

**ESTADO ACTUAL DE LA DEGRADACIÓN  
DE SUELOS CALIZOS EN VARIAS ZONAS  
DE LA REGIÓN DE MURCIA**

**Memoria presentada para aspirar  
al grado de Doctora en Geografía**

**María de la Luz Tudela Serrano**

**Murcia, Julio 1993**

# CAPITULO 9

## RELACIÓN GEOMORFOLOGÍA-SUELOS

### 9.1 INTRODUCCION

Con el estudio geomorfológico y edafológico, y con el apoyo de los datos relativos a litología, periodo geológico, pendiente y altitud se han elaborado las Tablas 9.1 a 9.7 (Sección 9.4), en las que se muestra la relación geomorfología-suelos establecida en los dominios morfológico-paisajísticos de sierra y depresión, en cada una de las siete zonas de estudio.

### 9.2 SIERRA

Los relieves están constituidos predominantemente por rocas carbonatadas jurásicas y cretácicas, con algún que otro afloramiento Triásico. La topografía y, en particular, el gradiente de pendiente y longitud de la ladera son factores que afectan a la erosión y a los procesos de movimiento y deposición de los suelos. La acción selectiva de estos procesos esquilma al suelo en ciertas características físicas y químicas, haciendo que su desarrollo sea incompleto.

Cuando se trata de calizas o dolomías en pendientes

mayores al 45%, los suelos están muy poco evolucionados, perteneciendo al grupo de los Leptosoles (LP). Se presentan como unidad cartográfica independiente y poseen un horizonte móllico u ócrico, de poco desarrollo, que descansa directamente sobre la roca madre o sobre materiales muy calcáreos dentro de una profundidad de 30 cm.

Se distinguen las siguientes unidades:

- Suelos con menos de 10 cm de espesor  
Leptosoles líticos (LPq)
- Suelos con al menos 10 cm de espesor
  - Con epipedón móllico  
Leptosoles réndricos (LPk)
  - Con epipedón ócrico  
Leptosoles eútricos (LPe)

A medida que descendemos por la ladera, en pendientes comprendidas entre 45 y 15%, los Leptosoles se acompañan de otras unidades al hacerse los suelos más profundos, producirse un lavado lateral de carbonatos y sucederse migraciones oblicuas. En la morfología de los horizontes aparecen concentraciones de caliza pulvurulenta blanda y un color menos oscuro, características que están ligadas al mayor contenido en carbonato cálcico. Se forma un horizonte de acumulación de carbonato cálcico.

En este intervalo de pendiente los factores principales que se combinan para determinar la aparición de una determinada unidad de suelo son litología y vegetación.

En cuanto al material litológico, cuando se trata de materiales no consolidados, margas principalmente, juegan un destacado papel dos de sus características principales: alta capacidad de absorción de agua y baja permeabilidad. Cuando sobre ellas se instala una densa cubierta vegetal natural capaz de proporcionar abundantes restos orgánicos, y bajo presencia notable de carbonato cálcico, se favorece

la humificación y la aparición de epipedones mólicos. Se forman los Kastanosems (KS).

Por el contrario, sobre esta misma litología y en condiciones de escasez de vegetación, la pérdida de aportes vegetales repercute en la aparición de un epipedón ócrico. A la vez, las propias características fisico-químicas de la roca dificultan el lavado de carbonato cálcico y no llega a formarse horizonte cálcico. Todo ello tiene como consecuencia el desarrollo de una mala estructura, favoreciéndose el lavado o esorrentia superficial. Los suelos así formados se incluyen en la unidad de los Regosoles (RG).

Sobre materiales calizos no consolidados y con un lavado lo suficientemente intenso que permita la acumulación de carbonato cálcico, el grupo que aparece es el de los Calcisoles (CL). Estos suelos presentan siempre un horizonte ócrico, ya que se encuentran bajo una vegetación muy degradada o han sufrido repoblación forestal con *Pinus halepensis*, lo que ha provocado una disminución de aportes vegetales.

Sobre una litología de calizas y margas y bajo vegetación igualmente degradada o de repoblación aparecen muy localizados unos suelos que pertenecen al grupo de los Cambisoles (CM). Presentan epipedón ócrico, evidencias de eliminación de carbonato cálcico y formación de un horizonte B cámbico.

En esta posición se distinguen los siguientes grupos y unidades:

- Suelos con epipedón mólico

KASTANOSEMS (KS)

- Con horizonte cálcico

Kastanosems cálcicos (KSk)

- Suelos con epipedón ócrico

CALCISOLES (CL)

CAMBISOLES (CM)

REGOSOLES (RG)

- Con horizonte cálcico

Calcisoles háplicos (CLh)

- Sin horizonte cálcico

- Con horizonte cámbico

- Calcáreos

Cambisoles calcáricos (CMc)

- Con horizonte B pardo fuerte a rojo

Cambisoles crómicos (CMr)

- Sin horizonte cámbico y calcáreos al menos entre 20 y 50 cm

Regosoles calcáricos (RGc)

a) Derrubios de vertiente

Cuando las rocas carbonatadas se encuentran fuertemente diaclasadas y sometidas a una intensa meteorización físico-química, una de las consecuencias es el origen de grandes contingentes de material suelto, que descienden de las laderas por acción de la gravedad. Son los denominados bloques y derrubios de vertiente. Estos depósitos se encuentran mayoritariamente en la Sierra de Cejo Cortado (zona 6), en una pendiente entre 25 y 45%, y están formados por bloques, cantos y gravas de naturaleza caliza y por material detrítico margoso y arcilloso.

Los suelos que aquí se desarrollan se encuentran más dependientes de la existencia o no de horizonte diagnóstico de acumulación de carbonato cálcico (Kastanosems o Leptosoles, respectivamente), que de horizonte diagnóstico superficial, ya que aparecen colonizados por una densa cubierta vegetal de matorral que favorece, en la mayoría de

los casos, que el epipedón sea móllico.

En esta formación se distinguen los siguientes grupos y unidades:

- Suelos con menos de 30 cm de espesor  
LEPTOSOLES (LP)
  - Con menos de 10 cm de espesor  
Leptosoles líticos (LPq)
  - Con al menos 10 cm de espesor
    - Con epipedón móllico  
Leptosoles réndricos (LPk)
    - Con epipedón ócrico  
Leptosoles eútricos (LPe)
- Suelos con más de 30 cm de espesor y epipedón móllico  
KASTANOSEMS (KS)
  - Con horizonte cálcico  
Kastanosems cálcicos (KSk)

#### b) Conos aluviales

Las sierras se presentan seccionadas y atravesadas por un gran número de cauces torrenciales que evacuan los materiales procedentes de la erosión de las laderas. Tras discurrir por el relieve, estos materiales son depositados en el talud, en los cambios bruscos de pendiente, donde la corriente disminuye su velocidad y competencia viéndose obligada a depositar parte de su carga, formándose los denominados conos aluviales.

En las distintas zonas de estudio se presentan en pendientes comprendidas entre 10 y 15% y cuando el carbonato cálcico, aportado por el propio sustrato o transportado por las corrientes fluviales, ha sido sometido a las condiciones óptimas para su precipitación se forman los encostramientos que, mayoritariamente, sellan estas formas de depósito.

Cuando el cono se encuentra colonizado por vegetación natural, los aportes orgánicos son lo suficientemente importantes para formar un epipedón móllico y aparecen los Kastanosems (KS). Generalmente, debido a la buena pendiente y a la naturaleza detrítica de los aportes, son zonas aptas para el cultivo, lo que consecuentemente lleva a la degradación del horizonte de superficie, pasando a ser ócrico. Los suelos en este caso son Calcisoles (CL).

Si los materiales sobre los que se deposita el cono aluvial son de naturaleza margosa, la escorrentía domina sobre la infiltración, siendo los Regosoles (RG) los suelos representados. Suelen aparecer con escasa vegetación o están cultivados.

Allí donde discurren los cauces ocupando estrechas franjas a lo largo de algunas ramblas, se depositan los materiales aluviales aportados a intervalos regulares por los barrancos y ramblas, sobre los que se desarrollan el grupo de los Fluvisoles (FL).

En conjunto los suelos de este depósito pertenecen a los grupos y unidades siguientes:

- Suelos con epipedón móllico

KASTANOSEMS (KS)

- Con horizonte petrocálcico

Kastanosems pétricos (KSp)

- Suelos con epipedón ócrico

CALCISOLES (CL)

FLUVISOLES (FL)

REGOSOLES (RG)

- Con horizonte cálcico

Calcisoles háplicos (CLh)

- Con horizonte petrocálcico

Calcisoles pétricos (CLp)



- Con propiedades flúvicas y calcáreos al menos entre 20 y 50 cm

Fluvisoles calcáricos(FLc)

- Calcáreos al menos entre 20 y 50 cm

Regosoles calcáricos(RGc)

### 9.3 DEPRESION

Las depresiones aparecen ocupadas por unos extensos planos inclinados, anteriormente comentados, que reciben el nombre de glacis. Se diferencian los glacis de acumulación y los glacis de erosión.

Esta formación geomorfológica, muy extendida, corresponde a depósitos del Pleistoceno y Cuaternario constituidos por conglomerados, arenas, margas y areniscas procedentes del acarreo fluvial y coluvios de ladera de los relieves circundantes. También se incluyen los depósitos detríticos calcáreos que rellenan los fondos de las depresiones. En general, son depósitos no consolidados, caracterizados por la escasa pendiente del terreno, condiciones responsables de la baja tasa de sensibilidad a los influjos naturales, excepto en casos de calamidades.

La litología detrítica y la pendiente inferior al 10% sobre la que se asienta éste depósito geomorfológico hacen que se encuentren cultivados en su mayor parte por cereales y cultivos arbóreos de secano.

Respecto a la tipología de suelos que sobre ellos se desarrollan, la diferencia esencial radica en el sustrato litológico. Así, sobre materiales conglomeráticos de naturaleza caliza y en la proximidad de los relieves, tienen lugar concentraciones diagnósticas de carbonato cálcico, formándose horizontes cálcicos y petrocálcicos. Es el dominio de los Calcisoles (CL).

Por el contrario, sobre una litología no consolidada

de margas y arenas, principalmente, el carbonato cálcico se lava pero no llega a originar concentraciones secundarias diagnósticas. El grupo de suelos representado son los Regosoles(RG).

A este respecto, en la Sierra de Cejo Cortado (zona 6) las margas aparecen localmente con un recubrimiento de coluvios calizos cuaternarios en los que ha sido efectivo el lavado y posterior acumulación de carbonato cálcico, formándose incluso horizonte petrocálcico. En lugares donde se hace presente la costra calcárea, los suelos son Calcisoles (CL) y, donde este encostramiento ha sido discontinuo o no existe, los cursos fluviales han incidido sobre el recubrimiento y se han instalado sobre las margas, apareciendo los Regosoles (RG).

Otro grupo representado son los Fluvisoles (FL), que se localizan sobre los aportes fluviales en las estrechas franjas de las ramblas que discurren por la superficie de estos glaciares. La mayoría de ellos aparecen cultivados, por las buenas condiciones agrícolas que reúnen. Los escasos aportes vegetales condicionan la existencia de un epipedón móllico y los materiales detríticos aluviales dificultan la percolación, por lo que no llega a formarse horizonte cálcico.

Estas unidades de suelos tipifican y distinguen las dos formaciones de glaciares. Sobre los glaciares de acumulación aparecen los Calcisoles (CL), pétricos (CLp) o háplicos (CLh), en función de la existencia o no de horizonte diagnóstico petrocálcico, respectivamente. Sobre los glaciares de erosión, los Regosoles (RG) sobre margas son los suelos dominantes, y aparecen Calcisoles háplicos (CLh) sobre materiales calizos, cuando la acumulación de carbonato cálcico es lo suficientemente significativa para formar horizonte diagnóstico. Intercalados entre ambos tipos de suelo, se encuentran los Fluvisoles (FL) relacionados con

los cursos fluviales que los recorren.

Es de destacar la presencia en el glacis de acumulación de la Sierra del Madroño (zona 1) una densa vegetación de comunidades de espartal que ha conferido a los suelos un mayor aporte de restos orgánicos, lo que se ha traducido en la presencia de un horizonte móllico. Se trata en este caso del grupo de los Kastanosems (KS).

En conjunto, los grupos y unidades pertenecientes a este depósito son los siguientes:

- Suelos con epipedón móllico
  - KASTANOSEMS (KS)
  - Con horizonte cálcico
    - Kastanosems cálcicos (KSc)
  - Con horizonte petrocálcico
    - Kastanosems pétricos (KSp)
- Suelos con epipedón ócrico
  - CALCISOLES (CL)
  - FLUVISOLES (FL)
  - REGOSOLES (RG)
  - Con horizonte cálcico
    - Calcisoles háplicos (CLh)
  - Con horizonte petrocálcico
    - Calcisoles pétricos (CLp)
  - Con propiedades flúvicas y calcáreos al menos entre 20 y 50 cm
    - Fluvisoles calcáricos (FLc)
  - Calcáreos al menos entre 20 y 50 cm
    - Regosoles calcáricos (RGc)

#### 9.4 TABLAS DE RELACION GEOMORFOLOGIA-SUELOS

A continuación se detallan las tablas de relación geomorfología-suelos correspondientes a las zonas estudia-

das (Tablas 9.1 a 9.7), para facilitar su consulta durante la lectura del presente capítulo.

Tabla 9.1: Relación geomorfología-suelos

Zona 1: Sierra del Madroño

ALTITUD (m)	PENDIENTE (%)	PERIODO GEOLOGICO	LITOLOGIA	DOMINIO	FORMA GEOMORFOLOGICA	SUELOS MAYORITARIOS	UNIDADES CARTOGRAFICAS		
	>45	Jurásico	Calizas y Dolomías			Leptosoles	LPq(LPe) LPe-LPq		
	25-45					Kastanosem	LPk(KSc-KSp) LPe-Lpk(KSk)		
	15-45					Calcisoles Regosoles	LPe-LPq(CLh) LPe-LPq(LPk) KSp-LPk(KSk) CLh(KSk-RGc)		
1420-840		Cretácico	Margocalizas	Sierra	Cubeta Interior	Fluvisoles	CLp RGc(Jc)		
			Callizas, dolomías y conglomerados			Leptosoles Kastanosems	KSp-LPk(KSk)		
			Margocalizas y calizas			Calcisoles Fluvisoles	LPq(CLh-CLp) KSp-LPk CLp(CLh-RGc)		
			Aluviones					Fluvisoles	CLp(Jc-RGc)
			Coluvios calizos					Leptosoles	KSp-LPk(KSk) CLp(FLc-RGc)
			Margas			Regosoles	RGc		
760-840	5-10	Neógeno	Conglomerados	Depresión	Glacis-cono Glacis de acumulación Glacis de erosión	Calcisoles Fluvisoles	CLp(CLh-FLc)		
			Conglomerados y margas			Kastanosem	CLp-KSp(KSk) CLp(FLc-RGc)		
						Regosoles	RGc(CLh-FLc)		

**Tabla 9.2: Relación geomorfología-suelos**

Zona 2: "El Manzano"

ALTITUD (m)	PENDIENTE (%)	PERIODO GEOLOGICO	LITOLOGIA	DOMINIO	FORMA GEOMORFOLOGICA	SUELOS MAYORITARIOS	UNIDADES CARTOGRAFICAS
720-880	25-45	Cretácico	Margocalizas, calizas y conglomerados	Sierra		Leptosoles	LPq-LPk
	10-25					Kastanosem Cambisoles	LPq-LPk (CMc-KSp)
530-720	5-10	Neógeno	Conglomerados	Depresión	Glacis de acumulación	Calcisoles Fluvisoles Regosoles	CLp (KSp)
			Margas				CLh (FLc-RGc)

**Tabla 9.3: Relación geomorfología-suelos**

Zona 3: Muela de Codoñas

ALTITUD (m)	PENDIENTE (%)	PERIODO GEOLOGICO	LITOLOGIA	DOMINIO	FORMA GEOMORFOLOGICA	SUELOS MAYORITARIOS	UNIDADES CARTOGRAFICAS
580-725	>45	Neógeno	Caliza	Sierra		Leptosoles	LPq-LPk(LPe)
	15-25					Calcisoles	CLh-KSc(CLp)
	10-15					Kastanosem	KSp(CLp)
530-580	5-10		Conglomerados margas y areniscas	Depresión	Glacis de acumulación	Regosoles	CLp(CLh-RGc)
						Fluvisoles	RGc CLp(FLc-RGc)
					Glacis erosión		RGc(CLh-FLc)
	<5		Travertinos		Cono aluvial		CLp

**Tabla 9.4: Relación geomorfología-suelos**  
**Zona 4: Sierra del Algaidón**

ALTITUD (m)	PENDIENTE (%)	PERIODO GEOLOGICO	LITOLOGIA	DOMINIO	FORMA GEOMORFOLOGICA	SUELOS MAYORITARIOS	UNIDADES CARTOGRAFICAS
460-607	25-45	Cretácico	Dolomías	Sierra		Leptosoles	LPq-LPk
	15-25		Calizas dolomíticas, conglomerados y areniscas				
	10-15	Coluvios calizos	Derrubios vertiente		Cono aluvial	Calcisoles	CLp
	5-10	Coluvios calizos y conglomerados					
390-460		Neógeno	Margas	Depresión	Glacis-cono	Regosoles	RGc
			Conglomerados				
	<5	Cuaternario	Aluviones	Terraza	Fluvisoles	CLp (FLc)	



**Tabla 9.5: Relación geomorfología-suelos**

Zona 5: Sierra de Benís

ALTITUD (m)	PENDIENTE (%)	PERIODO GEOLOGICO	LITOLOGIA	DOMINIO	FORMA GEOMORFOLOGICA	SUELOS MAYORITARIOS	UNIDADES CARTOGRAFICAS
520-560 (660)	25-45	Jurásico	Calcarenitas	Sierra		Leptosoles	LPq
			Calizas y dolomías				
	15-25	Cretácico	Calizas, areniscas y margas		Derrubios vertiente		LPq(LPk) LPq(LPe) LPe-LPq LPq-LPk(LPe)
			Calizas		LPq-LPk (CLh)		
380-520	5-10	Cuaternario	Coluvios	Depresión	Cono aluvial	Kastanosem	CLp(KSp) KSp(CLp)
					Glacis-Cono	Calcisoles	CLp-KSp
	<5					CLp	

**Tabla 9.6: Relación geomorfología-suelos**

Zona 6: Sierra de Cejo Cortado

ALTITUD (m)	PENDIENTE (%)	PERIODO GEOLOGICO	LITOLOGIA	DOMINIO	FORMA GEOMORFOLOGICA	SUELOS MAYORITARIOS	UNIDADES CARTOGRAFICAS
400-698	35-45	Mioceno	Calizas	Sierra	Derrubios	Leptosoles	LPq (LPe)
	25-35		Kastanosem			LPk (KSk)	
	15-25		Margas y Eluviones		Calcisoles Fluvisoles Regosoles	RGc (CLh-FLc)	
	10-15		Coluvios		Kastanosem	KSp-CLp	
290-400	5-10		Calizas margosas	Depresión	Glacis de acumulación	Leptosoles	CLp-CLh LPe-LPq (CLp)
	<5				Glacis de erosión	CLh-RGc (FLc) FLc (CLh-RGc)	

**Tabla 9.7: Relación geomorfología-suelos**

Zona 7: "La Bermeja"

ALTITUD (m)	PENDIENTE (%)	PERIODO GEOLOGICO	LITOLOGIA	DOMINIO	FORMA GEOMORFOLOGICA	SUELOS MAYORITARIOS	UNIDADES CARTOGRAFICAS
580-840	>45	Jurásico	Caliza	Sierra		Leptosoles	LPe-LPq(LPk)
	25-45	Cretácico	Calizas margosas			Kastanosem	KSc-LPk (LPe-Lpq)
	15-25					Cambisoles	CMc-KSc (LPe-LPk)
480-580	10-15	Paleógeno	Calizas, areniscas, margas y arenas	Depresión	Cono aluvial	Calcisoles	LPq (LPe-LPk) CLp (KSp)
	5-10					Fluvisoles	CLp (CLh) CLh (FLc)
	<5					Calcisoles	CLp (CLh) CLh (CLp)

ESTUDIO ESTADISTICO ESTUDIO EST  
ESTUDIO ESTADISTICO ESTUDIO ES  
ESTUDIO ESTADISTICO ESTUDIO  
CO ESTUDIO ESTADISTICO ESTUDI  
FICO ESTUDIO ESTADISTICO ESTU  
STICO ESTUDIO ESTADISTICO EST  
DISTICO ESTUDIO ESTADISTICO ES  
ADISTICO ESTUDIO ESTADISTICO  
STADISTICO ESTUDIO ESTADISTICO  
ESTADISTICO ESTUDIO ESTADISTICO  
O ESTADISTICO ESTADIST  
DIO ADIS  
U AI  
ST EST  
ESTUDIO ES  
ESTUDIO ESTADISTICO ESTUDIO  
CO ESTUDIO ESTADISTICO ESTUDI  
FICO ESTUDIO ESTADISTICO ESTU  
STICO ESTUDIO ESTADISTICO EST  
DISTICO ESTUDIO ESTADISTICO ES  
ADISTICO ESTUDIO ESTADISTICO  
TADISTICO ESTUDIO ESTADISTICO  
ESTADISTICO ESTUDIO ESTADISTICO  
O ESTADISTICO ESTUDIO ESTADISTI  
DIO ESTADISTICO ESTUDIO ESTADIS  
UDIO ESTADISTICO ESTUDIO ESTAD  
TUDIO ESTADISTICO ESTUDIO ESTA  
ESTUDIO ESTADISTICO ESTUDIO EST  
ESTUDIO ESTADISTICO ESTUDIO E

# CAPITULO 10

# ESTUDIO ESTADÍSTICO

## 10.1 INTRODUCCION

Se ha realizado el tratamiento estadístico mencionado en el capítulo de metodología a 240 muestras (215 de capa arable y 25 de horizontes de superficie) que cubren las siete zonas de estudio en nueve tipos de suelo.

