

## LA EXPERIMENTACION PERIGLACIAL EN LA ALTA MONTAÑA MEDITERRANEA. EL CASO DE LAS MICROFIGURACIONES GEOMETRICAS

A. Gómez Ortiz\*

### RESUMEN

*El presente escrito desarrolla parte de los trabajos experimentales que sobre dinámica periglacial se están llevando a efecto en los niveles supraforestales del macizo de Calmquerdós en el Pirineo Oriental.*

*El trabajo se efectúa sobre el denominado nivel erosivo subsomital, en una zona acotada de 340 m<sup>2</sup>, a 2.170 m. de altitud. La experimentación se ocupa de detectar la movilidad de los clastos que configuran determinadas microfiguraciones periglaciales, círculos de piedras y suelos estriados, principalmente.*

*Los tres años de observaciones sistemáticas han permitido confirmar la formación de figuras geométricas de tamaño decimétrico, a partir de la cota de los 2.170 m., siempre que unos determinados parámetros (fracción mineral, pendiente, cobertura vegetal, ciclos de hielo-deshielo, etc.), sean los adecuados.*

### SUMMARY

*PERIGLACIAL FIELD EXPERIMENTS IN THE MEDITERRANEAN HIGH MOUNTAIN: THE GEOMETRIC MICROFIGURATIONS.*

*The present work develops a part of the experimental works that we are carrying out in the supraforestal level of the eastern Pyrenees.*

*The work has been accomplished on an erosive level near the crest, in a limited zone of 340 m<sup>2</sup> at 2.170 m. of altitude. The experiments attempt to detect the movility of stones in the periglacial micro-*

\* Departamento de Geografía. Universidad de Barcelona.

*figurations, mainly stone circles and sorted stripes.*

*Systematic observations during three years verify the formation of decimetric geometric figures from 2.170 m., under certain parameters (mineral fraction, gradient, vegetal cover, frost-thawing cycles, etc.).*

## 1. El marco físico

El espacio geográfico en el que realizamos la experimentación se sitúa en el Pirineo Oriental, en el borde norte de la comarca de la Cerdanya, concretamente en el altiplano subsomital de La Feixa-La Mániga, a 2.170 m. de altitud, a escasos kilómetros de la frontera francesa y a unos 550 m. por debajo de la línea de cumbres.

Durante las crisis climáticas cuaternarias el referido altiplano conoció la dinámica del glaciario, aunque el ámbito en que se lleva a cabo la investigación se fijó junto al margen externo glacial. Ello motivó que la morfogénesis periglacial se desarrollara con gran intensidad, como lo demuestran los espesos paquetes de gelifractos que tapizan el propio altiplano y las vertientes.

En la actualidad la estación experimental (E2 La Feixa) se inscribe potencialmente en el dominio del piso subalpino de coníferas (*Pinus mugo ssp. uncinata*) aunque la ausencia de vegetación leñosa es efectiva, pues tan sólo un prado alpino en disposición abierta es quien la coloniza<sup>1</sup>.

La formación mineral que conforma la capa superficial la compone un espeso y heterométrico horizonte de clastos de micacitas nodulosas y esquistos envueltos en una abundante matriz de gravas, arenas y limos. En realidad ella procede de la propia destrucción del sustrato, como consecuencia de los continuados mecanismos de hielo-deshielo y movimientos en masa.

El régimen climático dominante ofrece las características de un clima mediterráneo de alta montaña húmeda. Los ciclos de hielo-deshielo, las bajas temperaturas, la elevada pluviosidad y la pertinaz acción eólica son los elementos que mejor lo caracterizan. La falta

1. El motivo de que este medio aparezca deforestado se debe primordialmente a una acción antrópica histórica. La demanda de pasto para alimento del ganado trahumante fue la causa. El hallazgo de restos de troncos semicarbonizados en los niveles profundos de una turbera cercana parecen avalar nuestra anterior afirmación.

de una estación meteorológica "in situ" no nos permite ofrecer datos concretos de la propia parcela experimental pero sí nos pueden servir de referencia los que se registran en La Molina, a 1.711 m. de altitud, en la vertiente meridional de la Cerdanya<sup>2</sup>.

Consecuencia de este comportamiento climático los fenómenos crionivales constituyen el aspecto más destacado de los procesos morfogenéticos, por lo que la geliturbación en los niveles superiores del suelo desnudo es considerable.

