

## El paisatge de Sierra Nevada i la seva evolució durant els darrers mil·lenis

Antonio GÓMEZ ORTIZ  
Agustí ESTEBAN i AMAT  
Ferran SALVADOR i FRANCH

Amb aquest curs<sup>1</sup> es tanca el cicle de conferències iniciat el 1989-90 sobre «*El coneixement geogràfic de la muntanya mediterrània*». En la present ocasió, es tractarà de l'estudi de l'evolució del paisatge als sectors de major altitud d'una de les muntanyes més seques de l'àmbit mediterrani ibèric: **Sierra Nevada**. Durant les tres conferències programades es vol tractar l'evolució dels seus components biofísics, a partir dels temps pleistocènics. També es vol mostrar la dinàmica geomorfològica actual, sobretot, la referida als processos biogeomòrfics que caracteritzen els sectors més elevats de les carenes i les superfícies planes somitals. El programa temàtic previst es el següent:

*Dimecres, 6 de maig. La configuració de l'espai d'alta muntanya*, per a la qual cosa es partirà de la reconstrucció dels sistemes morfogenètics pleistocènics, de forma especial els glacials i periglacials.

*Dijous, 7 de maig. Zonació biocronològica del Pleistocè superior i l'Holocè*, en base a la interpretació de seqüències pol·líniques de diversos indrets significatius de Sierra Nevada i de la rodalia.

*Divendres, 8 de maig. Processos morfogenètics actuals*, fonamentats en observacions i anàlisis experimentals que s'estan efectuant en parcel·les de terreny, fruit del treball de camp dels darrers anys.

## Bibliografia i cartografia bàsica

FERRER, M. (Dtor) (1971). *Sierra Nevada*. Anel Granada.

FERRER, M. (Dtor) (1986). *Sierra Nevada y la Alpujarra*. Ed. Andalucía, Granada. 5 vols.

JIMÉNEZ OLIVENCIA, Y. (1991). *Los paisajes de Sierra Nevada*. Universidad de Granada.

I.G.N. (1981). *Sierra Nevada. Mapa topográfico (1/50.000)*. Madrid.

MARTÍNEZ PARRAS, J.M.: RUIZ GIMÉNEZ, L. (1986). *Sierra Nevada: flora, vegetación y actividad humana*. Agencia de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Granada.

### 1. La configuració de l'espai d'alta muntanya (Antonio GÓMEZ ORTIZ)

Sierra Nevada constitueix la unitat orogràfica de major altitud de la Península Ibèrica (Mulhacén, 3.482 m; Veleta, 3.398 m; etc). Està inclosa en el context tectònic-estructural de les Bètiques. Geogràficament se situa a les províncies de Granada i Almeria, entre el corredor de Lecrín-Granada-Guadix, al nord, i el solc del Guadalfeo-Andarax, al sud. L'arquitectura general de Sierra Nevada està constituïda, a manera d'una gegantina cúpula, per mantells de corriment sobreposats, al centre de la qual, desmantellat per l'erosió, afloren les unitats més profundes. El pas d'unes unitats tectòniques a les altres, es realitza mitjançant corriments, de SSE a NNW, als quals s'hi associen, a més, diversos sistemes de falles. El nucli axial, al que ens referirem principalment, està format per materials cristal·lins i metamòrfics (micaesquists feldespàtics, anfíbolítics i grafitosos, fonamentalment).

Les grans formes de relleu de la Sierra, van quedar configurades a partir del Pliovilafranquià, malgrat que els modelats de detall que la caracteritzen s'elaboraren durant el Pleistocè, especialment, en el transcurs de les darreres crisis climàtiques fredes. En aquest sentit, és remarcable el treball morfològic que dugueren a terme les glaceres, principalment a les capçaleres del torrents i a les altes carenes. Com a resultat d'aquesta acció morfogenètica es produí un rejuveniment del relleu, sobretot per damunt dels 2.500 m. De tota manera, l'acció glacial a Sierra Nevada ha de qualificar-se com a pròpia de muntanyes seques i de moderat abast, ja que les glaceres van quedar recloses en els sectors més elevats de la muntanya, a ambdós costats de la carena principal, des del Cerro del Caballo (3.013 m) al Cerro de Trevélez (2.878 m).