En primer lugar, se ha efectuado el análisis descriptivo y confirmatorio (análisis de la varianza y contraste de medias) aplicado a las siete variables más influenciadas por el fenómeno de degradación. A continuación, se realiza el análisis discriminante para determinar en las muestras asignadas a una tipología de suelos específica aquellas variables comunes que den una primera idea global de su influencia en la degradación. Por último, se aplica el análisis factorial con el fin de agrupar las variables analizadas en factores o componentes principales, con los que obtener una información más amplia de la degradación de los suelos según el tipo de uso del mismo, cultivado (C) o no cultivado o bajo vegetación natural (NC).

## 10.2 ANALISIS DESCRIPTIVO Y CONFIRMATORIO

Las variables tomadas en consideración para el análisis descriptivo general han sido:

VARIABLE	CLAVE	VARIABLE	CLAVE
Carbonato cálcico	CA	Arena media	A
pH en agua	PHO	Arena gruesa	AG
pH en KCl	PHK	Arena muy gruesa	AMG
Conductividad eléctrica	CE	Tipo de uso	TU
Potasio	K	Zona	LCC
Sodio	NA	Altitud	H
Magnesio	MG	Productividad	PRO
Hierro	FE	Cap. de cambio	T
Cobre	CU	Nitrógeno	N
Manganeso	MN	Materia orgánica	ORG
Zinc	ZN	Fósforo	P
Limo fino	LF	Arcilla	ARC
Limo grueso	LG		
Arena muy fina	AMF		
Arena fina	AF		

Los valores de las medias, desviación estándar, medianas y máximo y mínimo de las variables mencionadas aparecen en la Tabla 10.1.

De todas ellas se han escogido siete (ORG, N, ARC, CA, P, K, T) para el análisis descriptivo y confirmatorio (análisis de la varianza y contraste de medias), siendo las premisas estadísticas las siguientes:

- Análisis de la varianza y contraste de medias por zonas.
- Análisis de la varianza y contraste de medias por tipos de suelo.
- Análisis de la varianza y contraste de medias en Calcisoles pétricos por zonas.

Tabla 10. 1: Estadística descriptiva

Var.	Media	Desviación estándar	Coefficiente variación	Valor mínimo	Valor máximo
CA	46.47395	16.08482	0.346104	1.0000	77.6000
PHO	8.07311	0.24554	0.030414	6.7000	8.5000
PHK	7.36891	0.14657	0.019890	7.1000	7.7000
CE	0.71790	0.62692	0.873266	0.2000	6.1000
K	17.53613	11.42828	0.651699	0.3000	53.1000
NA	13.41748	9.62062	0.717022	2.8000	47.0000
MG	1.04202	3.92259	3.764422	0.0000	27.4000
FE	2.99244	3.92873	1.312891	0.1000	25.6000
CU	1.71261	3.10425	1.812591	0.3000	30.0000
MN	4.22941	4.75438	1.124124	0.0000	32.7000
ZN	0.95714	1.13276	1.183486	0.0000	10.0000
LF	29.03697	8.18996	0.282053	10.7000	61.1000
LG	15.54370	5.64863	0.363403	0.8000	30.1000
AMF	11.26723	4.09233	0.363206	2.3000	22.5000
AF	10.20168	5.66833	0.555627	1.9000	29.1000
A	5.93277	3.23933	0.546006	0.4000	16.9000
AG	3.76723	2.33209	0.619048	0.1000	11.3000
AMG	2.75714	2.11722	0.767905	0.2000	9.7000
TU	1.42017	0.49567	0.349024	1.0000	2.0000
LOC	3.84874	2.10986	0.548195	1.0000	7.0000
H	6.56303	1.92062	0.292643	3.0000	13.0000
T	18.11765	7.50064	0.413996	3.8000	43.8000
PRO	4.17647	0.98847	0.236675	2.0000	5.0000
N	5.12201	0.58188	0.113604	3.8416	6.3682
ORG	1.36063	0.48997	0.360109	0.2776	2.7014
P	2.20613	0.88253	0.400034	0.0000	3.7612
ARC	3.06256	0.32043	0.104627	3.3418	3.9512

- Análisis de la varianza y contraste de medias en Calcisoles pétricos bajo vegetación natural por zonas.
- Análisis de la varianza y contraste de medias en Calcisoles pétricos cultivados por zonas.

Para el análisis de la varianza y contraste de medias, las zonas de estudio y los tipos de suelo responden a las claves LOC y TS, respectivamente y para su mejor manejo se les ha adjudicado una numeración cuya correspondencia es la siguiente:

Zonas (LOC)	1	Sierra del Madroño
	2	"El Manzano"
	3	Muela de Codoñas
	4	Sierra del Algaidón
	5	Sierra de Benís
	6	Sierra de Cejo Cortado
	7	"La Bermeja"
Tipos de Suelo (TS)	1	Calcisoles pétricos
	2	Calcisoles háplicos
	3	Leptosoles
	4	Fluvisoles
	5	Kastanosems pétricos
	7	Regosoles
	8	Kastanosems cálcicos

En los tipos de suelo se han suprimido las unidades 6 (Cambisoles) y 9 (Antrosoles) por tener una población muestral muy pequeña, dos y una muestra, respectivamente.

Para el análisis confirmatorio se ha realizado el test de normalidad de la W de Wilk-Shapiro (Shapiro y Wilk, 1968), siendo necesaria la transformación logarítmica en algunas de las variables seleccionadas:



	M.O.	N	ARC	CA	P	K	T
Transf.	Ln(M.O.)	Ln(N)	Ln(ARC)	NO	Lp(P)	NO	NO
W	0.980	0.978	0.943	0.992	0.943	0.958	0.812

Por último, se procede a los análisis descriptivos y de varianza para cada tipo de suelo, diferenciando su uso: cultivado (C) no cultivado o bajo vegetación natural (NC).

### 10.2.1 Materia orgánica

#### a) Descriptiva general

Los suelos bajo vegetación natural presentan un mayor contenido de este componente respecto a los cultivados, independientemente del tipo de suelo:

	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
<b>a) Calcisoles pétricos</b>					
NC	3.292	0.936	3.110	1.750	7.320
C	2.261	0.960	2.125	0.320	4.780
<b>b) Calcisoles háplicos</b>					
NC	2.793	1.233	2.610	0.560	5.470
C	1.658	0.872	1.475	0.530	3.410
<b>c) Leptosoles</b>					
NC	5.552	2.000	4.940	2.570	9.860
<b>d) Fluvisoles calcáricos</b>					
NC	1.220	0.408	1.360	0.760	1.540
C	1.555	0.563	1.480	0.820	2.700
<b>e) Kastanosems pétricos</b>					
NC	4.580	1.751	4.475	2.590	11.500
C	4.486	0.996	4.660	2.880	5.540
<b>f) Regosoles calcáricos</b>					
NC	2.713	1.653	2.365	0.580	5.500
C	0.965	0.344	0.885	0.560	1.790
<b>g) Kastanosems cálcicos</b>					
NC	6.742	3.227	5.485	3.780	13.900

Los valores máximos aparecen en los Kastanosems cálcicos (6.7%), seguido de Leptosoles (5.6%), y Kastanosems pétricos (4.6%), que en su mayor parte poseen un horizonte A móllico. Cuando el suelo está cultivado esta cantidad desciende a 1.7% en Calcisoles háplicos y a 1.6% en Fluvisoles y 1.0% en Regosoles calcáricos. Esta acusada diferencia se debe, probablemente, a las propias labores de cultivo, ya que cesa el aporte de restos vegetales y se favorece la mineralización del humus. Cuando la puesta en cultivo es muy reciente, como sucede en los Kastanosems pétricos, se mantiene el porcentaje elevado (4.5%).

**b) Análisis de la varianza**

La diferencia en el contenido en materia orgánica es significativa en todas las zonas y por tipos de suelo. Por el contrario, los CLp de las distintas zonas, bien estén bajo vegetación natural o cultivados, no presentan diferencias significativas.

- Materia orgánica por zonas  $H_0$ :  $ORG=LOC$

$$X^2(6) = 26.03 \text{ (S)}$$

$$F(6/233) = 6.02 \text{ (S)}$$

$$F(6/233) = 5.53 \text{ (S)}$$

- Materia orgánica por tipo de suelo  $H_0$ :  $ORG=TS$

$$X^2(7) = 23.79 \text{ (S)}$$

$$F(8/231) = 34.26 \text{ (S)}$$

$$F(8/231) = 41.73 \text{ (S)}$$

- Materia orgánica en Calcisoles pétricos por zonas  $H_0$ :  $ORG=LOC$

$$X(6) = 5.28 \text{ (N.S.)}$$

$$F(6/78) = 2.44 \text{ (S.)}$$

- Materia orgánica en Calcisoles pétricos no cultivados por zonas  $H_0$ : ORG=LOC

$$X(3) = 9.89 \text{ (S.)}$$

$$F(4/38) = 1.58 \text{ (N.S.)}$$

- Materia orgánica en Calcisoles pétricos cultivados por zonas  $H_0$ : ORG=LOC

$$X^2(5) = 8.09 \text{ (N.S.)}$$

$$F(6/35) = 1.15 \text{ (N.S.)}$$

c) Contraste de medias

- Materia orgánica por zonas  $H_0$ : ORG=LOC

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.5438	0.0613	0.3748	0.0423	0.0001	0.6973
2		0.3220	0.8264	0.0560	0.0081	0.9045
3			0.4335	0.0023	0.0670	0.3688
4				0.0279	0.0124	0.7700
5					0.0000	0.2212
6						0.0175

Teniendo en cuenta la hipótesis de partida de no diferencia entre las distintas zonas, se observa que la Sierra del Madroño, "El Manzano", Muela de Codoñas, Sierra del Algaidón y "La Bermeja" presentan homogeneidad en sus valores, lo que se traduce en una probabilidad superior a 0.05. En todas ellas, la topografía es similar, con altitudes medias y vegetación natural igualmente similares y una tipología de suelos caracterizada por la presencia frecuente de epipedón móllico. Los glaciares aparecen ocupados por espartales y matorral que aportan abundantes restos orgánicos al suelo, así como por cultivos recientes, en los que la materia orgánica no presenta una disminución acusada.

Las Sierras de Benis y Cejo Cortado no presentan homogeneidad de valores respecto a las anteriores. La

Sierra de Benís, si bien cuenta con una amplia superficie de sierra, ésta presenta suelos muy superficiales, consecuencia de la erosión subsiguiente a la acción antrópica, bajo una vegetación escasa y muy alterada, con repoblación de pinos, y un glacis de matorral abierto, entre muy poca superficie de cultivo. Los glacis ocupan gran parte del área de estudio y están cultivados en su totalidad; la disminución de aportes vegetales ha repercutido en la aparición de epipedones ócricos. En la Sierra de Cejo Cortado prevalece el sustrato de margas y una vegetación menor, que repercute en una disminución de la materia orgánica.

- Materia orgánica por tipos de suelo  $H_0$ :ORG=TS

TS	2	3	4	5	7	8
1	0.0221	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2		0.0000	0.0137	0.0000	0.0019	0.0000
3			0.0000	0.0299	0.0000	0.2026
4				0.0000	0.2564	0.0000
5					0.0000	0.0072
7						0.0000

Por tipos de suelo, únicamente hay similitud entre dos grupos: Fluvisoles-Regosoles y Leptosoles-Kastanosems cálcicos. El primero de ellos lo forman suelos poco provistos de materia orgánica, bien por presentar muy escasa vegetación, por estar cultivados o debidos a su elevada erosionabilidad. Los segundos son suelos de montaña que, a consecuencia de una vegetación natural abundante, se encuentran bien provistos en este constituyente.

- Materia orgánica en Calcisoles pétricos por zonas  
 $H_0: ORG=LOC$

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.4895	0.4635	0.6782	0.3142	0.6706	0.0080
2		0.8703	0.3654	0.1091	0.8424	0.0628
3			0.3174	0.0809	0.9456	0.0174
4				0.7853	0.4886	0.0162
5					0.1798	0.0003
6						0.0491

Los contenidos de materia orgánica en los Calcisoles pétricos cultivados son homogéneos entre las distintas zonas, a excepción de "La Bermeja", que solo presenta semejanza con "El Manzano". La razón de esta diferencia puede estribar en que parte de los suelos de ambas han sido puestos en cultivo recientemente, por lo que contienen más materia orgánica.

- Materia orgánica en Calcisoles pétricos sin cultivar por zonas  $LOC H_0: ORG=LOC$

LOC	4	5	6
1	0.3518	0.3383	0.2059
4		0.5189	0.1847
5			0.0572

- Materia orgánica en Calcisoles pétricos cultivados por zonas  $LOC H_0: ORG=LOC$

LOC	2	3	4	7
1	0.4946	0.3990	0.3017	0.2699
2		0.8703	0.4386	0.0203
3			0.2302	0.0045
4				0.3394

En los Clacisoles pétricos bajo vegetación natural la igualdad entre las distintas zonas se pone claramente de manifiesto, con probabilidades superiores a 0.05.

Igualmente sucede cuando se encuentran cultivados, aunque "La Bermeja" difiera de "El Manzano" y Muela de Codoñas, tal vez como consecuencia de diferencias en la densidad de la cubierta vegetal.

### 10.2.2 Nitrógeno

#### a) Descriptiva general

El contenido en nitrógeno es superior en suelos bajo vegetación natural. Los valores son máximos en los Kastanosem cálcicos (369.7), seguido de los Leptosoles (296.7) y Kastanosems pétricos (257,5) y son mínimos en los cultivados, si bien algunos de éstos suelos y como consecuencia del aporte de fertilizantes, presentan un mayor nivel:

	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
	<b>a) Calcisoles pétricos</b>				
NC	210.3	45.44	211.3	101.4	336.8
C	142.9	56.06	143.8	45.60	303.9
	<b>b) Calcisoles háplicos</b>				
NC	177.5	73.62	167.4	44.70	365.9
C	106.3	46.28	98.20	39.70	220.5
	<b>c) Leptosoles</b>				
NC	296.7	92.59	292.1	164.6	503.1
	<b>d) Fluvisoles calcáricos</b>				
NC	70.80	13.68	75.90	55.30	81.20
C	115.1	30.79	110.7	69.10	169.9
	<b>e) Kastanosems pétricos</b>				
NC	263.3	99.70	244.0	162.1	670.6
C	232.1	121.3	288.9	45.60	348.0
	<b>f) Regosoles calcáricos</b>				
NC	148.3	77.38	142.4	46.90	277.2
C	84.55	50.62	68.75	46.20	249.1

(Continúa...)

	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
	<b>g) Kastanosems cálcicos</b>				
NC	369.7	125.8	328.5	238.2	582.0

**b) Análisis de la varianza**

En cuanto al contenido en nitrógeno, las diferencias son significativas por zonas, por tipos de suelo y en los CLp bajo vegetación natural. Por el contrario, no existe diferencia significativa dentro de los CLp, cultivados.

**- Nitrógeno por zonas  $H_0$ : N=LOC**

$$X^2(6) = 20.52 \text{ (S.)}$$

$$F(6/233) = 6.96 \text{ (S.)}$$

$$F(6/233) = 7.26 \text{ (S.)}$$

**- Nitrógeno por tipo de suelo  $H_0$ : N=TS**

$$X^2(7) = 14.26 \text{ (S.)}$$

$$F(8/231) = 25.89 \text{ (S.)}$$

$$F(8/231) = 28.49 \text{ (S.)}$$

**- Nitrógeno en Calcisoles pétricos por zonas  $H_0$ : N=LOC**

$$X^2(6) = 3.80 \text{ (N.S.)}$$

$$F(6/78) = 3.59 \text{ (S.)}$$

**- Nitrógeno en Calcisoles pétricos no cultivados por zonas  $H_0$ : N=LOC**

$$X^2(3) = 26.10 \text{ (S.)}$$

$$F(4/38) = 1.87 \text{ (N.S.)}$$

**- Nitrógeno en Calcisoles pétricos cultivados por zonas  $H_0$ : N=LOC**

$$X^2(5) = 9.21 \text{ (N.S.)}$$

$$F(6/35) = 1.42 \text{ (N.S.)}$$

c) Contraste de medias

- Nitrógeno por zonas  $H_0: N=LOC$

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.0311	0.0483	0.2265	0.0170	0.0000	0.7595
2		0.8424	0.3949	0.0013	0.1439	0.2748
3			0.5136	0.0015	0.0896	0.3349
4				0.0015	0.0186	0.6252
5					0.0000	0.1640
6						0.0180

La Sierra del Madroño, "El Manzano", Sierra del Algaidón y "La Bermeja" presentan unos valores similares de nitrógeno, que se traduce en un probabilidad de igualdad muy elevada. Este hecho se relaciona con la mayor existencia de cubierta vegetal natural, que condiciona la aparición de epipedón móllico.

- Nitrógeno por tipos de suelo  $H_0: N=TS$

TS	2	3	4	5	7	8
1	0.0146	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
2		0.0000	0.0396	0.0000	0.0064	0.0000
3			0.0000	0.0878	0.0000	0.0608
4				0.0000	0.2852	0.0000
5					0.0000	0.0145
7						0.0000

Los Leptosoles, Kastanosems pétricos y Kastanosems cálcicos presentan homogeneidad entre sus medias con niveles de probabilidad superiores a 0.05, También, los Fluvisoles y Regosoles calcáricos presentan medias iguales, fiel reflejo de la similitud en la naturaleza y composición de ambos suelos.



- Nitrógeno en Calcisoles pétricos por zonas H<sub>0</sub>: N=LOC

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.0760	0.1544	0.9946	0.0170	0.4132	0.0044
2		0.4784	0.0645	0.0145	0.4249	0.2266
3			0.2207	0.0212	0.8849	0.0621
4				0.2944	0.3757	0.0161
5					0.1255	0.0025
6						0.1400

- Nitrógeno en Calcisoles pétricos sin cultivar por zonas  
LOC H<sub>0</sub>: N=LOC

LOC	4	5	6
1	0.9292	0.0725	0.0585
4		0.1391	0.1986
5			0.0042

- Nitrógeno en Calcisoles pétricos cultivados por zonas  
H<sub>0</sub>: N=LOC

LOC	2	3	4	7
1	0.9867	0.5535	0.6543	0.0956
2		0.4748	0.4916	0.0089
3			0.9058	0.0034
4				0.0157

En los Calcisoles pétricos los valores de nitrógeno no presentan diferencias entre "El Manzano", Sierra del Algaidón y Sierra de Cejo Cortado. Las diferencias que se observan en el resto de las zonas nos hacen pensar en la influencia que puede ejercer la fertilización. Así, bajo vegetación natural los valores son iguales, excepto en la Sierras de Benis y Cejo Cortado . Bajo cultivo, la igualdad es manifiesta, a excepción de "El Manzano" y Muela de Codoñas con "La Bermeja"; los aportes nitrogenados puede ser la causa de ésta diferencia en los valores, aunque el tiempo de cultivo puede jugar un importante papel.