Desde una óptica geomorfobiológica este altiplano subsomital se encuentra en las áreas de protección nival inestable (GOMEZ ORTIZ, 1980). En ellas la acción del viento es dominante, por lo que su influencia en el modelado y en la vegetación es muy considerable. La dinámica eólica se resuelve en dos hechos: redistribuye la nieve y acelera la creación de cristales de hielo en el suelo. Ambos hechos conllevan una serie de repercusiones en la fracción mineral y en la vegetación. Con respecto a los minerales se crean, a expensas de ellos, una serie de manifestaciones geométricas, y, con respecto a la vegetación, ésta se reorganiza y selecciona espacialmente. Fruto de esta coincidencia de fenómenos, las formas que mejor definen a los altiplanos son las figuras geométricas periglaciales, los enlosados nivales y los rellanos escalonados, rematados por una vegetación rala en disposición arqueada.

2. A lo largo de 1955-1976 se obtuvieron los siguientes datos térmicos:

	D	E	F	M	Ab.	My	J	Jl	A	S	O	N	Año
Mm.	2,3	2,7	2,5	5,1	7,6	12,5	16	19,9	19,3	16,2	11,3	5,9	101
mm.	-4,8	-5,4	-5,8	-3,9	-1,6	2,4	5,5	8,3	8,4	5,8	1,8	-2,3	0,7

En el período de 1970-1979 se observaron:

	D	E	F	M	Ab	My	J	Jl	A	S	O	N
N	40,8	40	40,7	44,7	35,5	17,8	2	0	0	3	21,3	37,2
Tn	6,3	7,8	6,3	5,1	2,2	0,1	0	0	0	0	0,1	3

Para 1927-1943 y 1955-1976 se registraron las precipitaciones siguientes:

	D	E	F	M	Ab	My	J	Jl	A	S	O	N	Año
P	96,2	47,4	64,8	100,6	99,5	123	127,1	99,8	103,2	126,4	95,7	127,6	1211,9

Mm. máxima media, mm. mínima media, N. media de oscilaciones de temperatura positiva o negativa o viceversa, Tn. media de días con temperatura máxima negativa, P. pluviosidad media.

## 2. La experimentación de campo que se realiza

La experimentación que se está llevando a cabo se fija en dos estaciones. La *“E1 Planell de Calmquerdós”* situada en el nivel erosivo somital, a 2.720 m. de altitud y la *“E2 La Feixa”* en el altiplano subsomital, a 2.170 m. Ambas se hallan en el contrafuerte nororiental del alto valle del Segre. La elección de ambos medios obedeció a que se encuentran en áreas con protección nival inestable, debido al barrido persistente que efectúan la acción de los vientos del cuarto cuadrante, principalmente. Otro de los motivos que nos llevaron a dicha elección fue la considerable diferencia de altitud entre ambas estaciones, superior a los 500 m., pues ello repercute, en gran manera, en la intensidad de los procesos periglaciales.

No vamos a referirnos a la *“E1 Planell de Calmquerdós”*, porque en un trabajo reciente nuestro (LLOBET y GOMEZ ORTIZ, 1979) se expusieron los resultados más significativos. Sí lo haremos sobre la *“E2 La Feixa”* ya que, desde su entrada en funcionamiento, en 1978, se han realizado tres series de observaciones sistemáticas.

La *“E2 La Feixa”* tuvo su inicio en julio de 1978. Tras lograr los permisos pertinentes de ICONA y del Ayuntamiento de Ger (Gerona), se procedió a acotar una parcela de superficie de 340 m<sup>2</sup>, en el paraje de La Feixa, con el fin de descartar, en nuestras observaciones, la variable de las pisadas del ganado. En el mismo mes de julio se llevó a efecto la determinación y selección de los círculos de piedras y suelos estriados a controlar. La metodología empleada estuvo inspirada en los trabajos de PISSART (1972, 1973, 1974 y 1977) y de SOUTADE (1980) sobre el desplazamiento de los clastos en figuraciones periglaciales. Básicamente la operación consistió en trazar líneas rectas, a base de pintura inalterable, a lo largo de los lados de los círculos de piedras y de los ejes pedregosos de los suelos estriados que, aparentemente, presentaban funcionalidad. Dichos suelos y círculos de piedras se incluyen en la terminología de TRICART (TRICART et CAILLEUX, 1967) en las figuras flotantes.