Tanmateix, els processos periglacials i crionivals han tingut, també, un paper determinant en la configuració dels modelats de la Sierra. Principalment pel que fa a la regularització dels vessants, mitjançant importants paquets de derrubis que, en ocasions, arribaren fins a altituds molt baixes (1.100 m a l'Alpujarra oriental).

Desaparegudes les glaceres, la morfogènesi associada a la presència de gel en el sòl, va tendir a refugiar-se als sectors de màxima altitud, remodelant les formes ja creades, tal com va succeir en l'àmbit dels circs i les capçaleres dels torrents. Aquesta dinàmica periglacial deuria mantenir-se igualment, en els altiplans somitals.

En l'actualitat, els processos lligats al gel en el sòl continuen tenint una presència activa

a Sierra Nevada, tot i que amb resultats de detall sobre el paisatge. La cota dels 2.700 m constitueix el límit a partir del qual es generalitza la dinàmica periglacial, amb l'aridesa i la baixa taxa de recobriment vegetal com a factors associats més significatius.

## **Bibliografia específica**

- DRESCH, J. (1937). «De la Sierra Nevada au Grand Atlas, formes glaciaires et formes de nivation». *Melanges de geographie et d'orientalisme offerts a E.F. Gautier*. Tours, pp. 194-212.
- GÓMEZ ORTIZ, A. y SALVADOR, F. (1991). «Factores determinantes y relieves asociados a la dinámica glaciaria en la fachada mediterránea de Sierra Nevada». *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 30, pp. 88-108.
- GÓMEZ ORTIZ, A; SÁNCHEZ, S; SIMÓN, M; SALVADOR, F y ESTEBAN, A. «Síntesis de la morfología glaciaria y periglaciaria de Sierra Nevada». *Ila. Reunión Nacional de Geomorfología*. Murcia, 1992 (en premsa).
- MESSERLI, B. (1965). *Beitragë sur geomorphologie der Sierra Nevada (Andalusien)*. Juris Verlag, Zürich.
- OBERMAIER, H. y CARANDELL, J. (1916). «Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada». *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Geología)*, 17, pp. 1-68.

## **2. Zonació biocronològica del Pleistocè superior i l'Holocè (Agustí ESTEBAN i AMAT)**

L'estudi dels registres sedimentaris dipositats a Sierra Nevada i altres sectors de la rodalia, durant el Pleistocè superior i l'Holocè, ha de fer possible, molt properament, l'establiment d'una zonació biocronològica regional per a tota l'àrea. Entre les diverses tècniques emprades en aquests tipus d'estudis, cal resaltar-ne especialment l'anàlisi pol·línica, que consisteix en la reconstrucció de l'evolució de la vegetació a partir del reconeixement, al microscopi, dels pòl·lens i espores sedimentats en els diversos estrats d'una seqüència determinada. La sèrie pol·línica obtinguda se situa en el temps mitjançant la datació absoluta (C-14 i altres tècniques) o a través de datacions relatives també possibles.

La relació entre les oscil·lacions, la presència-absència dels grups de taxons i de determinats taxons representatius, amb les datacions absolutes referides, permet l'establiment d'una zonació biocronològica que, posteriorment, serà comparada amb les obtingudes a partir de les seqüències de referència de caràcter regional o global.

El dipòsit sedimentari més significatiu, estudiat fins ara a Sierra Nevada, es la torbera de Padul (Granada), formada en una extensa depressió tectònica situada al peu del vessant oest de Sierra Nevada, a 785 m sobre el nivell del mar. Els 70 m de potència sedimentària de Padul han estat analitzats en tres ocasions. La primera, per Menéndez-Amor i Florschüts (1964); la segona, pels mateixos autors en col·laboració amb Wijmstra (1971), y la tercera, per Pons i Reille (1988).

Els resultats de les tres anàlisis difereixen considerablement, sobretot el darrer, però en qualsevol cas, a Padul hi ha representada, de forma molt detallada, la història biogeo-

gràfica d'aquest territori durant tot el Pleistocè superior i l'Holocè.

Des de 1989, i en el marc d'un projecte de recerca finançat per la CICYT, s'ha reprès l'estudi pol·línic d'aquesta serralada, mitjançant una sèrie de nous registres sedimentaris obtinguts en torberes i «borreguiles» situats en els sectors culminals de Sierra Nevada (capçalera del Río San Juan, Rioseco, capçalera de la vall de Lanjarón), així com també a Laguna Seca (Alpujarra oriental) i a la Sierra de los Filabres.