### 10.2.3. Arcilla

#### a) Descriptiva general

La textura es franca en la mayoría de los suelos, con escasa representación de texturas franco arcillosas, franco arcillo-limosas y arcillosas:

	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
<b>a) Calcisoles pétricos</b>					
NC	15.86	3.978	14.90	10.50	27.40
C	20.55	4.392	19.95	10.30	30.80
<b>b) Calcisoles háplicos</b>					
NC	20.82	9.193	18.30	9.800	51.00
C	22.96	4.842	24.40	12.20	32.20
<b>c) Leptosoles</b>					
NC	22.53	9.314	19.55	9.400	47.60
<b>d) Fluvisoles calcáricos</b>					
NC	25.03	9.293	29.10	14.40	31.60
C	18.16	4.822	17.70	10.80	27.40
<b>e) Kastanosems pétricos</b>					
NC	17.47	6.247	16.00	10.20	35.10
C	19.82	2.420	20.20	16.80	22.30
<b>f) Regosoles calcáricos</b>					
NC	21.63	5.849	19.75	15.70	30.60
C	23.89	5.935	23.00	10.50	33.40
<b>g) Kastanosems cálcicos</b>					
NC	24.94	5.352	23.05	18.40	32.70

#### b) Análisis de la varianza

Existe diferencia significativa en el contenido en arcilla por localidades y tipos de suelo. Contrariamente, los valores son homogéneos en los CLp de las distintas zonas, tanto si están bajo vegetación natural, como si se encuentran sometidos a cultivo.

- Arcilla por zonas  $H_0$ : Arc=LOC

$$X^2(6) = 18.65 \text{ (S.)}$$

$$F(6/233) = 10.30 \text{ (S.)}$$

$$F(6/233) = 11.34 \text{ (S.)}$$

- Arcilla por tipos de suelo  $H_0$ : Arc=Ts

$$X^2(7) = 16.64 \text{ (S.)}$$

$$F(8/231) = 4.83 \text{ (S.)}$$

$$F(8/231) = 4.73 \text{ (S.)}$$

- Arcilla en Calcisoles pétricos por zonas H: Arc=LOC

$$X^2(6) = 7.49 \text{ (N.S.)}$$

$$F(6/78) = 6.45 \text{ (S.)}$$

- Arcilla en Calcisoles pétricos no cultivados por zonas

$H_0$ : Arc=LOC

$$X^2(5) = 6.91 \text{ (N.S.)}$$

$$F(6/35) = 3.17 \text{ (S.)}$$

- Arcilla en Calcisoles pétricos cultivados por zonas

$H_0$ : Arc=LOC

$$X^2(3) = 6.52 \text{ (N.S.)}$$

$$F(4/38) = 1.33 \text{ (N.S.)}$$

c) Contraste de medias

- Arcilla por zonas LOC  $H_0$ : ARC=LOC

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.3527	0.0451	0.0010	0.0090	0.2300	0.0001
2		0.6996	0.0003	0.0028	0.9254	0.0268
3			0.0000	0.0000	0.7170	0.0095
4				0.0408	0.0000	0.0000
5					0.0004	0.0000
6						0.0125

La probabilidad de igualdad entre las medias de los valores de arcilla se observa que varía de unas zonas a otras. La combinación de dos hechos: mayor o menor

proporción de suelos cultivados y tipología de suelos reinante, va a repercutir en medias diferentes por grupos; y, consecuentemente, las zonas se diferenciarán.

- Arcilla por tipos de suelo  $H_0$ : ARC=TS

TS	2	3	4	5	7	8
1	0.0054	0.0122	0.4555	0.6995	0.0003	0.0004
2		0.8388	0.2912	0.0229	0.2997	0.1273
3			0.2816	0.0253	0.4396	0.0913
4				0.3996	0.0537	0.0215
5					0.0017	0.0012
6						0.4036
7						

El contenido en arcilla es independiente del tipo de suelo, siendo los Fluvisoles los mejor relacionados con los Calcisoles pétricos, Calcisoles háplicos y Regosoles, por proceder del mismo material calizo.

- Arcilla en Calcisoles pétricos por zonas  $H_0$ : ARC=LOC

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.0126	0.0002	0.1288	0.2870	0.0651	0.0026
2		0.8393	0.0046	0.0090	0.8550	0.5104
3			0.0014	0.0006	0.9371	0.2463
4				0.6236	0.0323	0.0015
5					0.0472	0.0029
6						0.5096

- Arcilla en Calcisoles pétricos sin cultivar por zonas  $H_0$ : ARC=LOC

LOC	4	5	6
1	0.3286	0.6282	0.0920
4		0.6831	0.0710
5			0.1456

- Arcilla en Calcisoles pétricos cultivados por zonas  
 $H_0$ : ARC=LOC

LOC	2	3	4	7
1	0.4751	0.4138	0.1042	0.0978
2		0.8393	0.0667	0.3517
3			0.1592	0.1229
4				0.0365

Los contenidos en arcilla en Calcisoles pétricos difieren según las zonas, siendo homogéneos cuando se encuentran bajo vegetación natural y cultivados, excepto en "La Bermeja", en cultivo, que presenta diferencias con la Sierra del Algaidón, debido a una mayor proporción de arcilla en sus muestras.

#### 10.2.4 Carbonato cálcico

##### a) Descriptiva general

El contenido en carbonato cálcico es muy abundante en todos los suelos, como corresponde a un material original muy calizo y a un clima que favorece muy limitadamente el lavado de este constituyente.

	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
	<b>a) Calcisoles pétricos</b>				
NC	46.80	17.40	42.10	16.70	80.20
C	54.28	16.20	53.55	18.50	83.60
	<b>b) Calcisoles háplicos</b>				
NC	46.69	18.34	47.30	14.30	76.00
C	56.64	11.58	59.10	29.30	77.60
	<b>c) Leptosoles</b>				
NC	35.55	16.67	37.00	1.00	73.90
	<b>d) Fluvisoles calcáricos</b>				
NC	57.97	2.421	59.00	55.20	59.70
C	45.83	13.44	50.70	12.30	62.20

(Continúa...)

	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
<b>e) Kastanosems pétricos</b>					
NC	37.03	13.79	36.45	9.800	68.10
C	41.04	9.015	42.90	26.60	51.30
<b>f) Regosoles calcáricos</b>					
NC	53.47	8.163	57.30	40.00	60.60
C	59.64	7.894	59.20	47.70	71.00
<b>g) Kastanosems cálcicos</b>					
NC	37.85	11.44	33.80	26.30	56.80

Los valores máximos se registran en los Fluvisoles y Regosoles calcáricos, desarrollados sobre materiales margosos, mientras que los valores mínimos los registran suelos con una vegetación natural a base de matorrales y espartales con enraizamiento bien desarrollado, cuya influencia es notoria en el proceso de disolución y lavado de carbonatos.

#### b) Análisis de la varianza

Las diferencias en el contenido en carbonato cálcico son significativas en todas las premisas estadísticas.

- Carbonato cálcico por zonas  $H_0$  CA=LOC

$$X^2(6) = 31.85 \text{ (S.)}$$

$$F(6/233) = 15.70 \text{ (S.)}$$

$$F(6/233) = 19.15 \text{ (S.)}$$

- Carbonato cálcico por tipo de suelo  $H_0$ : CA=TS

$$X^2(7) = 16.46 \text{ (S.)}$$

$$F(8/231) = 7.08 \text{ (S.)}$$

$$F(8/231) = 7.29 \text{ (S.)}$$

- Carbonato cálcico en Calcisoles pétricos por zonas  
H<sub>0</sub>: CA=LOC

$$X^2(6) = 15.66 \text{ (S.)}$$

$$F(6/78) = 13.11 \text{ (S.)}$$

$$F(6/78) = 14.16 \text{ (S.)}$$

- Carbonato cálcico en Calcisoles pétricos no cultivados por zonas H<sub>0</sub>: CA=LOC

$$X^2(3) = 10.54 \text{ (S.)}$$

$$F(4/38) = 15.02 \text{ (S.)}$$

$$F(4/38) = 18.88 \text{ (S.)}$$

- Carbonato cálcico en calcisoles pétricos cultivados por zonas H<sub>0</sub>: CA=LOC

$$X^2(5) = 7.64 \text{ (N.S.)}$$

$$F(6/35) = 3.62 \text{ (S.)}$$

c) Contraste de medias

- Carbonato cálcico por zonas H<sub>0</sub>: CA=LOC

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.1175	0.0046	0.0003	0.0000	0.0005	0.2135
2		0.0005	0.0562	0.0626	0.0003	0.7762
3			0.0000	0.0000	0.4146	0.0011
4				0.6488	0.0000	0.0279
5					0.0000	0.0275
6						0.0008

- Carbonato cálcico por tipos de suelo H<sub>0</sub>: CA=TS

TS	2	3	4	5	7	8
1	0.8543	0.0000	0.6044	0.0007	0.0048	0.0242
2		0.0002	0.5354	0.0011	0.0347	0.0217
3			0.0093	0.5698	0.0000	0.6831
4				0.0157	0.0137	0.0520
5					0.0000	0.9865
7						0.0000

- Carbonato cálcico en Calcisoles pétricos por zonas

H<sub>0</sub>: CA=LOC

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.0221	0.4296	0.0000	0.0000	0.1561	0.5184
2		0.0105	0.0046	0.0069	0.0014	0.1338
3			0.0000	0.0000	0.9277	0.3619
4				0.6684	0.0000	0.0007
5					0.0000	0.0003
6						0.1655

- Carbonato cálcico en Calcisoles pétricos sin cultivar por zonas H : CA=LOC

LOC	4	5	6
1	0.0000	0.0000	0.0452
4		0.7298	0.0000
5			0.0000

- Carbonato cálcico en Calcisoles pétricos cultivados por zonas H<sub>0</sub>: CA=LOC

LOC	2	3	4	7
1	0.0097	0.9207	0.0033	0.5618
2		0.0105	0.0790	0.0343
3			0.0112	0.6227
4				0.0122

Partiendo de la base de que todos los suelos de este trabajo están sobre material calizo, lo cual implica elevadas cantidades de este componente, no se observan agrupamientos que puedan clarificar relaciones entre zonas o entre tipos de suelo, ni incluso dentro de una misma unidad, bien en vegetación natural o en cultivo, lo cual nos lleva a establecer una hipótesis de no semejanza y de total independencia respecto a las premisas establecidas.

Se pone de manifiesto que el contenido en carbonato cálcico es superior en suelos con epipedón ócrico cultivados pero, como siempre, las diferencias o



semejanzas entre las distintas medias, depende también del tamaño muestral.

En cuanto a los Calcisoles pétricos, se parecerán aquellos de mayor semejanza en el material litológico; por ejemplo, las Sierras del Algaidón y Benís o la Muela de Codoñas y Sierra de Cejo Cortado. En éstos últimos los materiales margosos subyacen en el sustrato; en los primeros, los materiales son coluvios calizos.

### 10.2.5 Fósforo

#### a) Descriptiva general

La cantidad de fósforo es mayor en suelos cultivados debido a la adición de este componente en los abonados periódicos:

	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
			<b>a) Calcisoles pétricos</b>		
NC	9.388	7.184	8.800	0.000	42.00
C	12.30	8.209	11.00	0.000	32.80
			<b>b) Calcisoles háplicos</b>		
NC	9.500	7.550	8.300	0.000	29.00
C	12.81	9.216	11.80	0.000	27.50
			<b>c) Leptosoles</b>		
NC	11.85	9.880	10.85	0.000	37.80
			<b>d) Fluvisoles calcáricos</b>		
NC	8.767	8.422	5.100	2.800	18.40
C	12.11	11.13	8.700	2.700	41.10
			<b>e) Kastanosems pétricos</b>		
NC	12.68	9.951	9.750	1.500	41.20
C	16.26	14.62	11.10	5.900	41.90
			<b>f) Regosoles calcáricos</b>		
NC	8.400	5.848	6.450	3.400	16.90
C	9.919	6.378	7.650	0.600	30.24

(Continúa...)

	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
	<b>g) Kastanosems cálcicos</b>				
NC	17.77	10.19	16.55	6.500	39.20

**b) Análisis de la varianza**

Por lo que se refiere al fósforo no hay homogeneidad en ninguna de las premisas estadísticas, luego las diferencias son significativas.

- Fósforo por zonas  $H_0$ : P=LOC

$$X^2(6) = 45.38 \text{ (S.)}$$

$$F(6/224) = 4.04 \text{ (S.)}$$

$$F(6/224) = 5.35 \text{ (S.)}$$

- Fósforo por tipo de suelo  $H_0$ : P=TS

$$X^2(7) = 5.48 \text{ (N.S.)}$$

$$F(8/222) = 1.19 \text{ (N.S.)}$$

- Fósforo en Calcisoles pétricos en las distintas zonas

$H_0$ : P=LOC

$$X^2(6) = 36.70 \text{ (S.)}$$

$$F(6/74) = 4.72 \text{ (S.)}$$

$$F(6/74) = 5.41 \text{ (S.)}$$

- Fósforo en Calcisoles pétricos no cultivados por zonas

$H_0$ : P=LOC

$$X^2(3) = 13.63 \text{ (S.)}$$

$$F(4/35) = 5.96 \text{ (S.)}$$

$$F(4/35) = 3.91 \text{ (S.)}$$

- Fósforo en Calcisoles pétricos cultivados por zonas

$H_0$ : P=LOC

$$X^2(5) = 14.80 \text{ (S.)}$$

$$F(6/34) = 5.03 \text{ (S.)}$$

$$F(6/34) = 5.63 \text{ (S.)}$$

c) Contraste de medias

- Fósforo por zonas  $H_0$ : P=LOC

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.3497	0.0027	0.2019	0.0045	0.0785	1.0000
2		0.0044	0.1001	0.1288	0.3075	0.6703
3			0.2071	0.0000	0.0014	0.1840
4				0.0019	0.0228	0.5621
5					0.8509	0.1902
6						0.2629

En lo que a contenido en fósforo se refiere, únicamente se relaciona "La Bermeja" con las demás, con probabilidades muy por encima de 0.05, llegando incluso a una probabilidad de 1.000 con la Sierra del Madroño. La Sierra del Algaidón también aparece muy relacionada con todas, excepto con la Sierra de Benís. La posible igualdad que pueda observarse entre zonas es debida a la existencia de abundantes suelos de cultivo que reciben fertilizantes fosfatados.

- Fósforo por tipos de suelo  $H_0$ : P=TS

TS	2	3	4	5	7	8
1	0.8578	0.8445	0.7721	0.4850	0.4024	0.0367
2		0.7975	0.8948	0.5148	0.5516	0.0219
3			0.7316	0.6448	0.4046	0.0813
4				0.4560	0.6979	0.0444
5					0.2069	0.1269
6						0.0154
7						

Por tipos de suelo aparecen muy relacionados, incluso con los Regosoles, por estar éstos cultivados y abonados. El Kastanosem cálcico no presenta igualdad con los Calcisoles pétricos, Calcisoles háplicos y Fluvisoles.

- Fósforo en Calcisoles pétricos por zonas  $H_0: P=LOC$

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.3147	0.0709	0.0813	0.0024	0.3024	0.4634
2		0.0259	0.5543	0.0102	0.3742	0.5994
3			0.0303	0.0003	0.0302	0.2245
4				0.0401	0.4850	0.7335
5					0.4172	0.4652
6						0.9764

En los Calcisoles pétricos la probabilidad en la aceptación de la hipótesis de igualdad es muy superior a 0.05, lo cual se traduce en una no diferencia en sus valores, aunque algunos grupos escapen de esta afirmación, debido, probablemente, a diferencias en el abonado periódico. Esta es también la causa de que en el estudio de Calcisoles pétricos por zonas algunas no presenten igualdad en sus valores.

- Fósforo en Calcisoles pétricos sin cultivar por zonas  $H_0: P=LOC$

LOC	4	5	6
1	0.9413	0.0207	0.1510
4		0.1118	0.1159
5			0.8234

- Fósforo en Calcisoles pétricos cultivados por zonas  $H_0: P=LOC$

LOC	2	3	4	7
1	0.2697	0.3026	0.0344	0.2083
2		0.0259	0.0411	0.3209
3			0.0302	0.1184
4				0.7394

Las diferencias no son significativas entre Calcisoles pétricos bajo vegetación natural y cultivados.

## 10.2.6 Potasio

### a) Descriptiva general

El contenido en potasio es más elevado en los suelos bajo vegetación natural como consecuencia de la efectividad del ciclo biogeoquímico.

	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
<b>a) Calcisoles pétricos</b>					
NC	23.90	10.64	23.70	0.300	52.80
C	14.04	8.163	11.40	1.600	44.30
<b>b) Calcisoles háplicos</b>					
NC	21.77	11.20	19.80	6.000	42.30
C	13.38	10.54	9.300	3.700	45.70
<b>c) Leptosoles</b>					
NC	24.27	14.31	26.25	0.700	53.10
<b>d) Fluvisoles calcáricos</b>					
NC	12.90	5.803	13.80	6.700	18.20
C	20.09	8.822	19.70	6.200	33.50
<b>e) Kastanosems pétricos</b>					
NC	26.02	11.65	30.45	0.600	43.00
C	21.26	15.96	12.50	9.600	47.10
<b>f) Regosoles calcáricos</b>					
NC	23.93	17.33	33.45	1.500	37.10
C	13.10	6.841	11.60	3.300	30.30
<b>g) Kastanosems cálcicos</b>					
NC	21.40	20.71	8.450	3.000	53.70

### b) Análisis de la varianza

Si hay diferencias significativas en potasio asimilable por localidades, tipos de suelo y en Calcisoles pétricos de las distintas localidades. Por el contrario, en Calcisoles pétricos bajo vegetación natural y cultivados las diferencias no son significativas.

- Potasio por zonas  $H_0: K=LOC$

$$X^2(6) = 75.06 \text{ (S.)}$$

$$F(6/233) = 34.62 \text{ (S.)}$$

$$F(6/233) = 45.08 \text{ (S.)}$$

- Potasio por tipo de suelo  $H_0: K=TS$

$$X^2(7) = 16.25 \text{ (S.)}$$

$$F(8/231) = 1.86 \text{ (N.S.)}$$

$$F(8/231) = 1.70 \text{ (N.S.)}$$

- Potasio en Calcisoles pétricos por zonas  $H_0: K=LOC$

$$X^2(6) = 22.79 \text{ (S.)}$$

$$F(6/78) = 18.51 \text{ (S.)}$$

$$F(6/78) = 21.38 \text{ (S.)}$$

- Potasio en Calcisoles pétricos sin cultivar por zonas  
 $H_0: K=LOC$

$$X^2(3) = 5.57 \text{ (N.S.)}$$

$$F(4/38) = 7.49 \text{ (S.)}$$

- Potasio en Calcisoles pétricos cultivados por zonas  
 $H_0: K=LOC$

$$X^2(5) = 12.37 \text{ (S.)}$$

$$F(6/35) = 8.71 \text{ (S.)}$$

$$F(6/35) = 8.73 \text{ (S.)}$$

c) Contraste de medias

- Potasio por zonas  $H_0: K=LOC$

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.0000	0.0000	0.8322	0.0018	0.0000	0.0000
2		0.1594	0.0000	0.0000	0.0315	0.0003
3			0.0000	0.0000	0.2105	0.0000
4				0.0028	0.0000	0.0000
5					0.0000	0.0000
6						0.0292

Entre las distintas zonas se observan diferencias en

los valores medios, de lo que se desprende una probabilidad de semejanza por debajo de 0.05. Este hecho hace referencia a que en cada zona entran en juego distintos tipos de suelo, con diferentes niveles medios de potasio.