Los puntos de referencia se fijaron o bien fuera de las formas geométricas o se hicieron coincidir con bloques de considerable dimensión sólidamente fijados en el suelo. A continuación se procedió a tomar medidas del perímetro de las figuras, de la longitud de los clastos, así como muestras de la fracción mineral que los envolvía.

El primer control se realizó en 1979. En 1980 se verificó el segundo procediéndose, además, a realizar una serie de trabajos experimentales que más adelante detallaremos.

### Características de la "E2 La Feixa"

*Situación:* Paraje de La Feixa (Municipio de Ger. Gerona).

*Altitud absoluta:* 2.170 m.

*Orientación:* SSW.

*Inclinación topográfica:* Constante al SSW. De manera generalizada no es superior a 10 grados. En algunos sectores la pendiente es inferior a 5 grados.

*Dimensiones:* 340 m<sup>2</sup> cercados para evitar el paso del ganado (perímetro 74 m.).

*Sustrato:* Rocas metamórficas, siendo dominantes las micacitas rojas, intensamente estratificadas. Las capas superficiales presentan un considerable espesor de derrubios de vertiente periglaciales, de medidas heterométricas, envueltos en arcillas, arenas y gravas.

*Morfología dominante:* Retazo de altiplano subsomital, sometido a una protección nival inestable. El modelado de la parcela lo constituyen rellanos de vertiente ligeramente escalonados.

*Cobertura vegetal:* Prado alpino en disposición abierta. El recubrimiento es de un 35% aproximadamente. La dominancia de plantas corresponde a: *Calluna vulgaris*, *Trifolium alpinum*, *Festuca eskia* F. *durissima* y *Ranunculus parnassifolius*.

*Datos climáticos principales*<sup>3</sup>

Temperatura media anual aproximada de 2,8 °C.

Meses con temperatura media inferior a 0°, cinco.

Persistencia nival inestable por la violencia de los vientos del N. o NW.

Precipitación anual por encima de los 1.000 mm.

*Fechas de funcionamiento controlado:* Julio de 1978.

3. Los datos climáticos se han obtenido por traspolación a partir de la estación de La Molina.

## 2.1. Los trabajos y experiencias realizados

Realizada la labor de acotamiento de la parcela, se procedió a la selección de las formas a someter a control. Estas se agruparon en ocho pequeños espacios repartidos en los distintos rellanos del conjunto de la estación, espacios seleccionados en un muestreo al azar. En ellos observamos microcírculos de piedra, suelos estriados pluridecimétricos y rosas de piedras, centimétricas.

La distribución de todos ellos fue la siguiente:

Espacio	Elemento	Forma	Inclinación Topográfica (grados)
1	1.1;1.2	Suelos estriados	6
2	2	Círculos de piedras	7
3	3	Círculo de piedras y suelo estriado	10
4	4	Círculos de piedras coalescentes y suelos estriados	5
5	5	Círculos de piedras	8
6	6.1;6.2 6.3;6.4	Círculos de piedras coalescentes y suelos estriados	5
7	7	Nidos de piedras	5
8	8	Círculo de piedras	9

La experiencia de 1978 estuvo encaminada a detectar los posibles movimientos de los ejes de las figuras periglaciales, ya que los diferentes replanos que configuraban la  $E_2$  parecían indicar la existencia de dicha movilidad. Para ello, se efectuó la misma labor que se había hecho en la '*El Planell de Calmquerdós*', es decir, se trazaron con pintura inalterable de color blanco, líneas rectas a lo largo de los pedregosos lados de los círculos, así como en los suelos estriados. Asimismo, se anotaron las dimensiones de los clastos de los ejes pintados y se estudió la granulometría de las zonas centrales de las microfinguras cerradas.

Las dimensiones de todas estas formas son decimétricas. Se trata de figuras flotantes de profundidad inferior a los 15 cm. En los círculos de piedras hemos contabilizado diámetros entre 17

y 32 cm., correspondiendo a los clastos externos valores entre 4,5 y 0,5 cm. de eje mayor. Los suelos estriados presentan dimensiones semejantes en cuanto a los cantos de las bandas pedregosas, pero su longitud, frecuentemente, supera los 50 cm.

Los resultados de los análisis granulométricos, obtenidos en muestras distintas, son:

MUESTRA 1

Tamaño de los clastos Capa superficial (6 cm.) Capa subsuperficial (18 cm.)