En procés encara de completar les anàlisis pol·líniques i de disposar de les datacions de C-14, els resultats preliminars permeten plantejar hipòtesis molt suggerents. La seqüència de la Sierra de los Filabres, per exemple, posa de manifest, des de l'inici de l'Holocè, una taxa molt baixa de densitat arbòria i una acusada presència del matollar de *Cistus*, així com una manifesta acció antròpica en les fases més recents.

### **Bibliografia específica**

- ESTEBAN, A.; PARRA, I. (1985). «L'últim cicle glacial-interglacial a les terres circummediterrànies a partir de les anàlisis pol·líniques». *Revista Catalana de Geografia*, 0, pp. 47-60.
- FLORSCHUTZ, F.; MENÉNDEZ-AMOR, J.; WIJMSTRA, T.A. (1971). «Palynology of a thick Quaternary succession in southern Spain». *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocolgy*, 10, pp. 233-264.
- MENÉNDEZ-AMOR, J.; FLORSCHUTZ, F. (1964). «Results of the preliminary palynological investigation of samples from a 50 m. boring in southern Spain». *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 62, pp. 251-255.
- PONS, A.; REILLE, M. (1988). «The Holocene and upper Pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain): A new study». *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocolgy*, 66, pp. 243-263.

### **3. Processos morfogenètics actuals (Antonio GÓMEZ ORTIZ i Ferran SALVADOR i FRANCH)**

En l'actualitat, els sectors més elevats de Sierra Nevada estan, encara, afectats per processos crionivals. En el nucli central de la serralada aquesta morfodinàmica comença a manifestar-se, de forma generalitzada, a partir dels 2.700 m, ja que per damunt d'aquesta cota els sòls es presenten quasi totalment desproveïts de vegetació. En aquests sectors culminals els processos edafogenètics resulten extraordinàriament limitats, donades les condicions climàtiques acusadament desfavorables que els caracteritzen. Només els fons dels torrents i dels circs poden escapar d'aquesta circumstància, doncs les congestes de fosa tardana proporcionen als sòls la humitat necessària per a la aparició de torberes i «borreguiles» (San Juan, Siete Lagunas, Río Seco, Lanjarón, etc).

Els mecanismes geomòrfics que caracteritzen el paisatge culminant de Sierra Nevada estan associats a la presència del gel, al vent, a la neu i a les aigües de fusió. La intensitat amb que es manifesten determinats processos, com la gelifracció i la caiguda lliure de roques, prenen una importància decisiva en tots aquells indrets on la roca es presenta nua,

donant lloc a la formació de ressalts i parets de pronunciada pendent. D'altra banda, l'eficàcia amb que actua la gelifracció és en bona part deguda a les característiques tectònicolitològiques d'aquesta serralada.

La morfodinàmica periglacial actual de Sierra Nevada és la pròpia de les muntanyes seques, degut principalment a la seva situació latitudinal en l'àmbit mediterrani i al ritme termopluriomètric fortament contrastat. L'aridesa persistent d'estiu i el fred intens d'hivern en són els exemples més significatius. Com a conseqüència d'això, els sòls presenten una taxa de recobriment vegetal molt escassa (*Festuca indigesta*, *Genista baetica*, *Cytisus purgans* i *Arenaria pungens*,...) o inclús nul·la.

El resultat morfològic dels processos periglacials en el paisatge és la lenta reordenació de les formes heretades i, d'altra banda, l'elaboració de noves formes, encara que de dimensions més modestes. Amb la finalitat de detectar, amb major precisió, el significat morfològic actual de la dinàmica periglacial a Sierra Nevada, s'inicià, l'estiu de 1989, un programa de mesures fonamentat en les observacions i el treball experimental realitzat directament sobre el terreny. En aquest sentit, les experiències i la metodologia utilitzades anteriorment al Pirineu oriental i als Alps Marítics han estat un punt de referència decisiu (A. Pissart, 1977; G. Soutadé, 1980).