- Potasio por tipos de suelo  $H_0: K=TS$

TS	2	3	4	5	7	8
1	0.6837	0.0412	0.8836	0.0135	0.7290	0.7290
2		0.0409	0.8525	0.0222	0.5029	0.6424
3			0.0846	0.7867	0.0227	0.6078
4				0.0761	0.4334	0.7075
5					0.4334	0.6919
6						0.4594
7						

Por tipos de suelo hay igualdad, lo que es indicativo del aporte de fertilizantes en aquellos suelos que sufren deficiencias en este componente.

- Potasio en Calcisoles pétricos por zonas  $H_0: K=LOC$

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.0007	0.0001	0.3156	0.0000	0.0016	0.0000
2		0.9252	0.0001	0.0000	0.7576	0.0387
3			0.0000	0.0000	0.8003	0.0218
4				0.0002	0.0002	0.0000
5					0.0000	0.0000
6						0.0971

- Potasio en Calcisoles pétricos sin cultivar por zonas  
 $H_0: T=LOC$

LOC	4	5	6
1	0.4639	0.0005	0.0613
4		0.0151	0.0028
5			0.0002

- Potasio en Calcisoles pétricos cultivados por zonas

$H_0: T=LOC$

LOC	2	3	4	7
1	0.1001	0.0751	0.3699	0.0027
2		0.9252	0.0036	0.0106
3			0.0006	0.0060
4				0.0002

En los Calcisoles pétricos por zonas aparecen diferencias que pueden ser atribuidas a diferentes niveles de fertilizantes fosfatados, según el tipo de cultivo agrícola o bien, al propio aporte del material litológico o vegetación que sostiene, de ahí que bajo vegetación natural la probabilidad de igualdad se mantiene por debajo de 0.05, excepto en las Sierras del Madroño, Algaidón y Cejo Cortado.

Las diferencias más acusadas se dan entre Calcisoles pétricos cultivados, como consecuencia de un consumo excesivo por el cultivo y falta del aporte necesario de este fertilizante. Así, "La Bermeja" mantiene valores medios bajos en este componente respecto al resto de las zonas, lo que provoca la no igualdad en sus valores medios. Ello puede deberse a un menor aporte de fertilizantes, bien porque el rendimiento sea idóneo, el cultivo sea reciente, o por cogida de la muestra antes del abonado.

#### 10.2.7 Capacidad de cambio

##### a) Descriptiva general

La capacidad de cambio de los suelos está en función del contenido en materia orgánica y en arcilla, con valores que oscilan entre 15 y 33:



	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
			<b>a) Calcisoles pétricos</b>		
NC	16.91	6.127	17.40	3.800	29.50
C	14.46	5.117	16.65	8.400	24.50
			<b>b) Calcisoles háplicos</b>		
NC	19.23	5.395	18.55	13.00	28.50
C	14.11	1.929	13.35	12.40	17.50
			<b>c) Leptosoles</b>		
NC	24.74	7.193	24.80	10.50	42.30
			<b>d) Fluvisoles calcáricos</b>		
NC	12.03	1.457	12.20	10.50	13.40
C	16.54	11.42	13.45	7.100	43.80
			<b>e) Kastanosems pétricos</b>		
NC	16.27	4.657	15.65	11.30	23.50
C	20.85	5.586	20.85	16.90	24.80
			<b>f) Regosoles calcáricos</b>		
NC	16.50	3.253	16.50	14.20	18.80
C	13.01	2.029	12.50	10.70	17.70
			<b>g) Kastanosems cálcicos</b>		
NC	26.15	7.326	24.25	19.80	39.20

#### b) Análisis de la varianza

La capacidad de cambio presenta diferencias significativas por localidades y por tipos de suelo y no son significativas dentro del grupo de CLp en las distintas localidades, independientemente de que se encuentren bajo vegetación natural o cultivados.

- Capacidad de cambio por zonas  $H_0$ : T=LOC

$$X^2(6) = 20.68 \text{ (S.)}$$

$$F(6/112) = 4.02 \text{ (S.)}$$

$$F(6/112) = 2.56 \text{ (S.)}$$

- Capacidad de cambio por tipos de suelo H: T=TS

$$X^2(7) = 18.52 \text{ (S.)}$$

$$F(8/110) = 8.02 \text{ (S.)}$$

$$F(8/110) = 7.67 \text{ (S.)}$$

- Capacidad de cambio en Calcisoles pétricos por zonas  
H<sub>0</sub>: T=LOC

$$X^2(6) = 7.31 \text{ (N.S.)}$$

$$F(6/32) = 1.20 \text{ (N.S.)}$$

- Capacidad de cambio en Calcisoles pétricos no cultivados  
por zonas H<sub>0</sub>: T=LOC

$$X^2(3) = 4.98 \text{ (N.S.)}$$

$$F(4/12) = 0.20 \text{ (N.S.)}$$

- Capacidad de cambio en Calcisoles pétricos cultivados  
por zonas H<sub>0</sub>: T=LOC

$$X^2(5) = 5.28 \text{ (N.S.)}$$

$$F(6/15) = 4.13 \text{ (S.)}$$

c) Contraste de medias

- Capacidad de cambio por zonas LOC H<sub>0</sub>: T=LOC

TS	2	3	4	5	6	7
1	0.0961	0.0334	0.3002	0.0743	0.0577	0.5882
2		0.0104	0.0282	0.0147	0.0091	0.1980
3			0.4398	0.7147	0.8359	0.0396
4				0.6412	0.3725	0.1849
5					0.5781	0.0659
6						0.0353

En cuanto a zonas no se puede establecer una norma a partir de la probabilidad obtenida, ya que se combinan tipos de suelo con valores diferentes de materia orgánica, nitrógeno y arcilla, al igual que una distinta proporción de material litológico, lo que repercute en valores distintos de capacidad de cambio y, consecuentemente, en

una no homogeneidad.

- Capacidad de cambio por tipos de suelo  $H_0: T=TS$

TS	2	3	4	5	7	8
1	0.3589	0.0000	0.9447	0.3988	0.1188	0.0002
2		0.0004	0.5503	0.9041	0.0236	0.0019
3			0.0041	0.0056	0.0000	0.6763
4				0.5814	0.5963	0.0323
5					0.0606	0.0106
7						0.0076

- Capacidad de cambio en Calcisoles pétricos por zonas  
 $H_0: T=LOC$

LOC	2	3	4	5	6	7
1	0.1490	0.8792	0.4196	0.3733	0.2397	0.6764
2		0.0960	0.0449	0.0089	0.0034	0.0569
3			0.5095	0.4902	0.4695	0.7773
4				0.8179	0.8534	0.6964
5					0.9704	0.7563
6						0.7624

- Capacidad de cambio en Calcisoles pétricos sin cultivar  
por zonas  $H_0: T=LOC$

LOC	4	5	6
1	0.9307	0.7244	0.6332
4		0.8124	0.6180
5			0.5659

- Capacidad de cambio en Calcisoles cultivados por zonas  
 $H_0: T=LOC$

LOC	2	3	4	7
1	0.6722	0.6722	0.0656	0.4370
2		0.0960	0.0041	0.0142
3			0.1837	0.4204
4				0.3085

Por tipos de suelo hay grandes similitudes siempre que

el material litológico sea similar y la proporción de materia orgánica tenga valores parecidos.

La probabilidad de semejanza es mayor de 0.05 en todos los Calcisoles pétricos bajo vegetación natural y cultivados, excepto, en ésta última premisa, "El Manzano" con la Sierra del Algaidón y con "La Bermeja", en relación con la arcilla.

#### 10.2.8 Análisis descriptivo y de varianza por tipo de suelo

##### a) Análisis descriptivo

Como puede observarse en la Tabla 10.2, las diversas propiedades o variables estudiadas varían considerablemente, según se trate de un tipo de suelo u otro y del uso del mismo, de tal manera que es previsible se pueda utilizar el valor de alguna de ellas como medida de la intensidad de la degradación del suelo subsiguiente a su puesta en cultivo.

En este sentido, cabe destacar que los Leptosoles y los Kastanosems están mejor provistos en materia orgánica que los suelos de otra tipología y son más favorables las propiedades que más directamente de ello se derivan (N, pH y T), al propio tiempo que contienen menos carbonato cálcico, siendo las diferencias estadísticamente significativas.

##### b) Análisis de varianza

Si se consideran las variables que mayor influencia tienen en la fertilidad del suelo y, consiguientemente, en su capacidad productiva, y se comparan los valores medios en cada tipo de suelo, el resultado (Tabla 10.3) es que las diferencias son, en general, significativas para la materia orgánica y nitrógeno entre los suelos cultivados y no cultivados. El hecho de que estas diferencias no sean

Tabla 10.2: Valores medios de las distintas variables por tipo de suelo

a) No cultivados							
	Calcisol pétrico	Calcisol háptico	Leptosol	Fluvisol	Kastanosem pétrico	Regosol	Kastanosem cálcico
ORG	3.292	2.793	5.552	1.220	4.580	2.713	6.742
N	210.3	177.5	296.7	70.80	263.3	148.3	369.7
CA	46.80	46.69	35.55	57.97	37.03	53.47	37.85
PHO	8.063	7.905	8.020	8.067	8.055	7.883	8.010
PHK	7.384	7.338	7.290	7.433	7.318	7.267	7.330
CE	9.070E-01	7.186E-01	6.182E-01	2.327	6.409E-01	9.083E-01	7.120E-01
K	23.90	21.77	24.27	12.90	26.02	23.93	21.40
NA	9.830	8.329	9.577	14.43	14.51	14.85	14.98
MG	6.651E-01	4.048E-01	1.570	2.333E-01	2.455E-01	1.500E-01	3.700E-01
FE	3.412	5.443	3.960	1.233	2.055	3.717	3.020
CU	1.342	2.262	1.505	1.867	8.273E-01	1.867	1.890
MN	2.602	4.695	5.052	1.500	3.736	2.883	6.730
ZN	7.860E-01	1.243	1.050	8.333E-01	6.727E-01	6.833E-01	1.250
P	9.388	9.500	11.85	8.767	12.68	8.400	17.77
ARC	15.86	20.82	22.53	25.03	17.47	21.63	24.94
LF	25.62	27.82	29.83	28.10	26.34	37.15	27.76
LG	17.63	14.13	15.74	15.93	16.34	15.12	12.87
AMF	13.91	11.70	8.852	10.43	13.96	8.250	10.04
AF	13.39	11.69	9.532	7.800	13.74	7.267	10.71
A	6.921	2.755	5.832	6.433	5.900	4.283	6.050
AG	3.853	1.898	3.822	3.833	3.436	3.183	4.410
AMG	2.986	1.865	3.420	2.333	2.814	3.150	4.130
H	6.581	6.476	7.825	4.667	6.318	7.333	7.100
T	16.91	19.23	24.74	12.03	16.27	16.50	26.15
PRO	4.837	4.667	4.925	4.000	5.000	3.500	4.700

b) Cultivados					
	Calcisol pétrico	Calcisol háptico	Fluvisol	Kastasonem pétrico	Regosol
ORG	2.261	1.658	1.555	4.486	0.965
N	142.9	106.3	115.1	232.1	84.55
CA	54.28	56.64	45.83	41.04	59.64
PHO	8.171	8.144	8.146	8.060	8.100
PHK	7.390	7.444	7.423	7.360	7.375
CE	6.652E-01	7.269E-01	7.246E-01	7.940E-01	6.581E-01
K	14.04	13.38	20.09	21.26	13.10
NA	14.38	13.22	11.65	15.80	21.96
MG	6.071E-01	2.250E-01	2.000E-01	8.000E-02	2.187E-01
FE	2.055	1.837	8.615E-01	9.200E-01	9.375E-01
CU	1.293	1.519	1.431	7.600E-01	1.662
MN	3.107	2.494	3.223	3.240	2.425
ZN	6.452E-01	5.750E-01	7.154E-01	5.800E-01	7.250E-01
P	12.30	12.81	12.11	16.26	9.919
ARC	20.55	22.96	18.16	19.82	23.89
LF	27.97	30.09	28.78	34.02	37.22
LG	15.85	17.02	17.15	16.14	16.94
AMF	11.48	11.54	11.58	9.100	9.237
AF	9.474	8.237	10.75	5.760	5.156
A	6.436	5.356	7.077	5.580	3.212
AG	4.910	3.069	3.723	5.220	2.212
AMG	3.045	2.231	2.169	4.320	1.394
H	6.548	5.750	6.308	7.400	5.563
T	14.46	14.11	16.54	20.85	13.01
PRO	3.714	3.500	2.692	4.000	3.500

Tabla 10.3: Valores medios y análisis de varianza en suelos no cultivados (NC) y cultivados (C)

TU = Tipo de uso; P = Probabilidad; S.E. = Significación estadística

Var.	CALCISOLES PETRICOS			CALCISOLES HAPLICOS			KASTANOSEMS PETRICOS		
	NC	C	ANOVA	NC	C	ANOVA	NC	C	ANOVA
ORG	3.292	2.261	0.0000 (S.)	2.793	1.658	0.0042 (S.)	4.580	4.486	0.9095 (N.S.)
N	210.3	142.9	0.0000 (S.)	177.5	106.3	0.0010 (S.)	263.3	232.1	0.5487 (N.S.)
CA	46.80	54.28	0.0410 (S.)	46.69	56.64	0.0518 (N.S.)	37.03	41.04	0.5432 (N.S.)
ARC	15.86	20.55	0.0000 (S.)	20.82	22.96	0.3686 (N.S.)	17.47	19.82	0.1878 (N.S.)
P	9.388	12.30	0.0811 (N.S.)	9.500	12.81	0.2383 (N.S.)	12.68	16.26	0.5106 (N.S.)
K	23.90	14.04	0.0000 (S.)	21.77	13.38	0.0266 (S.)	26.02	21.26	0.4472 (N.S.)
T	16.91	14.46	0.1814 (N.S.)	10.23	14.11	0.0168 (S.)	16.27	20.85	0.2608 (N.S.)

Var.	FLUVISOLES CALCARICOS			REGOSILES CALCARICOS		
	NC	C	ANOVA	NC	C	ANOVA
ORG	1.220	1.555	0.3535 (N.S.)	2.713	0.965	0.0486 (S.)
N	70.80	115.1	0.0316 (S.)	148.3	84.55	0.0339 (S.)
CA	57.97	45.83	0.0087 (S.)	53.47	59.64	0.1211 (N.S.)
ARC	25.03	18.16	0.0798 (N.S.)	21.63	23.89	0.4352 (N.S.)
P	8.767	12.11	0.6361 (N.S.)	8.400	9.919	0.6172 (N.S.)
K	12.90	20.09	0.2055 (N.S.)	23.93	13.10	0.1906 (N.S.)
T	12.03	16.64	0.3082 (N.S.)	16.50	13.01	0.0730 (N.S.)

significativas en los Kastanosems pétricos puede deberse a que se hayan puesto en cultivo recientemente, ya que tampoco son significativas las diferencias de las otras variables.

Particularmente interesante es la comparación entre los Calcisoles pétricos no cultivados y cultivados, estadísticamente distintos no solamente en su contenido en materia orgánica, sino también en el de nitrógeno, carbonato cálcico, arcilla y potasio asimilable y no así en el de fósforo, tal vez como consecuencia de la persistencia en el suelo de los fosfatos aplicados como fertilizantes. Curiosamente, no existe diferencia significativa en los valores de la capacidad de cambio, posiblemente porque a la par que disminuye el contenido en materia orgánica en los Calcisoles pétricos cultivados aumenta la proporción de arcilla.

Las características macromorfológicas y las condiciones de edafogénesis de los suelos con horizonte petrocálcico parecen sugerir que los Calcisoles pétricos sean el resultado de la degradación de los Kastanosems pétricos como consecuencia de la eliminación de la vegetación natural y su puesta en cultivo, por lo que tiene interés también contrastar las medias de las citadas variables en Kastanosems pétricos bajo vegetación natural y Calcisoles pétricos cultivados, como tipos de suelo con costra caliza y mayor diferencia en el contenido en materia orgánica. Los valores de probabilidad del estadístico t-Student indican que las diferencias entre ambos tipos de suelo son estadísticamente significativas a muy significativas no solamente para la materia orgánica, sino también para el nitrógeno, carbonato cálcico, arcilla y potasio asimilable; nuevamente, las diferencias en el contenido en fósforo y capacidad de cambio carecen de significación estadística.

Aceptando que los Calcisoles pétricos procedan de la degradación de Kastanosems pétricos y tomando como coeficiente de mineralización de la materia orgánica el valor de 0.07 (Lozet y Mathieu, 1990), se calcula que la degradación de estos suelos viene operando desde hace al menos 100 años, teniendo en cuenta que el suelo ha recibido algo de materia orgánica en el transcurso del tiempo y que los Kastanosems pétricos actuales se encuentran bajo una vegetación que representa una degradación con respecto a la potencial.

### 10.3 ANALISIS DISCRIMINANTE

Esta técnica analítica ha sido aplicada a las 240 muestras de suelo (215 de capa arable y 25 de horizontes de superficie) asignándoles su tipología de suelo correspondiente, con el fin de pronosticar la afinidad de las mismas con dos o más tipos de suelos, a partir de la información proporcionada por un conjunto de predictores.

En la Tabla 10.1 (Sección 10.2) aparece la descriptiva general de las 27 variables tomadas en consideración, respondiendo a las claves descritas en la misma Sección.

Para el mejor manejo de la tipología de suelos se les ha asignado una numeración cuya relación es la siguiente:

Tipos de Suelo (TS)	1	Calcisoles pétricos
	2	Calcisoles háplicos
	3	Leptosoles
	4	Fluvisoles
	5	Kastanosems pétricos
	6	Cambisoles cálcicos
	7	Regosoles
	8	Kastanosems cálcicos
	9	Antrosoles áricos



En la Tabla 10.4 aparecen las distintas variables con su índice de discriminación correspondiente, siendo nueve las de mayor significación.

Tabla 10.4: Índice de discriminación

Variable	Índice de discriminación	Variable	Índice de discriminación
CA	7.08	AF	3.63
PHO	1.28	A	2.65
PHK	2.82	AG	1.86
CE	1.01	AMG	2.02
K	1.86	TU	11.40
NA	4.01	LOC	1.86
MG	0.82	H	3.04
FE	1.08	T	0.99
CU	0.54	PRO	14.43
MN	2.01	N	25.95
ZN	1.18	ORG	37.51
LF	4.30	P	1.27
LG	0.87	ARC	4.87
AMF	5.35		

De todas ellas, posteriormente, se han calculado las que son más influyentes, reduciéndose el número a tres: materia orgánica (ORG), arena media fina (AMF) y clase de productividad (PRO) y se ha buscado la combinación lineal óptima de predictores que mejor pronostique el tipo de suelo al que pertenece cada una de las muestras que componen los grupos. Tal combinación, función discriminante o función de clasificación, se da en la Tabla 10.5.

Seguidamente se aplica la ecuación de regresión resultante a cada caso. En cada muestra se determinan la distancia de Mahalanobis de cada puntuación respecto del centroide de cada grupo. Valores bajos de tales distancias se asocian con una alta probabilidad de ser adscrita a un grupo determinado, y por tanto dicha muestra será más afín

al tipo de suelo correspondiente.

Tabla 10.5: Funciones de clasificación

Variable	TS				
	1	2	3	4	5
AMF	0.82667	0.74695	0.60135	0.74024	0.86706
PRO	6.02140	5.98536	6.73010	4.06188	6.57903
ORG	11.10605	9.37309	16.21711	7.89713	14.98144
CONST.	-27.50189	-24.28480	-36.32339	-15.88898	-36.32278
Variable	TS				
	6	7	8	9	
AMF	0.53164	0.56510	0.69495	0.54142	
PRO	6.10443	5.17630	6.17348	6.07069	
ORG	15.41387	6.35851	18.09183	5.73221	
CONST.	-31.36193	-16.38235	-38.10653	-19.01948	

En la matriz de clasificación obtenida (Tabla 10.6) se observa que los Leptosoles (3) que no sean agrupados como tales son mayoritariamente afines a los Cambisoles cálcicos (6) y Kastanosems cálcicos (8), grupos todos ellos caracterizados principalmente por el elevado contenido de materia orgánica y su localización en las sierras, allí donde una importante cubierta vegetal les proporciona abundantes restos orgánicos.