<u>(<math>\Phi</math>mm.)</u>	<u>%</u>	<u>%</u>
> 20	6,31	0
10-20	60,83	23,06
5-10	22,56	31,49
2-5	7,33	22,31
0,5-2	2,43	16,68
0,2-0,5	0,25	2,72
< 0,2	0,29	3,74

MUESTRA 2

<u>Tamaño de los clastos</u> <u>(<math>\Phi</math>mm.)</u>	<u>Capa superficial (6 cm.)</u> <u>%</u>
> 20	7,65
10-20	20,66
5-10	28,64
2-5	24,77
0,5-2	13,83
0,2-0,5	1,54
< 0,2	2,91

Los resultados del primer control, efectuado en junio de 1979, sólo nos permitieron apreciar movilidad en el Espacio 6, concretamente en el elemento 6.4. En el resto de espacios no se verificó desplazamiento alguno apreciable. El caso 6.4 corresponde a un suelo estriado de 143 cm. de longitud, inscrito en una pendiente de

5 grados; la banda pedregosa la componen clastos de dimensiones variables, pues mientras el tramo más elevado lo determinan, principalmente, cantos de 0,5 a 2 cm. de eje mayor, el tramo inferior corresponde a clastos de dimensiones superiores. La profundidad del suelo sometido a geliturbación oscila entre los 6 y los 10 cm., según sea el tipo de fracción mineral dominante. El movimiento del eje pedregoso alcanzó una deformación máxima de 1,5 cm., pero solamente en los 50 cm. superiores. Ello lo atribuimos a la elevada proporción de gravas y arenas que lo componen (Muestra 2); pues éstas, al encontrarse empastadas entre arcillas y limos, sufrieron con mayor intensidad la geliturbación.

## 2.2. La labor de 1980

Arribado el estío de 1980, se procedió a efectuar el segundo control de la E<sub>2</sub>. En esta ocasión se comprobó que la totalidad de las formas localizadas en los diferentes espacios habían sufrido movilidad (fig. 1).

Incluso algunos tramos de los ejes pedregosos, tanto de los círculos de piedras como de los suelos estriados, habían desaparecido, por el volteo del clasto, o por la fosilización que sufrieron ante la llegada de material fino, por efecto de la dilatación de hielo en el suelo (elementos 6.4; 6.2; 4; 5; 8). La deformación observada fue la siguiente:

<u>Espacio</u>	<u>Elemento</u>	<u>Desplazamiento (cm.)</u>
1	1.1	Hasta 2 cm.
2	2	Hasta 3 cm.
3	3	Hasta 1,5 cm.
4	4	Hasta 2,5 cm.
5	5	Hasta 3,5 cm.
6	6.1	Hasta 2 cm.
	6.2	Hasta 1,5 cm.
	6.3	Hasta 2,5 cm.
	6.4	Hasta 5,5 cm. (Acumulado al de 1979)
7	7	Perceptible (mm.)
8	8	Hasta 3 cm.



Demostrada la movilidad de los lados y ejes de los diferentes círculos de piedras y suelos estriados, el siguiente paso llevado a cabo, en septiembre de 1980, se encaminó a determinar la velocidad de desplazamiento de la fracción mineral en los suelos estriados, así como el sentido de ascenso del material infrayacente de los círculos de piedras.

Para ello, se eligió el Espacio 3 y, en el suelo estriado en él existente, se trazó una línea perpendicular a sus ejes. Se tomó medida de los clastos superficiales, obteniendo 1,5 cm. de valor modal en eje principal, y se llevó a cabo un análisis granulométrico de una sección del referido suelo. Su resultado ha sido:

( $\Phi$ mm)	Hilera de clastos (%)	Hilera de gravas (%)
> 20	3,61	0
10-20	19,20	18
5-10	46,15	32,68
2-5	28,43	31,13
0,5-2	2,61	10,41
0,2-0,5	0	5,16
< 0,2	0	2,62

En el caso de los círculos de piedras se seleccionó un nuevo espacio, el Espacio E., desarrollado en un microrrellano de la vertiente. Todo él se encuentra salpicado de decimétricos círculos de piedras coalescentes cuyas medidas oscilan entre 15 y 20 cm. de diámetro, con un eje mayor de 1 a 5 cm. para los clastos superficiales, mientras que para la fracción menuda del centro de las figuras un análisis granulométrico efectuado en una de ellas nos resultó:

Tamaño de los clastos $\Phi$ mm.	Porcentaje
> 10	2,12
5-10	8,05
2-5	22,15
0,5-2	35,19
0,2-0,5	23,84
< 0,2	8,65

La operación consistió en introducir, en la parte central de varios círculos de piedras, clastos de 1,5 cm. de eje mayor pintados de color verde. Se depositaron a 7,5 cm. de profundidad y se recubrieron con la misma fracción mineral que poseían anteriormente.