Els treballs experimentals iniciats tenen com a objectiu principal posar de manifest l'eficàcia morfològica qualitativa i quantitativa del gel en el sòl. S'han seleccionat diverses parcel·les de terreny en funció dels modelats representatius que es vol mostrear:

Objectiu	Modelat	Estació
Mobilitat superficial de clastes	colades i lòbuls de pedres	Lanjarón i Pandero del Mulhacén
Reconstrucció de cèl·lules i mobilitat de clastes	figures geomètriques	Lanjarón i Chorrillo
Desplaçament del sòl	lòbuls de gelifluxió	San Juan

## Bibliografia específica

- GÓMEZ ORTIZ, A. (1992). «Processos i formes periglacials a la muntanya mediterrània. Del Pirineu a Sierra Nevada». *Revista Catalana de Geografia*, 17, pp. 63-77.
- RAYNAL, R. (1981). «Le seuil supraforestier dans les montagnes méditerranéennes». *La limite supérieure de la forêt*. IEA. Perpignan, pp. 31-42.
- SOUTADE, G. et BAUDIERE, A. (1970). «Végétation et modelés des hauts versants septentrionaux de la Sierra Nevada». *Annales de Géographie*, V, pp. 709-736.

Algunes dades de diferents elements del clima de Sierra Nevada

	Temperatura		Precipitació		Freqüències tèrmiques entorn dels zero graus
	M.a.	m.a.	T.	d.n.	
Desembre	8,2	-15,5	152,4		
			0	9,0	10,0
Gener	7,9	-12,8	117,70	6,9	5,0
Febrer	8,5	-13,2	110,60	11,0	9,0
Març	9,3	-12,7	115,5		
			0	9,0	21,0
Abril	10,6	-11,6	78,4		
			0	5,0	8,0
Maig	15,3	-3,0	74,70	3,0	5,0
Juny	20,4	-1,2	31,80	0,0	2,0
Juliol	23,1	4,0	3,4		
			0	0,0	0,0
Agost	23,2	2,9	5,3		
			0	0,0	0,0
Setembre	18,7	-3,5	61,70	1,0	1,0
Octubre	15,2	-7,5	105,4		
			0	2,0	5,0
Novembre	9,9	-10,3	124,4		
			0	5,0	16,0
Any	23,2	-15,5	981,60	51,0	82,0

Temperatura:

M.a. (màxima absoluta)

m.a. (mínima absoluta)

Observatori de l'*Albergue Universitario* (2.500 m)

Període: 1973-84

Precipitació:

T. (total en mm)

d.n. (total dels dies de neu)

Observatori de l'*Albergue Universitario* (2.500 m)

Períodes: precipitació, 1970-84; dies de neu, 1979-84

Freqüències tèrmiques:

IRAM-IGN (2.867 m)

Període: 1986-87

## Processos i formes predominants els nivells culminats de Sierra Nevada

Porció d'espai	Situació a la muntanya	Processos		Geoformes dominants
		Meteorització	Evacuació	
Concavitat	Corral del Veleta	Gelifracció	Caiguda lliure Esllavis- sament	Morena de «néve»
Paret rocosa	Vores de circ Reflexos de vessants	Gelifracció	Caiguda lliure	Cúmuls de pedres (cons)
Reflex rocós	Vessants	Gelifracció	Caiguda lliure «Pipkrake»	Enllosat nival
Mantell detrític (mides grans)	Declivis en «lomas» (+2.900 m)	Gelifracció	Esllavis sament «Pipkrake»	Colades i lòbuls de blocs
	Declivis en «lomas» (-2.900 m)	Microgeli- fracció Humectació- dessecació	Escorran- cada nival Soligleli- fluxió Criorrep- tació Crioeolit- zació «Pipkrake»	Replans de vessants- orles vegetals
Mantell detrí- tic (mides mitjana i petita)	Superfícies aplanades	Microgeli- fracció Humectació- dessecació	Gelitor- bació Crioeo- lització «Pipkrake»	Figures geomè- triques
	«Borreguiles»	Fons de circ	Alteració organo mineral	Gelifluxió