Los Fluvisoles calcáricos (4) que no sean adscritos a su grupo resultan afines a suelos cuyas características definitorias están próximas, como son: poco contenido en materia orgánica, estar cultivados, ser profundos, ocupar posiciones topográficas bajas, es decir, a Regosoles calcáricos (7) y Calcisoles háplicos (2).

Hay Calcisoles pétricos (1) afines a Kastanosems pétricos (5). Ambos ocupan conos aluviales y glacis de acumulación, se presentan bajo una vegetación degradada y abierta o cultivados, algunos de ellos recientemente, por

lo que se puede explicar la afinidad entre algunas muestras de ambos grupos.

**Tabla 10.6: Matriz de clasificación para cada grupo**

TS	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	29.4	25	14	1	9	18	8	0	1	9
2	16.2	10	6	1	6	3	1	0	1	9
3	30.0	1	0	12	0	7	10	0	10	0
4	56.3	0	3	0	9	0	0	1	0	3
5	48.1	3	0	5	0	13	4	0	2	0
6	50.0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
7	13.6	1	2	1	6	0	0	3	0	9
8	50.0	0	0	1	0	3	1	0	5	0
9	00.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>31.3</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>44</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>31</b>

Las variables canónicas determinadas han sido tres. La variable canónica 1 representa la materia orgánica; la variable canónica 2, la arena media fina, y la variable canónica 3, la clase de productividad. En la Tabla 10.7 se dan los autovalores y proporción acumulada de las tres variables canónicas y en la Tabla 10.8 las puntuaciones canónicas estandarizadas de las tres funciones discriminantes, a partir de las cuales se calculan las puntuaciones canónicas para las medias de los nueve grupos (Tabla 10.9).

**Tabla 10.7: Autovalores y proporción acumulada de las variables canónicas**

	Var. can. 1	Var. can. 2	Var. can. 3
Autovalores	1.47999	0.18628	0.07418
Proporción acumulada	0.85035	0.95738	1.00000

**Tabla 10.8: Puntuaciones canónicas estandarizadas**

Variable	Var. can. 1	Var. can. 2	Var. can. 3
AMF	0.00596	0.96099	-0.29523
PRO	-0.36838	0.21456	0.93178
ORG	-0.85608	-0.07138	-0.56158
Constante	5.78357	-3.64484	-1.85022

**Tabla 10.9: Puntuaciones de las variables canónicas**

Grupo	Var. can. 1	Var. can. 2	Var. can. 3
1	0.20213	0.34978	0.02059
2	0.70199	0.09010	0.24809
3	-1.62149	-0.53951	0.09258
4	1.93902	-0.26042	-0.77846
5	-1.14549	0.49198	-0.08214
6	-1.13961	-0.90322	-0.15242
7	1.87752	-0.67151	0.21676
8	-1.90940	-0.34505	-0.52798
9	1.67635	-0.57075	0.85630

Una representación gráfica de dichas puntuaciones en función de las variables canónicas 1 y 2 se da en la Figura 10.1, en la que se distingue la siguiente distribución:

Un primer grupo lo forman Calcisoles pétricos y háplicos. Estos suelos ocupan partes bajas de la ladera, conos aluviales y glacia de acumulación y son el resultado de la degradación de un suelo en el que los procesos edafogenéticos más importantes han sido la humificación y

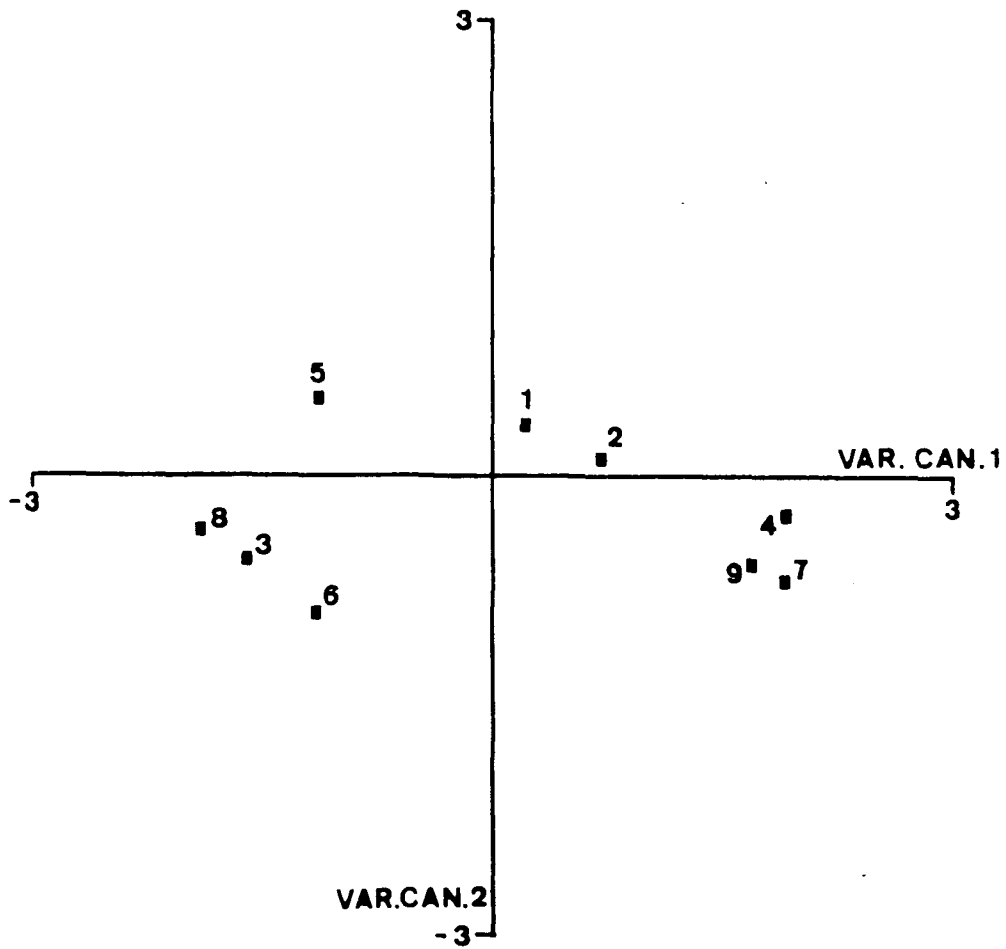


Figura 10.1

Distribución de suelos en el espacio discriminante

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. Calcisoles pétricos  | 6. Cambisoles           |
| 2. Calcisoles háplicos  | 7. Regosoles            |
| 3. Leptosoles           | 8. Kastanosems cálcicos |
| 4. Fluvisoles           | 9. Antrosol             |
| 5. Kastanosems pétricos |                         |

el lavado y acumulación de carbonato cálcico, pero cuyo horizonte A ha sido intensamente perturbado por las labores de cultivo. Se ha roto el equilibrio suelo-vegetación y hay una mineralización de la materia orgánica, con la consiguiente disminución de su contenido.

Los suelos del segundo grupo se localizan en las mismas posiciones topográficas que los anteriores. Se trata de Kastanosems pétricos, cuya diferencia con aquellos radica en poseer un contenido en materia orgánica superior, debido a encontrarse bajo una importante masa de cubierta vegetal o haber sido puestos en cultivo recientemente.

El tercer agrupamiento lo forman Fluvisoles, Regosoles y Antrosoles, suelos formados sobre materiales no consolidados o intensamente perturbados. Se localizan en glaciares y pequeñas depresiones y se encuentran, mayoritariamente, cultivados, lo que conlleva una pérdida de aportes vegetales naturales que repercute en unos bajos contenidos de materia orgánica.

El cuarto y último grupo lo forman Leptosoles, Cambisoles y Kastanosems cálcicos. Se trata de suelos localizados en las sierras bajo una importante cubierta vegetal, que ha hecho de la humificación uno de los procesos determinantes en su génesis.

Tomando como índice de la degradación, las variables discriminatorias, en el sentido de que una disminución de sus valores suponga una degradación más intensa, los suelos menos degradados son los Kastanosems cálcicos, Leptosoles y Cambisoles cálcicos y la degradación se intensifica al pasar a Kastanosems pétricos, Calcisoles pétricos y háplicos, Regosoles calcáricos, Fluvisoles calcáricos y Antrosoles.

#### 10.4 ANALISIS FACTORIAL

En este tratamiento estadístico se han aplicado 27 variables manifiestas u observadas a 240 muestras de suelo (215 de capa arable y 25 de horizontes de superficie), cubriendo las siete zonas de estudio en siete unidades de suelo.

En la Tabla 10.1 (Sección 10.2) aparece la descriptiva general de las variables tomadas en consideración, respondiendo a las claves descritas en la misma Sección.

Los valores de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y arcilla han sido normalizados, según la siguiente transformación:

$$\text{Valor de nitrógeno (N)} = \ln(1 + X)$$

$$\text{Valor de materia orgánica (ORG)} = \ln(1 + X)$$

$$\text{Valor de fósforo (P)} = \ln(1 + X)$$

$$\text{Valor de arcilla (ARC)} = \ln(1 + X)$$

El objetivo que se pretende al aplicar dicho tratamiento es extraer información significativa de una matriz de correlaciones calculada a partir de los datos de un conjunto de variables independientes. Así, se diferencia entre variables manifiestas u observadas, que son las medidas en los sujetos u objetos susceptibles de cuantificación, y variables latentes (factores o variables no observadas), que son las dimensiones subyacentes a las variables manifiestas.

Con todo ello, se trata de averiguar si las interrelaciones entre un conjunto de variables manifiestas son explicables en términos de un pequeño número de variables latentes, no observadas o factores (Everitt y Dunn, 1983), o, lo que es lo mismo, definir variables latentes que expliquen las relaciones lineales entre las variables manifiestas (Mulaik, 1972).

Primeramente, se realiza el estudio de la matriz de

correlación obtenida con las 27 variables aplicadas a las 240 muestras de que se dispone (Tabla 10.10). El resultado es una matriz factorizable, ya que, en la mayoría de las variables, la probabilidad de correlación es alta, si se tiene en cuenta que una  $P < 0.05$  corresponde a una  $r^2 > 0.138$  y que el tanto por ciento de dependencia es igual a  $100 r^2$ . Según la matriz de correlación múltiple de cada variable en función de las demás (Tabla 10.11), la

**Tabla 10.11: Correlaciones múltiples**

Variable	$r^2$	Variable	$r^2$
CA	0.59449	AF	0.92024
PHO	0.58126	A	0.92438
PHK	0.54149	AG	0.88072
CE	0.33007	AMG	0.84975
K	0.57577	TU	0.69136
NA	0.54375	LOC	0.75860
MG	0.35045	H	0.78636
FE	0.53164	T	0.74070
CU	0.74869	PRO	0.56558
MN	0.43857	N	0.88714
ZN	0.72528	ORG	0.90815
LF	0.96430	ARC	0.29921
LG	0.92587	P	0.95812
AMG	0.7768		

probabilidad de correlación es máxima en la mayor parte de las variables, obteniéndose los autovalores, que constituyen la cantidad de varianza explicada por cada uno de los componentes de la matriz.

Para la extracción de factores se ha utilizado el método de análisis de componentes principales (Wilkinson, 1985) factorizando la matriz de correlación. Se trata de encontrar una variable compuesta lineal (variable latente o factor) que tenga la mayor varianza posible bajo la restricción de que la suma de los cuadrados de los valores usados para formar el compuesto sea igual a la unidad (Mulaik, 1972). Cada uno de los componentes principales debe implicar la máxima varianza posible de la matriz de



Tabla 10.10: Matriz de correlación

Var.	CA	PHO	PHK	CE	K	NA	MG	FE	CU	MN	ZN	LF	LC	AMF	AF	AM
CA	1.000															
PHO	0.169	1.000														
PHK	0.382	0.377	1.000													
CE	0.053	-0.181	0.108	1.000												
K	-0.319	-0.253	-0.110	0.096	1.000											
NA	0.060	-0.105	-0.261	-0.240	-0.278	1.000										
MG	-0.256	-0.017	-0.164	-0.093	0.105	-0.027	1.000									
FE	-0.090	-0.063	-0.124	-0.043	-0.131	-0.255	-0.064	1.000								
CU	-0.054	0.044	-0.100	-0.054	-0.203	-0.137	0.160	0.500	1.000							
MN	-0.237	-0.053	0.052	-0.051	0.129	-0.121	0.084	0.132	0.246	1.000						
ZN	-0.081	0.079	0.014	-0.016	-0.248	-0.145	0.085	0.405	0.733	0.359	1.000					
LF	0.140	-0.219	-0.287	0.121	-0.107	0.161	0.024	0.065	0.049	-0.139	-0.017	1.000				
LC	-0.010	0.274	-0.026	0.017	0.108	-0.036	0.073	-0.043	0.082	-0.064	0.010	-0.312	1.000			
AMF	-0.077	0.083	0.065	-0.048	0.251	-0.074	-0.146	-0.006	-0.065	0.066	-0.128	-0.519	0.370	1.000		
AF	-0.204	0.052	0.247	-0.081	0.265	-0.169	-0.166	0.046	-0.082	0.293	0.001	-0.576	-0.113	0.536	1.000	
AM	0.099	0.139	0.420	-0.121	-0.111	-0.197	-0.149	0.037	-0.031	0.194	0.079	-0.484	-0.355	0.038	0.622	1.000
AG	0.213	0.159	0.353	-0.099	-0.174	-0.136	-0.070	-0.046	-0.072	0.118	0.059	-0.299	-0.338	-0.220	0.157	0.726
AMG	0.137	0.114	0.309	-0.061	-0.090	-0.118	-0.054	-0.061	-0.144	0.002	0.095	-0.073	-0.333	-0.304	-0.017	0.462
TU	0.329	0.254	0.100	-0.063	-0.224	-0.154	-0.101	-0.250	-0.069	-0.236	-0.212	0.047	-0.249	-0.021	-0.274	-0.171
LOC	-0.073	0.071	0.045	0.089	-0.224	-0.056	-0.185	-0.101	-0.099	0.237	-0.003	-0.224	-0.045	0.088	0.213	0.078
H	-0.049	0.081	0.006	-0.103	0.056	-0.214	0.125	0.196	0.106	-0.110	0.209	0.143	-0.091	-0.318	-0.241	-0.053
T	-0.449	-0.385	-0.364	-0.128	0.144	0.042	0.228	0.060	0.106	0.088	0.096	0.172	-0.365	-0.246	-0.094	-0.094
PRO	-0.326	-0.075	-0.038	-0.049	0.130	-0.044	-0.140	0.073	0.142	0.208	0.210	-0.036	-0.034	0.183	0.025	0.025
N	0.429	-0.229	-0.086	-0.105	0.221	-0.125	-0.008	0.224	0.052	0.371	0.200	-0.117	-0.238	-0.077	0.189	0.211
ORG	-0.432	-0.152	-0.085	-0.150	0.147	0.090	0.016	0.256	-0.033	0.346	0.239	-0.113	-0.282	-0.143	0.156	0.224
P	-0.031	0.017	0.060	0.140	-0.159	0.101	-0.150	-0.003	-0.070	-0.093	-0.078	0.149	-0.065	-0.268	-0.218	-0.053
ARC	-0.040	-0.095	-0.251	0.019	-0.275	0.217	0.184	-0.078	0.043	-0.163	-0.026	0.177	-0.146	-0.515	-0.607	-0.459

Var.	AG	AMG	TU	LOC	H	T	P	PRO	ORG	P	ARC
AG	1.000										
AMG	0.785	1.000									
TU	-0.073	-0.177	1.000								
LOC	0.064	-0.146	-0.052	1.000							
H	0.139	0.349	-0.162	-0.619	1.000						
T	0.050	0.170	-0.394	-0.136	0.423	1.000					
PRO	-0.026	0.075	-0.637	0.151	0.050	0.219	1.000				
N	0.208	0.282	-0.627	0.056	0.290	0.565	0.457	1.000			
ORG	0.243	0.329	-0.642	0.054	0.325	0.600	0.463	0.924	1.000		
P	0.093	0.131	0.014	0.020	0.149	0.230	-0.091	0.159	0.168	1.000	
ARC	-0.236	-0.226	-0.202	0.093	0.179	0.314	-0.086	-0.098	0.024	0.160	1.000

correlaciones y los componentes tienen que ser ortogonales entre sí. A partir de aquí, se determinan los factores cuyos autovalores representan la cantidad de varianza explicada por el correspondiente componente principal (Tabla 10.12).

Tabla 10.12: Varianza para cada componente de la matriz

Factor	Varianza Explicada	Varianza acumulada	
		Datos	Factores
1	4.6149	0.1709	0.2233
2	3.8806	0.3146	0.4110
3	2.9906	0.4254	0.5557
4	2.3093	0.5109	0.6674
5	1.8291	0.5787	0.7559
6	1.5027	0.6343	0.8286
7	1.3128	0.6830	0.8921
8	1.2087	0.7277	0.9506
9	1.0212	0.7656	1.0000
10	0.8388	0.7966	
11	0.7589	0.8247	
12	0.6988	0.8506	
13	0.6564	0.8749	
14	0.5415	0.8950	
15	0.4772	0.9127	
16	0.3979	0.9274	
17	0.3518	0.9404	
18	0.3269	0.9525	
19	0.2728	0.9626	
20	0.2611	0.9723	
21	0.2452	0.9814	
22	0.1471	0.9868	
23	0.1262	0.9915	
24	0.1012	0.9953	
25	0.0667	0.9977	
26	0.0501	0.9996	
27	0.0112	1.0000	

Al no existir pruebas estadísticas inferenciales que prueben la significación de los autovalores y determinen cuales son los componentes más importantes de un estudio factorial, se han seguido dos de los criterios más utilizados por algunos investigadores:

- "Screen test": Consiste en representar gráficamente el autovalor (ordenadas) para cada componente (abscisa), observando el decrecimiento básico de los primeros componentes respecto a los siguientes.

- Regla de Kaiser (1960): Especifica que se deben seleccionar aquellos componentes cuyos autovalores sean superiores o iguales a 1.000.

Siguiendo a Kaiser, se han seleccionado los primeros 9 componentes que explican, en conjunto, el 100% de la varianza total de la matriz y se han representado siguiendo la regla de "Screen test" (Figura. 10.2). En ella se observa un declive importante a partir del quinto componente, siendo el primero el de mayor pendiente, lo que evidencia que éste es el componente más importante, para explicar las correlaciones de este estudio. A partir del sexto componente, el declive se suaviza y se hace casi paralelo al eje de ordenadas, demostrando que el resto de componentes principales explican una cantidad de varianza significativamente menor que los anteriores.

Obtenidos los componentes principales, se estudia el conjunto de cargas factoriales resultantes para cada una de las variables, para lo cual se realiza sobre la matriz en componentes principales una transformación ortogonal utilizando el modelo de rotación Varimax. En la Tabla 10.13 aparece la matriz de componentes rotada, junto con la cantidad de varianza explicada por cada componente. Las cargas menores de 0.25 han sido reemplazadas por ceros.