### 2.3. El control realizado en 1981

En el mes de agosto de 1981 se llevó a efecto el control pertinente sobre aquellos espacios sujetos a experimentación, el 3 y el E.

El suelo estriado demostró una movilidad muy irregular tanto en las hileras de clastos como en las de gravas (fig. 2). En las primeras se registraron desplazamientos de hasta 1 cm., especialmente en aquellos gelifractos cuyo calibre se situó entre 10 y 2 mm. En las hileras de gravas se observó el volteo de arenas gruesas, su fosilización por material muy rico en limos y arcillas infrayacente, así como deformaciones, con respecto a la línea pintada, del orden de hasta 4,5 cm. Sin duda, el valor angular de la pendiente, 10 grados, y el contenido de arenas finas, arcillas y limos en las diferentes hileras del suelo estriado fueron elementos fundamentales que, en gran medida, controlaron las dilataciones-contracciones de la masa, como consecuencia de la presencia alternativa de hielo en los niveles superficiales.

Con respecto a los círculos de piedras del espacio E no se observó ninguna novedad apreciable (fig. 3). Tan sólo se detectó una ligera selección de los elementos más finos en la superficie central del círculo. Nuevos controles podrán aportarnos más datos.

## 3. Conclusiones

Fruto de la experimentación llevada a cabo sobre el terreno caben ser destacadas las siguientes enseñanzas recibidas:

a) La importancia morfogénica que la dinámica periglacial cuaternaria reciente debió tener en el modelado de estos macizos pirenaicos, de manera especial a lo largo de las vertientes y en los altiplanos.

b) La puesta en práctica de la experimentación sobre el terreno nos ha servido para confirmar nuestra hipótesis de la existencia de

un dinamismo periglacial actual a partir de los 2.170 m. (A. GOMEZ ORTIZ, 1976). Si en un principio sólo lo intuíamos por la disposición de los vegetales y la colonización de ciertas especies en lugares muy específicos, la serie de experiencias llevadas a cabo nos ponen de relieve la efectividad morfogénica del hielo en el suelo.

c) Se ha constatado la importancia de los factores altitud, granulometría de la fracción mineral, grado de recubrimiento vegetal y acción eólica en la intensidad de la movilidad de los clastos. Clastos de igual calibre sufrieron mayor desplazamiento en la "E1 Planell de Calmquerdós" que en la "E2 La Feixa"<sup>4</sup>. El diferente régimen térmico de ambas estaciones y, como consecuencia, el número de ciclos de hielo-deshielo en el suelo, son variables decisivas en el referido desplazamiento de los gelifractos.

d) Se ha comprobado que cuando el suelo se ofrece sin recubrimiento vegetal la capa susceptible de helarse, alcanza una profundidad media de 10 cm. Ello coincide con el espesor de las microfiguraciones geométricas flotantes.

e) Se ha constatado el volteo de clastos en los ejes pedregosos, así como su fosilización por material terroso, hechos que ponen en evidencia empujes tangenciales.

f) Se nos ha demostrado que la movilidad de los clastos está en relación directa a la proporción de matriz fina que los envuelve. Las medidas óptimas de aquéllos se encuentran por debajo de los 10 mm. de eje mayor.

g) Somos conscientes de que se nos han escapado de control algunas variables y entre ellas las que hacen referencia al clima. La falta de una estación meteorológica "in situ" es imprescindible para dar mayor solidez a nuestros resultados. Es por ello que se detecta la necesidad de cuantificar, de manera especial, el régimen térmico en superficie, en el aire y en las capas superiores del suelo; la frecuencia e intensidad de los vientos; el ritmo de las precipitaciones y la variabilidad y espesor de la nieve.

h) Se cree en la conveniencia de proseguir la investigación y comparar sus resultados con otras experimentaciones de diferentes puntos de cadenas montañosas mediterráneas. Sólo de esta forma será posible tener un conocimiento más objetivo de la realidad morfogénica de los niveles supraforestales.