### Notes

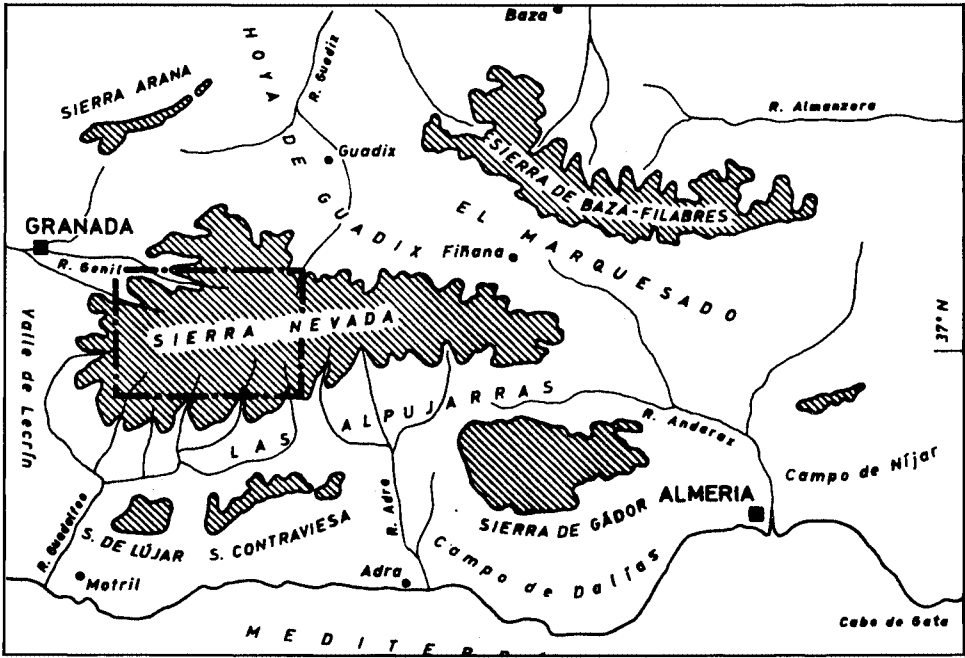
<sup>1</sup> Aquest Curs constitueix un avançament de resultats de la recerca que sobre el paisatge de les muntanyes mediterrànies s'està realitzant en el SERVEI DE GESTIÓ I EVOLUCIÓ DEL PAISATGE de la Universitat de Barcelona, amb el suport de la CAICYT (PS88-022).

## Síntesi morfològica i cronològica a quatre aparells glacials representatius de Sierra Nevada

Sistema	Morfoodinàmica del gel	Períodes	Cronologia (a BP)	Aparells glacials			
				Veleta	Río seco	Muñacén	Siete lagunas
Holocè	Gelers de fosa tardana	Postglacial	Actualitat	Gelifracció en cornises i moviments en massa	Gelifracció en cornises i moviments en massa	Gelifracció en cornises i moviments en massa	Gelifracció en cornises i moviments en massa
	Glaceres de circ	Tardiglacial	9.000 15.000	Glaceres rocoses a Vasares del Veleta (3.120)	Glaceres rocoses de les Lagunas de Río Seco (3.030)	Glaceres rocoses circumdant la llacuna de La Caldera (3.000)	Glaceres rocoses de la llacuna Altera (3.150)
		Retrèssesi		Morrèna lateral de Tajos Colorados Morrèna lateral del rierol de les Cabras	Arc frontal al marge extern del circ. Arcs sobre el bol del Pico del Pulpito	Arc frontal de la llacuna de la Caldera. Arc frontal de la llacuna de Majano. Arc en tros mig vall	Arc frontal de la llacuna Altera Arcs fronals de les llacunes Mediana y Hondera. Arc frontal Chorreras Negras. Arc Prado Llano
	Glaceres de Vall	Estabilització			Dipòsits d'obturació de Loma Pelada	Dipòsits d'obturació de Peñón Grande	
		Màxim impuls visible		Arc lateral dret de Loma Púa-Peñón dels Vencejos (2.550)	Arc laterals extrems de vessants Terreras Azules. Horcajo Feo (2.200)	Arc laterals i terminals de les Tomas de Acequia Alta (2.300)	Arcs frontals de Tajo del Mingo (Canhorros de las Hoyas (2.400)
		Pre-màxim impuls visible			Trencament de pendent tros alt vall Poqueira (2.050) Dipòsit en terme barranc Peñón Grande (2.000)		