El componente 1 tiene cargas muy elevadas y positivas en ORG, N, y T y negativas en CA y TU. En menor influencia aparecen el P y el K. Teniendo en cuenta que los macronutrientes más importantes del suelo y la capacidad de cambio iónico resultan fundamentales a la hora de hablar de la capacidad productiva de un suelo y que en este factor están todos ellos representados positivamente,

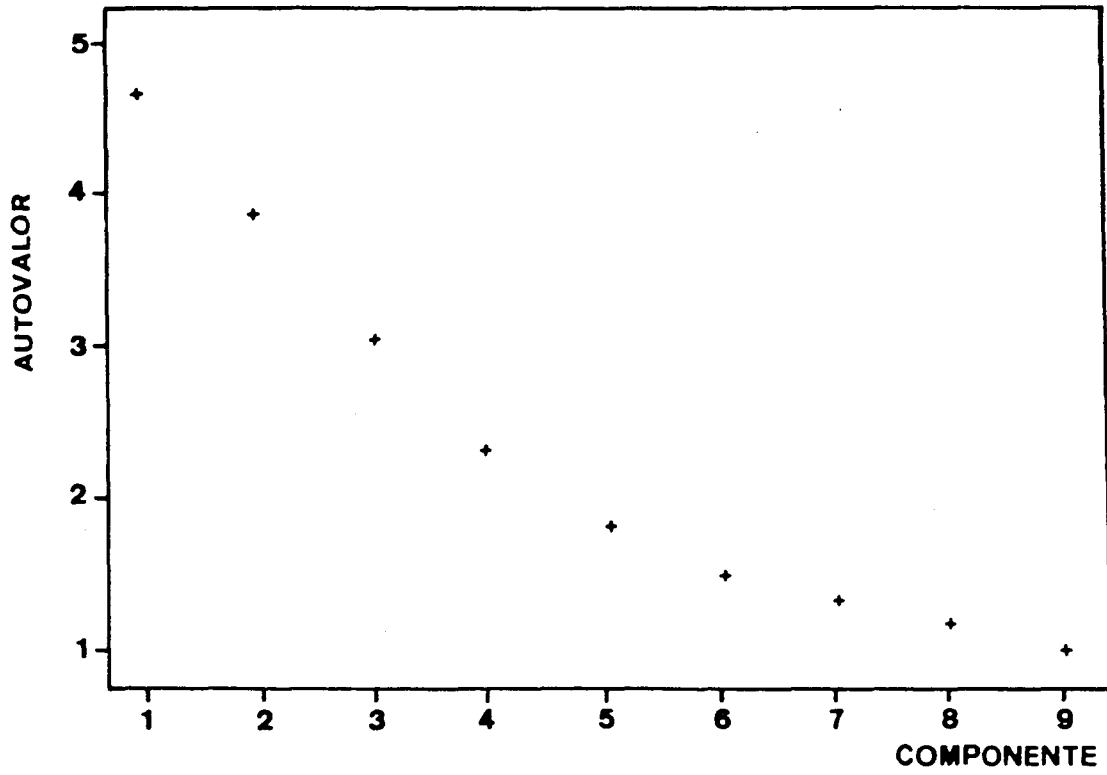


Figura 10.2

Prueba de "Screen test"

Tabla 10.13: Matriz de componentes principales

Var.	FACTORES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CA	-0.729	0.262	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PHO	-0.259	0.000	0.000	0.000	0.000	0.779	0.000	0.000	0.000
PHK	-0.320	0.503	0.000	0.000	0.000	0.412	0.000	0.301	0.000
CE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.777	0.000
K	0.337	0.000	0.441	-0.323	-0.269	0.000	0.000	0.373	0.270
NA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.403	0.000	-0.737	0.000
MG	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.785
FE	0.000	0.000	0.000	0.735	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.254
CU	0.000	0.000	0.000	0.877	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MN	0.326	0.000	0.000	0.371	0.376	0.000	0.000	0.000	0.000
ZN	0.000	0.000	0.000	0.838	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LF	-0.262	0.000	-0.528	0.000	-0.262	-0.506	0.000	0.000	0.000
LG	0.000	-0.521	0.000	0.000	0.000	0.625	0.000	0.000	0.000
AMF	0.000	-0.309	0.790	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AF	0.000	0.000	0.821	0.000	0.299	0.000	0.000	0.000	0.000
A	0.000	0.802	0.436	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AG	0.000	0.917	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AMG	0.000	0.808	0.000	-0.000	-0.261	0.000	0.000	0.000	0.000
TU	-0.456	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.691	0.000	0.000
LOC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
H	0.290	0.000	-0.289	0.000	-0.761	0.000	0.000	0.000	0.000
T	0.739	0.000	-0.359	0.000	0.000	-0.259	0.000	0.000	0.000
PRO	0.265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.853	0.000	0.000
N	0.779	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.376	0.000	0.000
ORG	0.782	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.391	0.000	0.000
P	0.284	0.000	-0.385	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.598
ARC	0.000	0.000	-0.774	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
VP	3.337	3.304	3.207	2.434	2.020	1.767	1.729	1.460	1.411

se le ha denominado factor fertilidad.

El componente 2, que ha obtenido cargas muy elevadas en A, AMG y AG, representa el factor textura gruesa.

El componente 3, con cargas también elevadas en AF, AMF y ARC, representa el factor textura fina.

El componente 4, representa a los elementos asimilables FE, CU, MN, y ZN y se le ha denominado factor oligo-elementos.

El componente 5 es el factor geográfico, al presentar sus valores máximos en H y LOC.

El resto de factores no han sido considerados al explicar un porcentaje de varianza muy bajo.

A partir de la matriz de componentes rotada, se obtienen las puntuaciones factoriales estandarizadas y sus coeficientes para cada uno de los elementos de la matriz original (Tabla 10.14). Estas puntuaciones factoriales, como variables predictoras en una ecuación de regresión múltiple (Kendall, 1961), son exportables a cualquier muestreo sobre suelos calizos, en condiciones climáticas semejantes a las estudiadas, que contemple las variables utilizadas, mediante la fórmula:

$$F_1 = -0.29 \frac{CA - X_{CA}}{\sigma_{CA}} - 0.04 \frac{PHO - X_{PHO}}{\sigma_{PHO}} + \dots + 0.12 \frac{ARC - X_{ARC}}{\sigma_{ARC}}$$

$$\vdots$$

$$F_9 = -0.10 \frac{CA - X_{CA}}{\sigma_{CA}} + 0.01 \frac{PHO - X_{PHO}}{\sigma_{PHO}} + \dots + 0.09 \frac{ARC - X_{ARC}}{\sigma_{ARC}}$$

Si, siguiendo a Kaisser, las correlaciones entre las variables incluidas en este estudio pueden explicarse a partir de nueve componentes principales, con el fin de estudiar la degradación del suelo como consecuencia de la pérdida de fertilidad y su relación con la textura, se considera oportuno hacer una representación gráfica por zonas utilizando las puntuaciones de los factores 1 y 2

Tabla 10.14: Matriz estandarizada de componentes principales

Var.	FACTORES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CA	-0.28796	0.09071	-0.01775	0.02971	-0.07692	-0.05748	0.12853	-0.01790	-0.10270
PHO	-0.04589	0.01923	-0.06838	-0.00337	-0.02549	0.47128	0.14232	-0.07051	-0.01062
PHK	-0.11790	0.13189	-0.03179	-0.04307	0.00904	0.21164	0.14455	0.19145	-0.03274
CE	-0.06105	-0.04068	-0.09861	-0.03080	0.10708	-0.08529	0.04657	0.55742	-0.07958
K	0.10951	-0.05986	0.15886	-0.15599	-0.15880	-0.09768	-0.05739	0.23613	0.16052
NA	-0.04709	-0.04276	-0.00608	-0.07589	0.03317	-0.06232	0.10649	-0.50543	-0.08809
MG	0.02765	0.04531	-0.12123	-0.03528	0.00652	0.07750	0.00326	0.04294	0.57871
FE	0.01261	-0.06200	0.10457	0.33357	-0.10260	-0.10992	-0.09128	0.00371	-0.23732
CU	-0.03755	-0.02869	-0.01099	0.37875	0.00640	-0.00852	-0.06794	-0.00376	0.07540
MN	0.09918	0.05413	0.01090	0.14450	0.21420	-0.04575	-0.09830	0.07355	0.15916
ZN	-0.04299	0.01738	-0.04345	0.34000	0.03896	0.04938	0.04636	0.01201	0.05570
LF	-0.20830	-0.05131	-0.11002	0.02770	-0.10557	-0.27010	0.23093	0.01856	-0.06418
LG	0.07843	-0.19961	0.03842	-0.00749	-0.08210	0.39579	-0.02247	0.04434	-0.03685
AMF	0.03049	-0.14038	0.27427	-0.00822	-0.05047	0.08081	-0.02593	-0.07222	-0.10419
AF	0.02557	0.04718	0.25283	0.01131	0.08065	-0.08144	-0.02447	-0.04630	-0.00187
A	0.01223	0.25596	0.12168	0.03967	0.04722	-0.09912	-0.14489	-0.03601	0.05024
AG	0.02342	0.30246	-0.03025	-0.00946	0.03128	-0.00708	-0.12242	-0.01441	0.06833
AMG	-0.02405	0.24596	-0.05213	-0.06618	-0.11648	0.03148	0.07796	-0.00016	0.01814
TU	0.00893	0.02686	-0.04139	0.01471	0.03135	0.04763	-0.40092	-0.03769	0.03409
LOC	0.05516	0.00036	-0.11818	-0.01892	0.47782	0.07407	0.04181	0.07268	-0.05577
H	0.08314	0.03565	-0.04983	0.02903	-0.36000	0.14251	-0.00914	0.04529	-0.02515
T	0.25723	0.02065	-0.09160	-0.02554	-0.03731	-0.05991	-0.13546	-0.03311	0.03486
PRO	-0.10350	-0.06068	-0.04618	-0.05562	0.04070	0.12267	0.62102	-0.05185	0.08054
N	0.21996	0.01071	0.02022	-0.00170	-0.00863	0.03469	0.07754	-0.01799	-0.15056
ORG	0.21828	0.02691	-0.00716	0.00117	-0.00415	0.06389	0.09378	-0.05777	-0.14036
P	0.19894	-0.02858	-0.13008	-0.04770	0.02921	0.16000	-0.12806	0.09411	-0.43342
ARC	0.12344	-0.01924	-0.27882	-0.02043	0.16774	0.07138	-0.14822	0.01094	0.09333

(Figuras 10.3 a 10.6).

En la zona 1: Sierra del Madroño (Figura 10.3), los Leptosoles y Kastanosems, que tienen un factor 1 positivo más elevado, son los que tienen más materia orgánica, se localizan en la sierra, con textura franca y una vegetación potencial de *Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae daphnetosum gnidii* y *Quercetum rotundifoliae arenarietosum intricatae*. Dicho factor es mayor para aquellos suelos que se encuentran en zonas de umbría y a mayor altitud, disminuyendo en los suelos más próximos al piedemonte, conforme lo hace la cubierta vegetal.

En Calcisoles, pétricos y háplicos, no cultivados, el factor 1 sigue las mismas tendencias. Los situados en el glacis-cono presentan valores mayores del factor fertilidad natural, con una vegetación de matorral y espartal que aporta una abundante materia orgánica, directamente incorporada al suelo y una relación C/N baja. Cuando estos Calcisoles son puestos en cultivo, el factor 1 se hace negativo, como consecuencia de la disminución del contenido en materia orgánica y nutrientes y un aumento considerable del contenido en carbonato cálcico, que bajo la forma de horizonte petrocálcico u horizonte cálcico, respectivamente, caracteriza estos suelos localizados igualmente en el glacis de acumulación.

Los Regosoles, localizados en el glacis de erosión, presentan un factor fertilidad natural negativo. Son éstos suelos con un elevado contenido en carbonato cálcico, con malas propiedades físicas, poca materia orgánica y, en su mayor parte, cultivados. Ahora bien, si se encuentran bajo vegetación natural y con textura más gruesa, el factor fertilidad mejora y llega a hacerse positivo.

Por último, los Fluvisoles tienen todos una productividad negativa. Son suelos formados por aporte de



LEYENDA GENERAL

● CLp

● FLc

● KSp

● CLh

○ RGc

● KSc

● LP

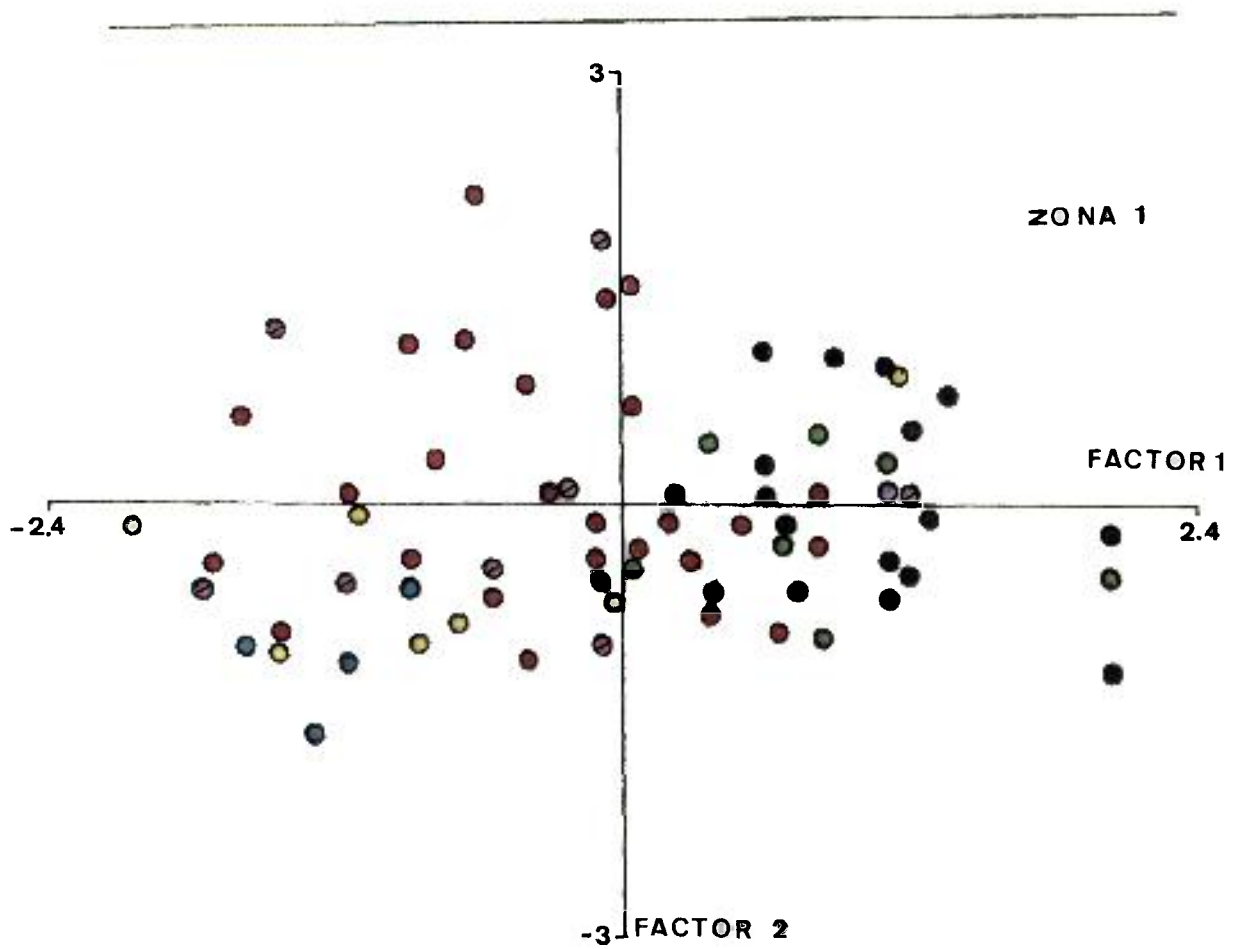


Figura 10.3

Puntuaciones factoriales

Zona 1: Sierra del Madroño

margas, muy ricos en carbonato cálcico y con textura franco-limosa, que se encuentran alejados de la sierra y, por tanto, no reciben materiales ricos en materia orgánica procedentes de la erosión de los horizontes bien humificados de la misma, por lo cual, el contenido en materia orgánica originalmente es muy bajo y se ha agudizado con el aumento de la velocidad de mineralización por cultivo.

En la zona 2: "El Manzano" (Figura 10.4A), la distribución de grupos de suelos respecto al factor 1 y 2 es similar a la zona anterior. En este caso, dada la similitud en cuanto a posición topográfica y materiales a partir de los cuales se forman los Kastanosem pétricos y Calcisoles pétricos, se pone de manifiesto que la diferencia de pérdida de fertilidad natural de los Calcisoles pétricos es debida a cambios de vegetación y subsiguiente puesta en cultivo de los mismos.

En la zona 3: Muela de Codofñas (Figura 10.4B), la distribución de grupos es igual que en las zonas anteriores. La mayor parte de los suelos están cultivados y es clara la disminución de fertilidad en todos ellos.

En la zona 4: Sierra del Algaidón (Figura 10.5A), los Leptosoles, Kastanosems pétricos y Calcisoles pétricos y háplicos que se encuentran bajo una vegetación predominante de *Pinus halepensis* con un matorral de *Rosmarinus officinalis*, *Cistus sp. pl.*, *Helianthemum sp. pl.*, *Thymus funkii* y *Sideritis leucantha subsp. bourgaeana*, son los de mayor factor de fertilidad natural. Sobre la mayor superficie de Calcisoles aparece el ancestral cultivo del esparto, lo que es interesante para indicar que bajo este cultivo el fenómeno de degradación no se presenta, ya que debido a la gran densidad de enraizamiento se incorpora abundante materia orgánica al suelo, mejorando sus características.