4. Con respecto a la cuantificación de los clastos de la E1 remitimos a nuestro trabajo ya citado.

**BIBLIOGRAFIA**

- GOMEZ ORTIZ, A. y SERRAT, D., 1977: *Las figuraciones geométricas periglaciales de los altos niveles del Pirineo Oriental*. V Coloquio de Geografía, pp. 75-81.
- GOMEZ ORTIZ, A., 1981: *Estudio Geomorfológico del Pirineo Catalán: morfogénesis glacial y periglacial de los altos niveles y vertientes meridionales de los macizos de Calmquerdós, Tossa Plana de Lles y Port Negre (Cerdanya-Alt Urgell)*. Universidad de Barcelona, 49 p.
- LLOBET, S. y GOMEZ ORTIZ, A., 1979: *Primeros resultados experimentales acerca de la funcionalidad en los círculos de piedras del macizo de Calmquerdós (Pirineo Oriental)*. Actas de la IV Reunión del GETC. Banyoles, pp. 154-165.
- PISSART, A., 1972: *Vitesse des mouvements des pierres dans les sols et sur les versants periglaciaires au Chambeyron (Basses-Alpes)*. Actes de Symposium international de géomorphologie... Université de Liège, pp. 251-268.
- PISSART, A., 1973: *L'origine des sols polygonaux et striés du Chambeyron (Basses-Alpes)*. Bull. Soc. Géogr. Liège, núm. 9, pp. 33-53.
- PISSART, A., 1977: *Apparition et évolution des sols structuraux periglaciaires de haute montagne. Expériences de terrain au Chambeyron (Alpes. France)*. Akad. Zurich, pp. 142-156.
- SOUTADE, G., 1980: *Modèle et dynamique actuelle des versants supraforestiers des Pyrénées Orientales*. Imp. Coop. du Sud-Ouest. Albi, 452 p.