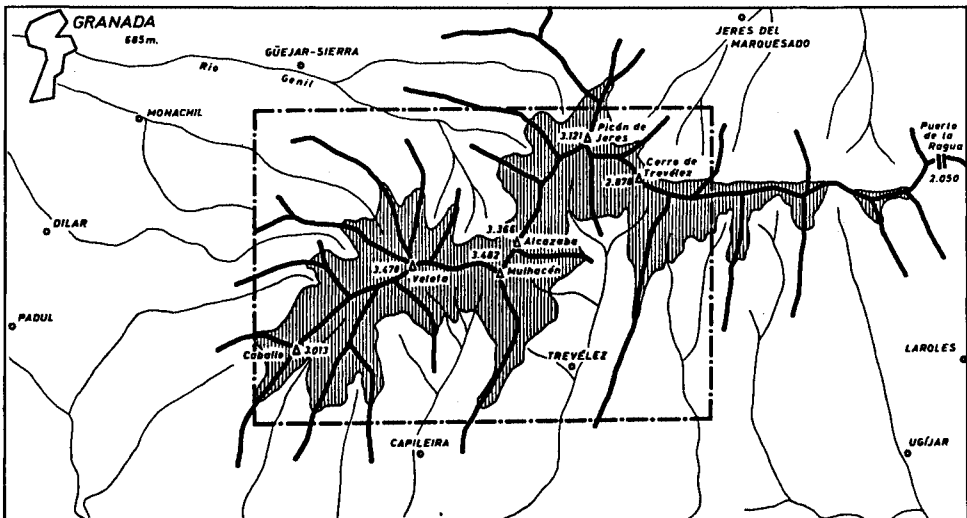
Quadre 1. Els registres tardiglacials indicats, corresponen als dipòsits situats a una major altitud (cotes entre parèntesis). Els registres del màxim i del pre-màxim empenyiment visible indicats, corresponen als dipòsits situats a una altitud menor (cotes entre parèntesis).





Situació de Sierra Nevada en el context regional.

El requadre interior correspon a l'àrea afectada pel glaciariisme a Sierra Nevada (veure major detall a la figura següent).



Nucli orogràfic de Sierra Nevada i determinació de l'àrea glaciada.