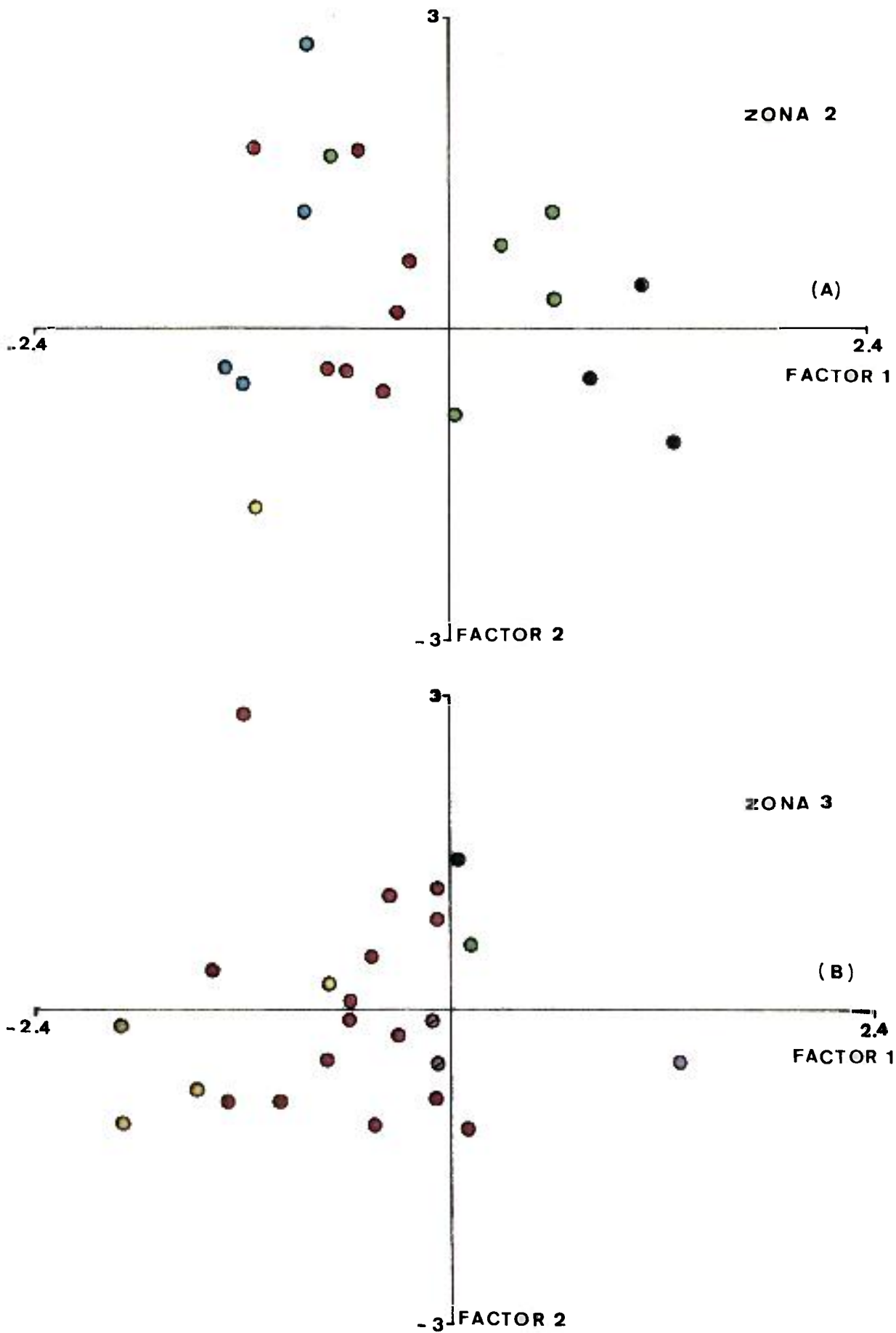


Figura 10.4

Puntuaciones factoriales

(A) Zona 2: "El Manzano". (B) Zona 3: Muela de Codoñas

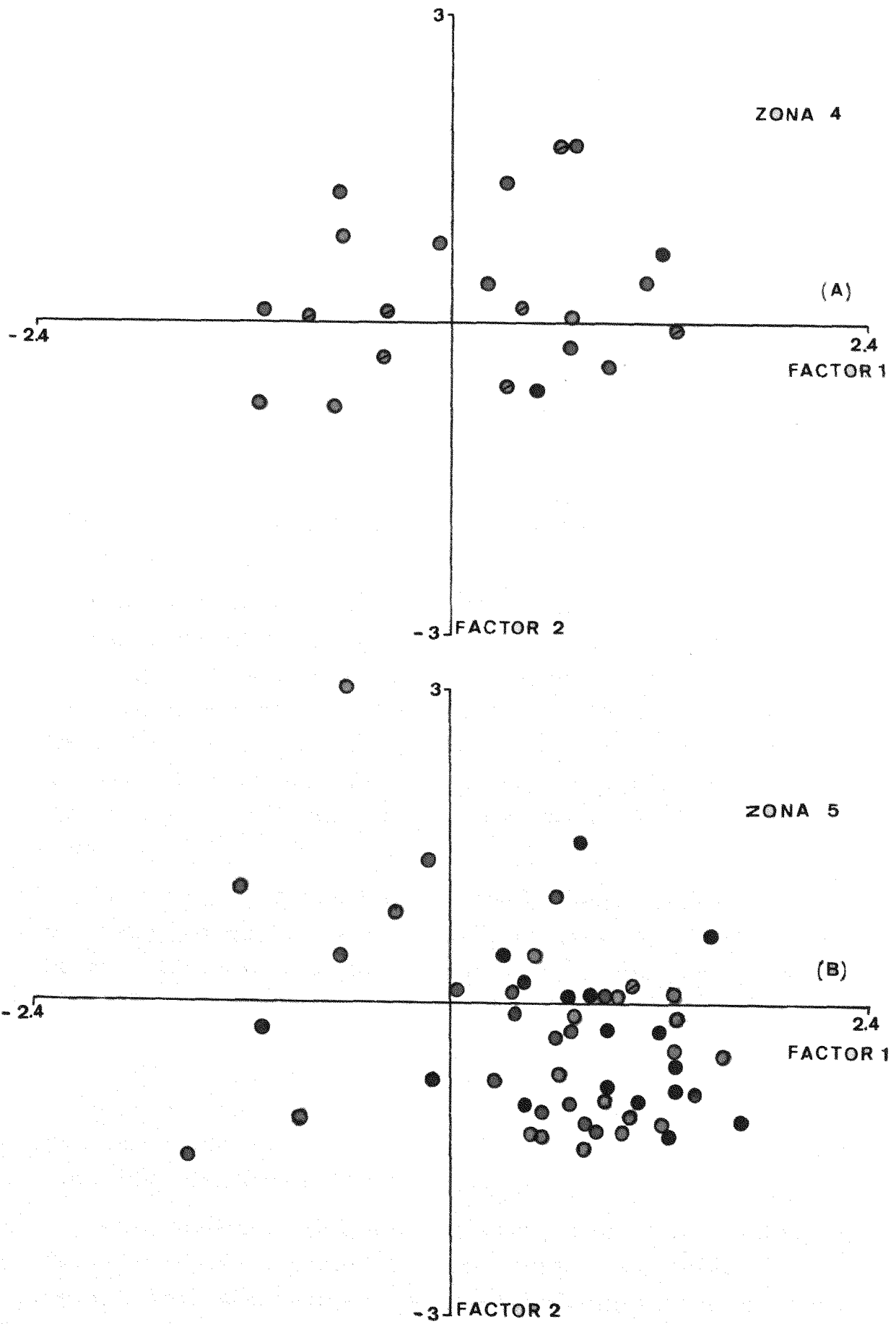


Figura 10.5

Puntuaciones factoriales

(A) Zona 4: Sierra del Algaidón. (B) Zona 5: Sierra de Benís

Igual que en zonas anteriores, la puesta en cultivo disminuye el factor 1, llegando a ser negativo, como sucede en los Calcisoles pétricos y háplicos, y en los Fluvisoles.

En la zona 5: Sierra de Benís (Figura 10.5B), la fertilidad natural de los suelos es mayor. Son pocos los suelos dedicados a cultivo y la vegetación potencial es densa y se corresponde con el coscojar (*Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae daphnetosum gnidii*) y con el sabinar (*Rhamno lycioidis-Juniperetum phoeniceae*), acompañados de matorrales, pastizales y espartales; por ello, la distribución mayoritaria de los suelos se encuentra en el factor 1 positivo.

En la zona 6: Sierra de Cejo Cortado (Figura 10.6A), la mayor densidad de suelos se encuentran cultivados. Los Calcisoles pétricos y háplicos presentan niveles bajos de fertilidad natural, como consecuencia de la disminución de la cubierta vegetal. En los Regosoles se suma el tratarse de suelos margosos finos y con abundantes carbonatos, dando como resultado los suelos menos fértiles de esta zona.

Por último, en la zona 7: "La Bermeja" (Figura 10.6B), el comportamiento general es similar. En este caso y puesto que los factores de formación del suelo, clima, topografía y material litológico, son similares, se puede comparar claramente la fertilidad en Kastanosems y Calcisoles, apreciándose que los suelos que se encuentran en cultivo son los que tienen un factor 1 negativo, por lo que se puede considerar que los Calcisoles se originan como degradación de los Kastanosems.

En resumen, podemos afirmar que los suelos no degradados son aquellos que tienen un mayor factor fertilidad, derivado de una cubierta vegetal no degradada y abundante, constituida por coscojar (*Rhamno-Quercetum*

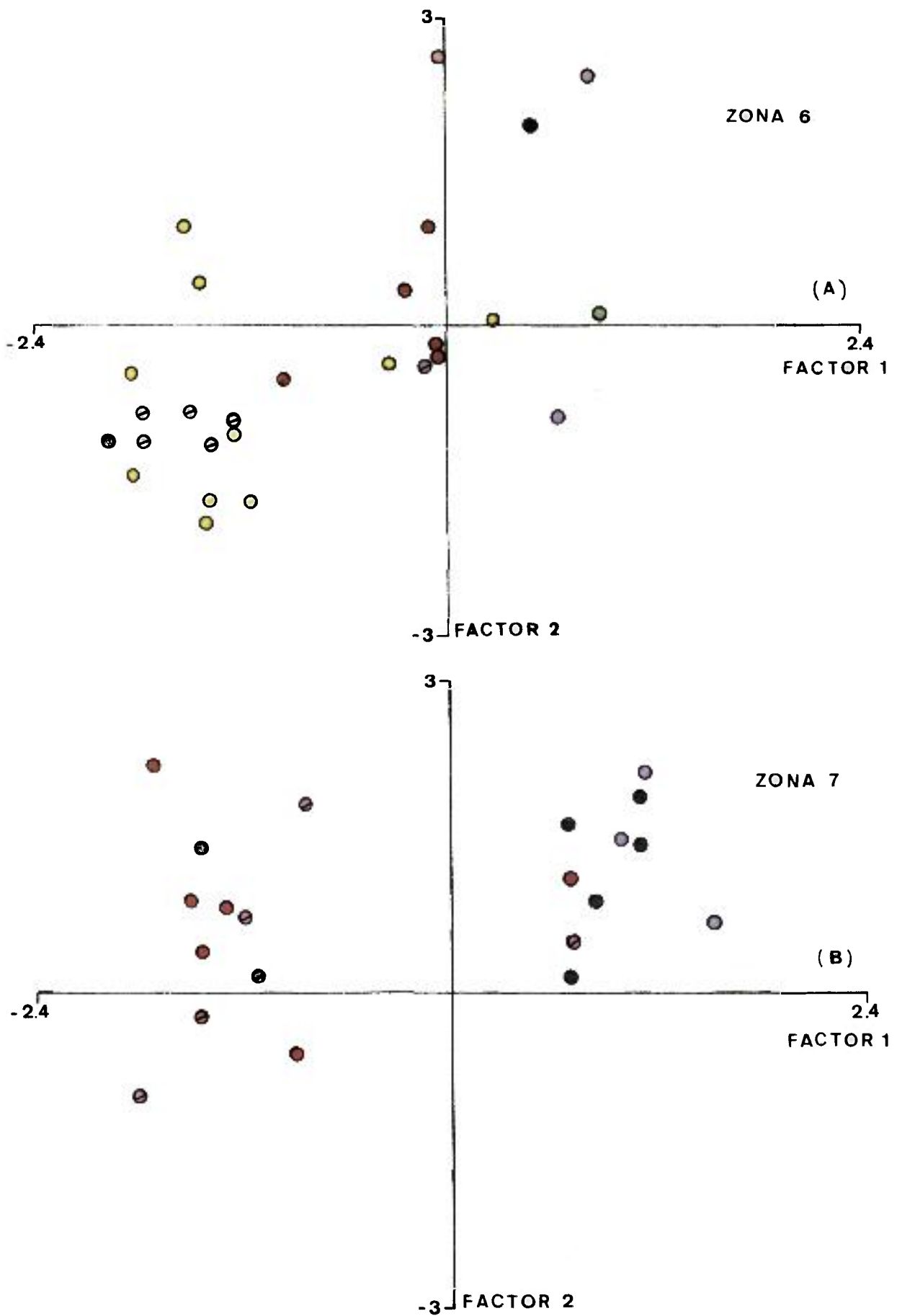


Figura 10.6

Puntuaciones factoriales

(A) Zona 6: Sierra de Cejo Cortado. (B) Zona 7: "La Bermeja"

*cocciferae daphnetosum gnidii*), retamar (*Genistetum valentinae*), sabinar (*Rhamno lycioidis-Juniperetum phoeniceae*) y carrascales (*Quercetum rotundifoliae arenarietosum intricatae*), combinados con matorrales, espartales, tomillares y pastizales.

Si los suelos se someten a cultivo de espartales, no pierden su capacidad de producción, pero cuando el tapiz vegetal disminuye y es sustituido por cultivos que no aportan la suficiente materia orgánica para mantener el equilibrio ecológico, tales como cereales, almendros, vid, y olivo, se produce una disminución considerable en la fertilidad de los mismos y un aumento paralelo de su proclividad a la degradación.

Este problema se agrava en aquellos casos en que el material original es margoso y con alto contenido en carbonato cálcico en las fracciones más finas.



# CAPITULO 11



## CONCLUSIONES

Tras la realización del estudio del soporte físico sobre el que se desarrolla el fenómeno de degradación en los suelos, de las observaciones de campo y de los resultados y consideraciones anteriormente expuestos, se desprenden las siguientes conclusiones:

1.- A partir de los valores de precipitación y de temperatura se estima que los suelos tienen un régimen de humedad arídico y un régimen de temperatura térmico.

2.- La vegetación potencial predominante corresponde a la asociación *Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae*, con algunos enclaves de *Rhamno lycioidis-Quercetum rotundifoliae*, en las zonas más umbrías y frescas, y de *Rhamno lycioidis-Juniperetum phoeniceae*, en las más rocosas, sobre Leptosoles.

Son frecuentes las repoblaciones con pino carrasco (*Pinus halepensis*) y generalmente intensa la degradación de la vegetación potencial, con desarrollo de matorrales de diversas asociaciones (*Teucro webbiana-Helianthemetum organifolii*, *Saturejo-Cistetum albidii*, *Helictotri-*

*cho-Stipetum tenacissimae*, *Plantagini-Capparidetum siculae*, etc). y alianzas (*Thymo-Siderition leucanthae*, *Siderition bourgaeanae*, *Siderition leucanthae*, *Stipion tenacissimae*, *Echinopartion boissieri*), así como de pastizales con abundante *Brachypodium retusum*. En los cultivos prosperan diversas especies de las alianzas *Hordeion leporini*, *Secalion cerealis*, *Diploaxidion eruroidis*, etc.

3.- En cuanto a la geomorfología, se observa que en las sierras son mayoritarios los procesos de carácter físico-mecánico, con un predominio de la erosión frente a la acumulación. En el modelado de laderas se distinguen derrubios de vertiente y conos aluviales.

Entre los relieves, la morfología más común son superficies de glacis. Desde el punto de vista funcional y atendiendo a condiciones de aluvionamiento, se diferencian glacis-cono, glacis de acumulación y glacis de erosión.

4.- La abundancia de carbonatos ha condicionado el desarrollo de los suelos, siendo la redistribución de éstos y la cementación por los mismos el principal proceso edafogenético, además de la humificación de los suelos con vegetación.

En conjunto, los suelos presentan un humus de tipo mull calizo, tienen un contenido en carbonato cálcico equivalente superior al 40%, pH neutro a alcalino y la conductividad eléctrica del extracto de saturación no presenta valores relevantes, con cifras inferiores a los 2 dS.m<sup>-1</sup>.

Como unidades de suelos, se han caracterizado Leptosoles, Kastanosems, Calcisoles, Regosoles y Fluvisoles, que, según su proporción relativa, configuran

distintas unidades cartográficas.

5.- Existe una clara relación entre las unidades edafológicas y las geomorfológicas:

En las cumbres y laderas de pendiente superior al 35% aparecen Leptosoles (LP), suelos poco evolucionados, con horizonte A móllico (Leptosoles réndricos, LPk) u ócrico (Leptosoles eútricos, LPe). Cuando la profundidad es menor de 10 cm., son Leptosoles líticos (LPq).

Al descender en la ladera y en pedientes superiores al 15%, bajo una importante cubierta vegetal que favorece la formación de epipedón móllico, y contando con la presencia o no de horizonte diagnóstico de acumulación de carbonato cálcico, los suelos que se originan son Kastanosem cálcico (KSk) y Leptosol réndrico (LPk), respectivamente. Cuando los aportes orgánicos disminuyen, el epipedón pasa a ser ócrico y, en presencia de horizonte diagnóstico cálcico, aparecen los Calcisoles háplicos.

En conos aluviales, glacis-cono y glacis de acumulación, la formación de un horizonte petrocálcico bajo epipedón móllico u ócrico, determina la aparición de los Kastanosems pétricos (KSp) y Calcisoles pétricos (CLp), respectivamente. En el glacis de erosión, aparecen Regosoles calcáricos (RGc). Ocupando cañadas y antiguos cauces fluviales, se localizan los Fluvisoles calcáricos (FLc).

6.- La productividad de los suelos viene limitada con caracter general por la escasez de humedad en la zona radicular y, además, por otros diversos factores tales como la profundidad (Calcisoles pétricos, Kastanosems pétricos y Leptosoles), la pedregosidad (Calcisoles pétricos y Leptosoles), la estructura (Regosoles calcáricos) y muy frecuentemente el bajo contenido en materia orgánica (Calcisoles pétricos, Calcisoles

háplicos, Fluvisoles y Regosoles).

7.- Los distintos tipos de suelos presentan valores de su contenido en materia orgánica, nitrógeno, arcilla, carbonato cálcico, fósforo asimilable, potasio asimilable y capacidad de cambio, cuyas diferencias son significativas.

8.- En los Calcisoles pétricos, que son los suelos más abundantes y en los que fundamentalmente se centra este estudio, existen diferencias estadísticamente significativas entre los cultivados y no cultivados en su contenido en materia orgánica, arcilla y carbonato cálcico, pero no así en los macronutrientes NPK, tal vez por influencia de la fertilización y extracción por los cultivos, así como tampoco en la capacidad de cambio.

9.- Los Calcisoles pétricos dedicados a un mismo uso son muy similares, de tal manera que no presentan diferencias significativas en los valores medios de las principales variables.

10.- Los resultados obtenidos apuntan a que los Calcisoles pétricos son el resultado de la degradación de los Kastanosems pétricos que viene operando al menos durante los últimos 100 años, como se desprende de la disminución experimentada por su contenido en materia orgánica.

11.- El análisis discriminante adscribe cada una de las muestras estudiadas a uno de los siguientes grupos de suelos: 1) Kastanosems cálcicos, Leptosoles y Cambisoles; 2) Kastanosems pétricos; 3) Calcisoles pétricos y háplicos, y 4) Regosoles, Fluvisoles y Antrosoles, siendo las variables discriminatorias el contenido en materia orgánica, la textura y la clase de productividad, de las

que las dos primeras tienen un mayor peso específico.

La intensidad de la degradación se corresponde con el orden en que se citan los cuatro grupos de suelos y su manifestación más destacable es la disminución en el contenido en materia orgánica.

12.- Las interrelaciones existentes entre las 27 variables seleccionadas, estudiadas mediante análisis factorial, se explican con nueve componentes principales, de los que el más importante es el factor fertilidad, que viene representado por la materia orgánica, nitrógeno, capacidad de cambio, carbonato cálcico, tipo de uso, fósforo y potasio, y que disminuye a medida que aumenta la degradación del suelo. La matriz estandarizada hace exportables los resultados a ambientes edáficos similares a los estudiados.

13.- Los suelos menos degradados ocupan laderas de sierra, conos aluviales y glacis de acumulación, bajo una vegetación de coscojar, carrascal o matorrales diversos, mientras que los más degradados se localizan principalmente en los glacis de erosión y soportan cultivos de cereales, almendros y vid.

14.- La disminución del contenido en materia orgánica, debido a la roturación y arado repetido que conlleva la puesta en cultivo y la consiguiente disminución de los aportes de restos vegetales da como resultado la degradación de la estructura del suelo, pérdida de productividad y consiguiente desertificación progresiva.

# CAPITULO 12

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Ruiz, J. y Ortiz Silla, R. (1992). Metodología de capacidad de uso agrícola de suelos. *III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo* (en prensa),
- Albaladejo, J., Ortiz Silla, R., y Martínez-Mena. (1988). Evaluation and mapping of erosion risks: an example from S.E. Spain. *Soil Technology*, 1, 77-87.
- Alcaraz, F; Diaz, T.E.; Rivas-Martínez, S. y Sánchez-Gómez, P. (1989): Datos sobre la vegetación del sureste de España: provincia biogeográfica Murciano-Almeriense. *Itinera Geobot.*, 2, 5-133.
- Alcaraz, F. (1990). *Diagramas bioclimáticos*. Departamento de Botánica. Universidad de Murcia.
- Alcaraz, F., Sánchez-Gómez, O., De la Torre, A., Ríos, S. y Alvarez, J. (1991). Datos sobre la vegetación de Murcia. Diego Marín edit., Murcia.
- Alías, L.J., Ortiz, R., Hernández, J., Martínez, J., y López, L. (1986a). Proyecto LUCDEME. *Mapa de Suelos E.1:100000 Mula* (912). Minist. Agric., Pesca y Alim.-

Univ. Murcia, 1-130.

- (1986b). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Cieza (891). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- (1986c). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Jumilla (869). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- (1986d). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Calasparra (890). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- (1987a). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Coy (932). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- (1987b). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Cehegín (911). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- (1988a). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Lorca (953). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- (1988b). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Puerto Lumbreras (975). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- (1989a). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Aguilas (997)-Cope (997bis). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.

Alias, L.J; Ortiz, R.; Sánchez, A.; Linares, P.; Martínez, J. y Marín, P. (1990a). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Zarcilla de Ramos (931). Minist.



- Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- (1990b). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Alcantarilla (933). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
  - (1991). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Caravaca (910). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- Alias, L.J. y Martínez, J. (1991). Posible catena potencial de suelos en las Sierras de Orce y María. *Suelo y Planta*, 1, 663-678.
- Alias, L.J.; Ortiz, R.; Sánchez, A.; Linares, P.; Martínez, J. y Marín, P. (1992). Proyecto LUCDEME. Mapa de Suelos E.1:100000 Totana (954). Minist. Agric., Pesca y Alim.-Universidad de Murcia, 1-130.
- Anne, H. (1945). *Dosage du carbone organique*. *Ann. Agron.*, 2, 161-172.
- Ato, M., López, J.A., Velandrino, A. y Sánchez, J. (1990). *Estadística avanzada con el paquete SYSTAT*. Vols. 2 y 3. Universidad de Murcia.
- Azema, J., Foucault, A., Fourcade, E., García-Hernández, M., González, J.M., Linares, D., López Garrido, A.C., Rivas, P., y Vera, J.A. (1979). *Las microfacies del Jurásico y Cretácico de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada, 99.
- Baena, J. y Jérez, L. (1982). Síntesis para un ensayo paleogeográfico entre la Meseta y la Zona Bética, s.str. *Colección Informe, IGME*, 256.

