferiores.

Al avanzar la edafización los carbonatos se lavan de los horizontes superficiales y se acumulan, cada vez con mayor intensidad, en los subsuperficiales.

En el suelo de la 1ª terraza observamos una marcada diferenciación de los porcentajes en el perfil, pero con unos contenidos también importantes en los horizontes superiores. Este hecho nos habla de una recarbonatación secundaria que impregna tanto al horizonte A como al B y que es indicativa de la intensa degradación que soporta este suelo.

Retenciones de agua. Las curvas de distribución a 1/3 y a 15 atmósferas son muy similares (Figura 1-E y F). Valores bajos para los suelos más jóvenes y valores más altos y con perfiles más diferenciados en los suelos de las terrazas más altas. El suelo más antiguo presenta una anómala distribución, con máximos valores en los horizontes superficiales, que en este caso también puede ser atribuido a la decapitación del perfil.

Índice morfológico. Los valores del índice

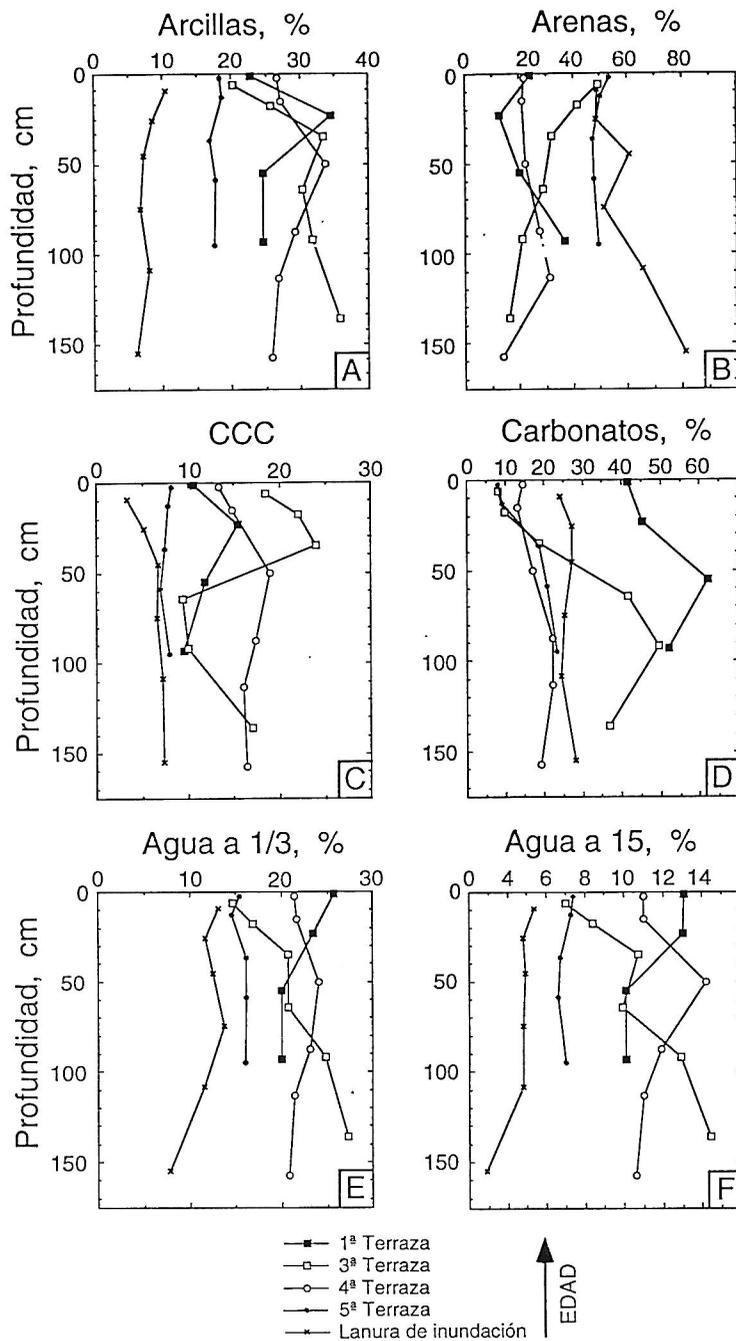


Figura 1. Distribución de algunas propiedades según la profundidad.
 Abreviaturas. CCC = capacidad de cambio de cationes en cmolc Kg-1. Agua a 1/3 = capacidad de retención de agua a 1/3 de atmósfera. Agua a 15 = capacidad de retención de agua a 15 atmósferas.