1. Cresta, pic, coll; 2. Xarxa fluvial; 3. Espais situats per sobre de 2.500 m. d'altitud; 4. Àrea glaciada

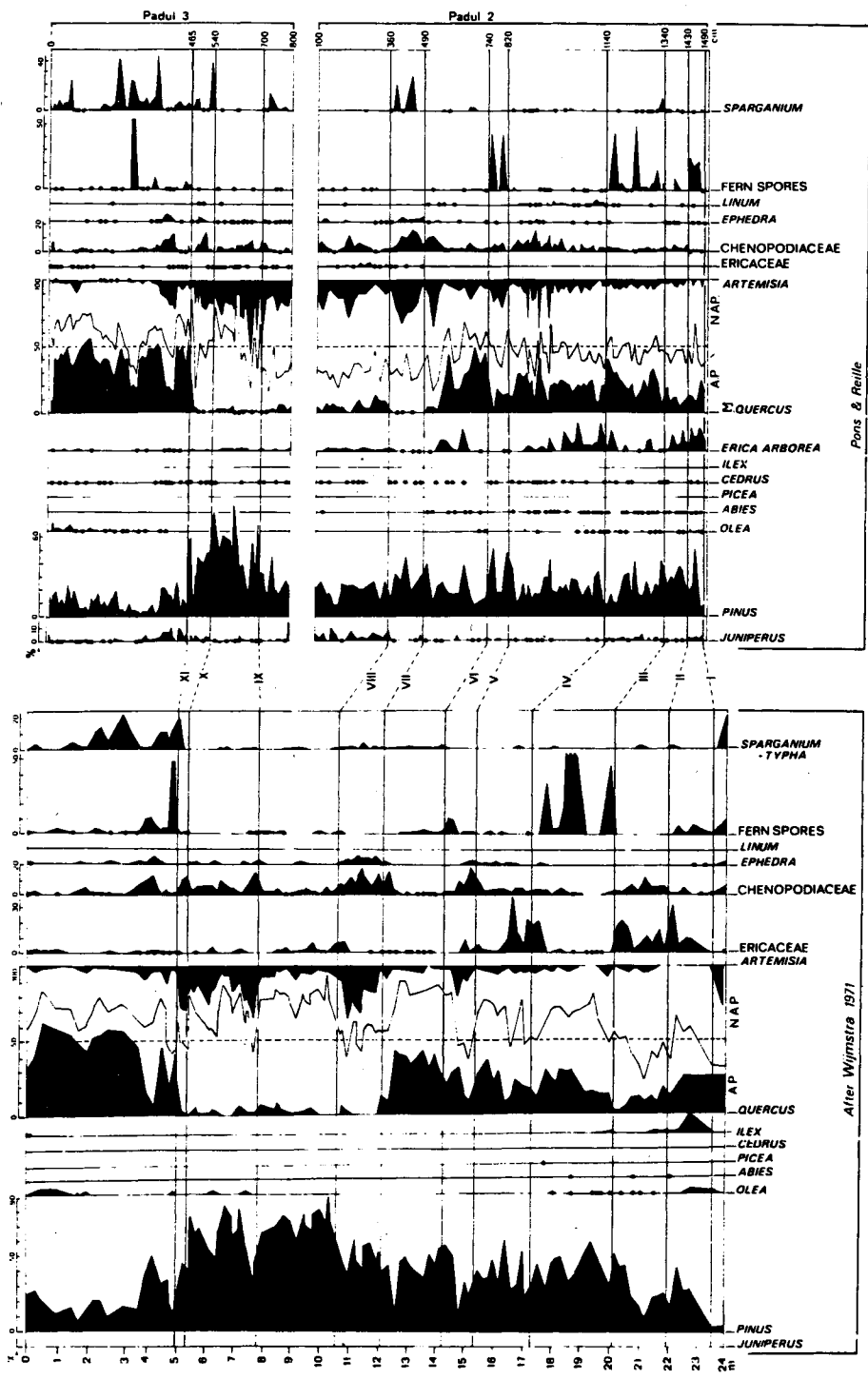
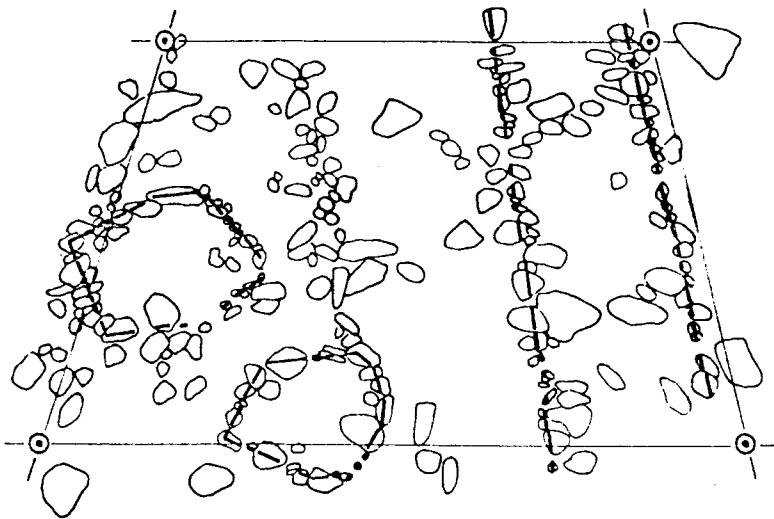
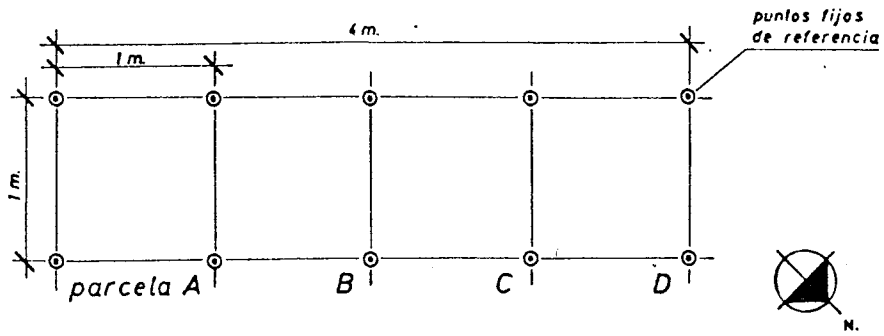


Diagrama pol-linic de Padul



Exemple d'una estació experimental (CH-2) de control dels processos actuals.

A dalt, dimensions i distribució de parcel·les. A. Marques de pintura; B. Remogut en profunditat; C. Eliminada fracció grollera i remogut; D. Eliminada fracció grollera respectant estries.

A baix, exemple de marques de pintura sobre cercles de pedra i sols estriats.