- Bagnouls, F. y Gausson, H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bull Soc Hist Nat Toulouse*, 88, 193-239.
- Beaudet, G. y Laouina, A. (1989). Le contexte géomorphologique des encroutements calcaires generalisés; le cas du Maroc nord-oriental. *Méditerranée*, 2.3,
- Bernard, M. y Icole, M. (1984). Les relations Pedologie-Geomorphologie-Geologie du Quaternarie. Apports reciproques. *Livre Jubilaire Du Cinquantenaire, Assoc Franc pour l'Etude du Sol*, 141-152.
- Bertrand, M. y Kilian, W. (1989). Etudes sur les terrains secondaires et tertiaires dans les provinces de Granada et Málaga. *Mem. Ac. Sc. Paris Mission D'Andalusien*, 30, 378-582.
- Birkeland, P.W. (1974). *Pedology weathering and geomorphological research*. Oxford University Press, New York.
- (1984). *Soils and Geomorphology*. Oxford University Press, New York, 285.
- (1985). *Soil and Geomorphology*. Oxford University Press, New York.
- Birot, P. y Dresch, J. (1966). Pédiments et glacis dans l'Ouest des Etats-Unis. *Annales de Géographie.*, LXXV, 513-552.
- Birot, P. y Solé Sabaris, (1980). Morfologia du Sudet de l' Espagne. *Revue Geographique des Pyréné et du Sud-Ouest*, XXX, 273.
- Blumenthal, M (1927). Versuch einer tektonischen gliederung der Betischen Cordilleren von Central und

- Sudwest Andalusien. *Edl. Geol. Helv.*, 20, 487-592.
- BMDP (1986): *Statistical software, Inc.* Vol. 1 y 2. Los Angeles.
- Boardman, J. (ed.) (1985). *Soil and Quaternary Landscape Evolution*. Wiley, Chichester.
- Bolós. O. de (1957). De vegetazione valentina. I. *Collect. Bot.*, 5, 527-596.
- Boluda, R., Andreu, V., Moraleda, M., y Sánchez, J. (1980). Factores ecológicos (geología, vegetación y clima) de la comarca La Plana de Requena-Utiel (Valencia): I Relaciones suelo-material de origen. *Anales de Edafología y Agrobiología*, XLVII, 5-6.
- Boluda, R., Moraleda, M., Andreu, V., y Sánchez, J. (1988). Aplicación de la metodología de la cartografía básica a la comarca La Plana de Requena-Utiel (Valencia). *Anales de Edafología y Agrobiología*, XLVII, 7-8, 1075-1089.
- Boulaine, J. (1956). Remarques sur l'utilisation réciproque des méthodes de la Geomorphologie, de la Geologie et de la Pedologie. 6 *Congr. Int. Ciencia del Suelo*, Paris.
- Bower, C.A. y Wilcox, L.V. (1965). Soluble salts. En C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis*. Amer. Soc. Agronomy. Inc., Madison, wis, 2, 933-940.
- Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume, 820 p. Madrid.
- Bridges, E.M. y Davidson, D.A. (1982). *Principles and Applications of soil geography*. Longman, New York, 297.

- Brullo, S. y Marceno, C. (1985). Contributo alla conoscenza della vegetazione nitrofila della Sicilia. *Colloques Physociol.*, 12, 23-148.
- Buttler, B.E. (1982). A new system for soil studies. *J. of soil Sci*, 33, 581-595.
- Butzer, K.W. (1964). Pleistocene Geomorphology and Stratigraphy of the Costa Brava Region (Catalonia). *Akad. d. Wiss. u Lit., Abh. d. Math. Nat. Klasse*, Jg. 1.
- Cailleux, A. y Tricart, J. (1959). *Initiation a l'etude des sables et des galets*. Centre de Documentation Universitaire, Paris, I,II,III, 369.
- Capel Molina, J.J. (1981). *Los climas de España*. Oikos-Tau, Barcelona, 293 .
- Carral, P., Gallardo, J., y Hoyos, M. (1987). Relación entre unidades geomorfológicas y suelos en el Cuaternario de la Región de Madrid. *Cuaternario y Geomorfología*, 1 (1-4), 77-87.
- Catt, J.A. (1986). *Soils and Quaternary Geology: A handbook for field scientist*. Clarendon Press, Oxford.
- Chapman, H.D. (1965). Cation exchange capacity. En C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis*. Amer. Soc. Agronomy Inc, Madison, wis, 2, 891-900.
- Chesworth, W. (1973a) The parent rock effect in the genesis of soil. *Geoderma*, 10, 215-225.
- (1973b) The residua system of chemical weathering: A model for the chemical breackdown of silicate rocks at the surfase of the earth. *J. Soil Sci.*, 24, 69-81.

- CNRS, (1976). *Legende pour la Carte Geomorphologique de la France au 1:50000*. 69, Paris.
- Conacher, A.J. y Dalrymple, J.B. (1977). The nine unit landsurface model: An approach to pedogeomorphic research. *Geoderma*, 18, 1-154.
- Conesa, C. (1990). Terrazas aluviales de la rambla del Portús (Franja Costero-Meridional de la Provincia de Murcia). *Papeles de Geografía*, 16, 35-57.
- Daniels, R.B., Gamble, E.E., y Cady, J.G. (1971). The relation between Geomorphology and Soil Morphology and Genesis. *Advances in Agronomy*, 23, 1-51.
- Dantín, J. y Revenga, A. (1940). Una nueva relación climatológica: el índice termopluviométrico. Avance al estudio de la aridez en España. *Asociación española para el progreso de las Ciencias*. Congreso de Zaragoza.
- De Martonne, E. (1926). L'indice d'aridité. *Bull. Ass. Geogr. France*, 9, 3-5. Paris.
- Duchaufour, Ph. (1970). *Precis de Pedologie*. Masson & Cie, Paris, 481.
- (1984). *Edafología. I. Edafogénesis y clasificación*. Masson, S.A., Barcelona. 493.
- Dumas, B. (1967). Place y signification des glacis dans le Quaternaire. *Bull. Ass. Geogr. France l'étude du Quat.*, 3, 1-24.
- Elizalde, G. y Jaimes, E. (1989). Propuesta de un modelo pedogeomorfológico. *Rev. Geogr. Venezolana*, XXX, 5-35.

Emberger, L. (1955). Une classification biogeographique des climats. *Rev. trav. lab. bot. geol. zod. fac. sci.*, 7, 3-43.

ENADIMSA, (1974a). *Mapa Geológico de España*, escala 1:50000, Cehegin (911). Madrid.

- (1974b). *Mapa Geológico de España*, escala 1:50000, Calasparra (890). Madrid.

- (1974c). *Mapa Geológico de España*, escala 1:50000, Cieza (891). Madrid.

- (1974d). *Mapa Geológico de España*, escala 1:50000, Coy (932). Madrid.

- (1974e). *Mapa Geológico de España*, escala 1:50000, Mula (912). Madrid.

- (1981). *Mapa Geológico de España*, escala 1:50000, Jumilla (869). Madrid.

Everitt, B.S. y Dunn, G. (1983). *Advanced methods of data exploration and modelling*. Heinemann, London, UK.

FAO (1977). *Guía para la descripción de perfiles de suelos*. Roma

- (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos*. FAO, 86, París.

- (1988). *Soil Map of the World, revised legend*. World Soil Resources Report 60. FAO, París.

FAO y PNUMA (1984). *Directrices para el control de la degradación de suelos*. Cuadernos FAO, París.

FAO-UNESCO (1974). *Soil Map of the World, I: Legend*.

- Font Tullot, J. (1983). *Climatología de España*. Instituto Nacional de Meteorología, 1-296.
- Freitet, P. y Verrecchia, E. (1989). Les carbonates continentaux du pourtout méditerranéen: microfaciès et milieux de formation. *Méditerranée*, 2.3, 5-25.
- Gallardo, J., Goy, J.L., Pérez-González, A., Molina, E., y Díaz del Olmo, F. (1988). Geomorfología y Suelos. *Perspectivas en Geomorfología SEG*, 2, 189-206.
- Gaucher, J. (1959). Les conditions géologiques de la Pédogénèse nord-africaine. *Bull. AFES*, 12, 1-564.
- Gaucher, G. (1981). *Les facteurs de la Pédogénèse*. Lelotte, Belgique, 730.
- Gerrard, A.J. (1981). *Soils and landforms: an integration of geomorphology and pedology*. Allen and Unwin, London, 219.
- (1992). *Soil Geomorphology: An integration of Pedology and Geomorphology*. Chapman & Hall. USA.
- Gehu, J.M. y Rivas-Matínez, S. (1982). Notions fondamentales de Phytosociologie. *Ber. Internat. Symp. IVVS, Syntaxonomie*: 1-33. Cramer ed.
- Gil, J., Corral, L., y Paneque, G. (1987a). Reconocimiento y evaluación de suelos del Valle del Guadalquivir. Zona Marmolejo-Menjíbar (Jaén) I. Relaciones Geomorfología-Suelos. *Anales de Edafología y Agrobiología*, XLVI, 1-2, 67-89.
- (1987b). Reconocimiento y evaluación de suelos del valle medio del Guadalquivir. Zona Marmolejo-Menjíbar (Jaén) V. Evaluación de la Capacidad de Uso. *Anales de Edafo-*

logía y Agrobiología, XLVI, 5-6, 687-694.

Goudie, A. (1973). The geomorphie and resource significance of calcrete. *Progress in Geography*, 5, 79-118.

Gómez Ortiz, A. (1981). Nota sobre el conocimiento geomorfológico de los modelados de acumulación y de erosión cuaternarios de la Vaguada del Alto Segre. *Notas de Geografía Física*, 6, 49-69.

Gutierrez, M. y Peña, J.L. (1988). Geomorfología y Suelos. *Perspectivas en Geomorfología SEG*, 2, 189-206.

Hack, J.T. (1960). Interpretation of erosional topography in humid climats. *Amer. J. of Sci.*, 258, 80-97.

- (1980). Dynamic equilibrium and landscape evolution, in *Theories of Landform Development* (eds. W.N. McChorn and R.C. Flemal). Allen and Unwin, London.

Ibarra, P. (1990). Revisión de los tipos de suelo de las Sierras del Aljibe (Cádiz). *I Reunión Nacional de Geomorfología*, 2, 687-698.

Jenny, H. (1941). *Factors of soil formation. A system of quantitative pedology*. McGraw-Hill, New York.

Jérez Mir, F. (1981). Propuesta de un nuevo modelo tectónico general para las Cordilleras Béticas. *Bol. Geol. y Min.*, XCII- I, 1-18.

Kaiser, H.F. (1960): The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.

Kendall, M.G. (1961). *A course in multivariate analysis*. Hafner, New York.



- Knuepfer, P.L.K. y McFadden, L.D. (eds) (1990). *Soil and landscape evolution*. Elsevier, Amsterdam.
- LANDSAT-5 (1991). Mapa de la Región de Murcia, escala 1:200000. Consejería de Política Territorial y Obras Públicas. Murcia.
- Lindsay, W.L y Norvell, W.A. (1969). Development of a DTPA micronutrient soil test. *Agron. Abstr.*, 84.
- López Bermúdez, F. (1973). *La Vega Alta del Río Segura: Clima, Hidrología y Geomorfología*. Departamento de Geografía. Universidad de Murcia.
- (1981). Geomorfología de las costras calizas. *Estudios Geográficos*, XLII, 89-103.
- López Bermúdez, F. y Navarro, F. (1979). Inundaciones catastróficas, precipitaciones torrenciales y erosión en la provincia de Murcia. *Papeles de Geografía*, 8. Universidad de Murcia, 49-91.
- López Bermúdez, F. y Albaladejo, J. (1990). Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas. Albaladejo, Stoching, y Díaz (ed.), C.S.I.C., 235.
- López Bermúdez, F. y Conesa, C. (1990). Características granulométricas de los depósitos aluviales en el Campo de Cartagena. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, XVI, 1 y 2, 31-54.
- Lozet y Mathieu, C. (1990). *Dictionnaire de Science du Sol*. Lavoisier. París.
- MAPA (1986). *Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Murcia*. Servicio de Publicaciones del

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

McDonald, R.P. (1985). *Factor analysis and related methods*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

McFadden, L.D. y Knuepfer, P.L.K. (1990). Soil Geomorphology - the linkage of pedology and surficial processes. *Geomorphology*, 3, 197-205.

Milne, G. (1935). Some magested units of classification and mapping, particulary for east african soils. *Soil Res*, 4-3.

- (1936). Normal erosion as a factor in soil profile development. *Nature*, 138, 548-449.

Montenat, CH. (1973). *Les formations néogènes et cuaternaires du Levant spagnol*. Paris, 1170.

Morales Gil, A. (1972). *El altiplano de Jumilla-Yecla. (Estudio de geografía comarcal)*. Universidad de Murcia, 769.

Mulaik, S.A. (1972). *The Foundations of Factor nalysis*. MaGrau Hill. New York.

Mulders, M.A, Slurink, J., y Boixadera, J. (1988). Suelos, geología y geomorfología en zonas erosionadas de la Cuenca de Valdeamargos, depresión de Calatayud. *Anales de Edafología y Agrobiología*, XLVII, 7-8, 1055-1074.

Munsell Color Company, I.N.C. (1954). *Munsell color charts*. U.S.A.:

Murphy, J. y Riley, J.P. (1962). A modified single solution method for the detrmination of phosphate in

- natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27, 31-36.
- Olsen, S.R. y Dean, L.A. (1965). Phosphorus. En C.A. Black, ed. *Methods of soil analysis. Amer. Soc. Agronomy. Inc. Madison, wis,, 2, 1034-1045.*
- Oriol Riba, F. (1957). *Guía de excursiones a las terrazas del Manzanares y del Jarama en los alrededores de Madrid. V Congreso Internacional de la Unión Internacional para el estudio del Cuaternario.*
- Ortiz, R. (1990). Mecanismos y procesos de degradación del suelo con especial referencia a las condiciones ambientales mediterráneas. En *Degradación y regeneración de suelos en condiciones ambientales mediterráneas.* En Albaladejo, Stotocking y Díaz (Ed.). CSIC.
- Paquet, J. (1969). *Etude geologique de l'Ouest de la province de Murcia (Espagne).* Paris.
- Peech, M. (1965). Hydrogen-ion activity. En C.A.Black, ed. *Methods of soil analysis. Amer. Soc. Agronomy Inc., Madison, wis, 2, 914-916.*
- Peinado, A., Alcaraz, F. y Martínez-Parras, J.M. (1992). *Vegetation of southeastern Spain.* Cramer ed.
- Política Científica (1989). *Creación de la Sociedad Europea de Conservación del Suelo.* 16, 50.
- Pratt, M. (1965). Potassium and Sodium. En C.A.Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agronomy Inc, Madison, wis, 2, 1022-1234.*
- Richards, K.S., Arnett, R.R. & Ellis, S. (1985). *Geomorphology and Soils.* London, 441.

- Riquier, Bramao y Cornett (1970). El sistema de evaluación de la productividad agraria de los suelos de la FAO. En *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*, CEOTMA (1982), 3, 197-206.
- Rivas Goday, S. y Rivas-Martínez, S. (1969). Matorrales de y tomillares de la Península Ibérica comprendidos en la clase *Ononido-Rosmarinetea* Br.-Bl. 1947. *Anales Inst. Bot. Cavallilles*, 25, 5-201.
- Rivas-Martínez, S. (1976). Sinfitosociología, una nueva metodología para el estudio del paisaje vegetal. *Anales Inst. Bot. Cavanilles*, 33, 179-188.
- (1978). Sur la Syntaxonomie des pelousses therophytiques de l'Europe Occidentale. *Colloques Phytosociologiques*, VI, 55-71.
  - (1984). Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa*, 5, 33-43.
  - (1987): *Mapa de las series de vegetación de España, escala 1:400000 y Memoria*. ICONA, Madrid.
- Rivas Martínez, S., Díaz, T.E., Fernández Prieto, J.A., Loidi, J. y Penas, A. (1984). *La vegetación de la alta montaña Cantábrica. Los Picos de Europa*. Leonesas, 295, León.
- Rivière, A. (1977). *Méthodes granulométriques. Techniques et interpretations*. Paris, 170.
- Robinson, S.W. (1949). *Soils, their origin, constitution and classification*. 3rd. edn., Allen and Unwin, London.
- Roca, J., Boixadera, J., y Herrero, C. (1990). Relaciones geomorfología-suelos en el Plá d'Urgell. I Reunión

Nacional de Geomorfología, 2, 709-719.

Roquero, E., Goy, J.L., y Zazo, C. (1990). Relación geomorfología-suelos en los depósitos cuaternarios y pliocuaternarios de la Submeseta meridional. Sector Aranjuez-Añover de Tajo (España). *I Reunión Nacional de Geomorfología*, 2, 721-732.

Roselló Verger, V.M. (1970). Clima y morfología pleistocena en el litoral mediterráneo español. *Papeles del Departamento de Geografía Física*, Universidad de Murcia, 2, 79-108.

Ruellán, A. (1971). *Les soils a profil calcaire différenciés des plaines de la Basse Moulouya (Maroc Oriental)*. Mémoires Orstom, 54, Paris.

Ruhe, R.V. (1975). *Geomorphology, geomorphic process and surficial geology*. Houghton Mifflin, Boston.

Sachs, L. (1978). *Estadística aplicada*. Labor.

Sanroque, P. y Rubio, J.L. (1990). Relaciones entre la erosionabilidad, el material de origen y el tipo de suelo en zonas de la provincia de Valencia (España). *Soil Technology*, 3, n.4, 373-384.

Sánchez, J., Rubio, J.L., Salvador, P., y Arnal, S. (1984). Metodología de la Cartografía Básica. *I Congreso Nacional de Geología*. Segovia, I, 771-782.

Sánchez, M.J.; López, F.; Del Amor, F. y Torrecillas, A. (1989). La evaporación y evapotranspiración en el Campo de Cartagena y Vega Media del Segura. Primeros resultados. *Anales de Edafología y Agrobiología*, XLVII, 9-10, 1239-1251.

- Shapiro, S.S. y Wilk, M.D. (1968). Approximations for the null distribution of the W Statistic. *Technometrics* 10, 861-866.
- Simonson, R. (1959). Outline of a generalized theory of soil genesis. *Proc. Soil. Sci. Soc. Am.*, 23, 152-156.
- Soil Survey Staff, (1990). *Keys to soil taxonomy by soil surveys staff*. Washington, 422.
- Statistix (1986). *An interactive statistics program for microcomputers. NH Analytical Software, MS-DOS Version.*
- Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38, 55-94.
- Tricart, J. (1952). Paléoclimats quaternaires et morphologie climatique dans le midi méditerranéen. *Eisz und Gewenw*, II, 1-193.
- Tricart, J. y Kilian, J. (1989). *La ecogeografía y la ordenación del medio natural*. Anagrama, Barcelona, 288.
- Tricart, J. y Michel, P. (1965). Morphogénèse et pédogénèse. I approche methodologique geomorphologie et pédologie. *Sc. du Sol*, 1, 1-69.
- UIMP (1987). *Prospectiva en Ciencias de la Tierra*. CAICYT y CSIC, Madrid, 194.
- Van Genderen, J.L. (1973). An investigation into the glaciais concept. *Assoc. Franc. l'étude du Quat.*, 3, 1-224.
- Vaudour, J. y Clauzon, G. (1976). Les croutes calcaires ont-elles tous dans une origine pedalogique. *Méditerranée*, 1, 71-81.

Walter, H. y Lieth, H. (1967). *Klimadiagramm weltatlas*.

Watanabe, F.S. y Olsen, S.R. (1965). Test of ascorbic acid method for determining phosphorus in water and  $\text{NaHCO}_3$  extracts from soil. *Sci. Soc. Am. Proc.*, 677-678.

Wilkinson, L. (1985). *SYSTAT: The system for Satatistics*. Versión 3.0. Evanston, Il: Systat Inc.

Zuidam, R.A.van (1975). Calcrete. A review of concepts and attempt to a new genetic classification. *Types de crouts calcaires*, 92-98.