morfológico tienden a aumentar con la edad, como corresponde a un mayor grado de desarrollo del perfil, puesto de manifiesto en este caso por sus propiedades morfológicas. El fuerte incremento del valor del índice que muestra la terraza más baja con respecto al suelo de la llanura de inundación, indica una que en estos suelos se ha experimentado una intensa evolución en las primeras fases del desarrollo, tendiendo a disminuir estos incrementos en los suelos muy antiguos. Esta mayor evolución del suelo en las primeras fases de la evolución ha sido puesto de manifiesto por otros autores Dorronsoro y Alonso, 1994; Alonso *et al*, 1994) para los suelos de terrazas fluviales en Salamanca.

En resumen, la gran mayoría de las propiedades analizadas muestran, en general, una evolución progresiva con la edad que se sintetiza en dos hechos principales: i) por un lado, el grado de diferenciación entre los horizontes de cada suelo se va progresivamente manifestando conforme va aumentando la edad; ii) de otro lado, al ir aumentando la edad de los suelos, los valores de las propiedades tienden a ser progresivamente mayores. Este comportamiento lo presentan: contenido en arcilla, retención de agua a 1/3 y 15 atmósferas, capacidad de cambio de cationes y contenido en carbonatos. Por

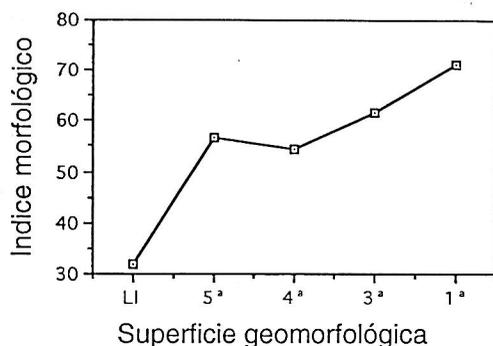


Figura 2. Relación entre el índice morfológico y las superficies en donde se encuentran los suelos.

el contrario el contenido en arenas tienden a disminuir con la edad. Las propiedades morfológicas, representadas por el índice morfológico, muestran también un claro desarrollo con la edad de los suelos.

REFERENCIAS

- ALONSO, P.; SIERRA, C.; ORTEGA, E.; DORRONSORO, C. 1994. Soil development indices of soils developed on fluvial terraces (Peñaranda, Salamanca, Spain). *CATENA*. 23: 295-308.
- BILZI, A.F. y CIOLKOSZ, E.J. 1977. A field morphology scale for evaluating pedological development. *Soil Sci.* 24: 45-48.
- BIRKELAND, P.W. 1984b. Holocene soil chronofunctions, Southern Alps, New Zealand. *Geoderma*. 34: 115-134.
- BUSACCA, A.J. 1987. Pedogenesis of a chronosequence in the Sacramento Valley, California. U.S.A. I. Application of a soil development index. *Geoderma*. 41: 123-148.
- DELGADO, G. 1983. *Estudio edáfico de la zona de Linares. Capacidad de uso de los suelos*. Universidad de Granada. Tesis Doctoral.
- DORRONSORO, C.; ALONSO, P. 1994. Chronosequence in Almar River, Fluvial Terrace *Soil. Soil Sci. Soc. Amer. Journ.* 58:910-925.
- HARDEN, J. 1982. A quantitative index of soil development from field description: examples from a chronosequence in central California. *Geoderma*. 28:1-28.
- HARDEN, J. y TAYLOR, E.M. 1983. A quantitative comparison of soil development in four climatic regimes. *Quat. Res.* 20: 342-359.