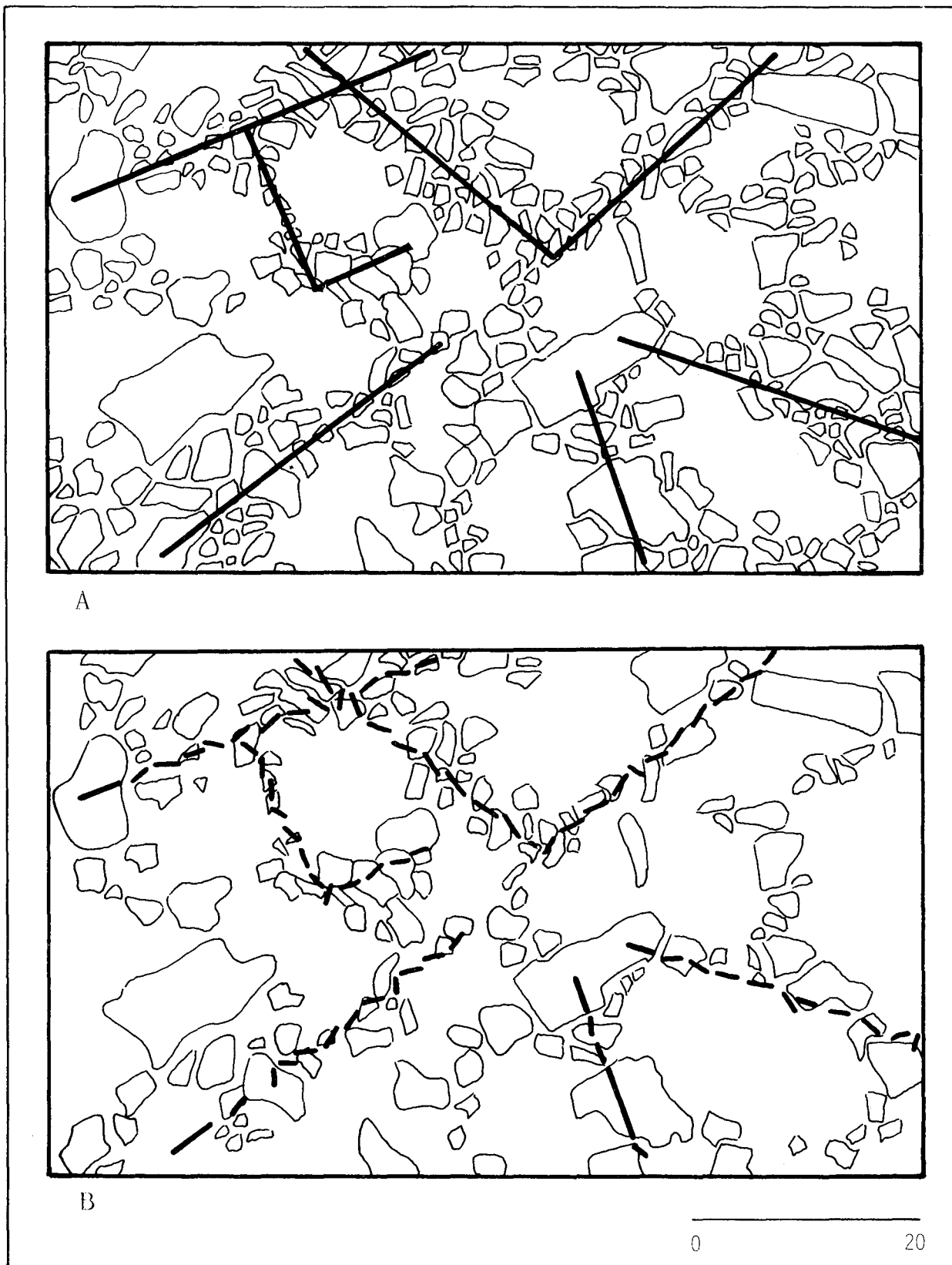


FIG. 1  
1. Movilidad de la fracción mineral superficial detectada en microcírculos de piedras. A. Trazado de las líneas en julio de 1978. B. Deformaciones observadas en agosto de 1980.

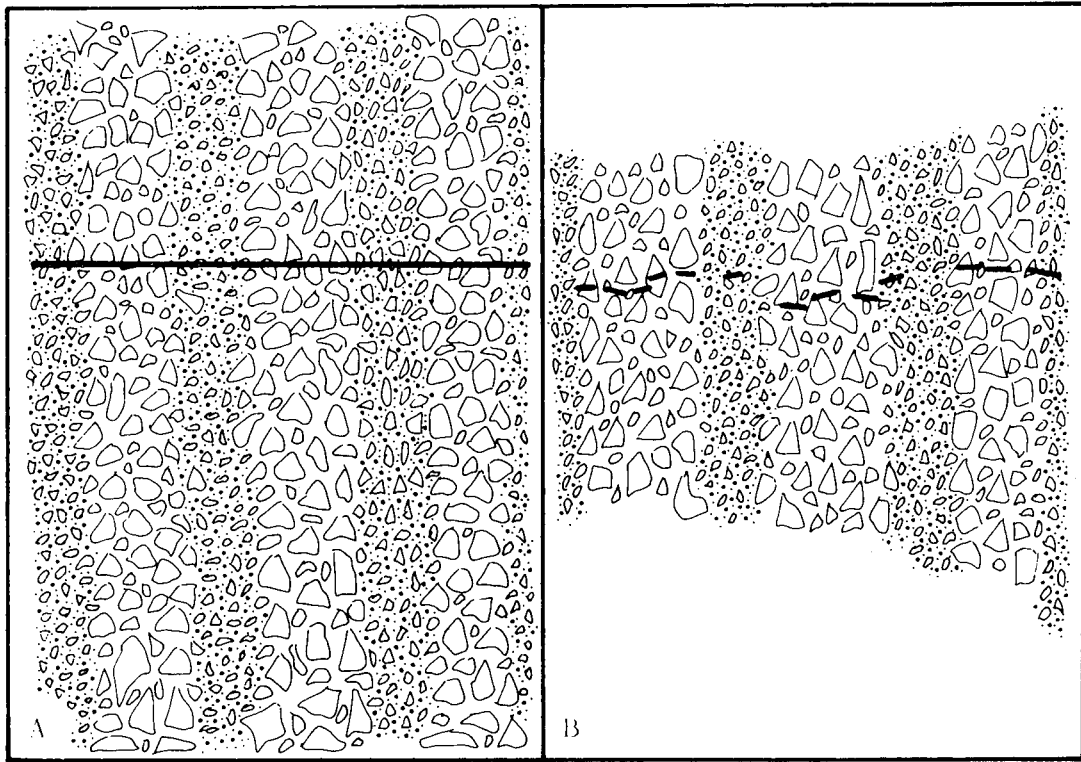


FIG. 2

Desplazamientos detectados en los clastos y gravas superficiales de un estriado.  
 A. Fijación de la línea en 1980. B. Deformaciones detectadas en agosto de 1981.

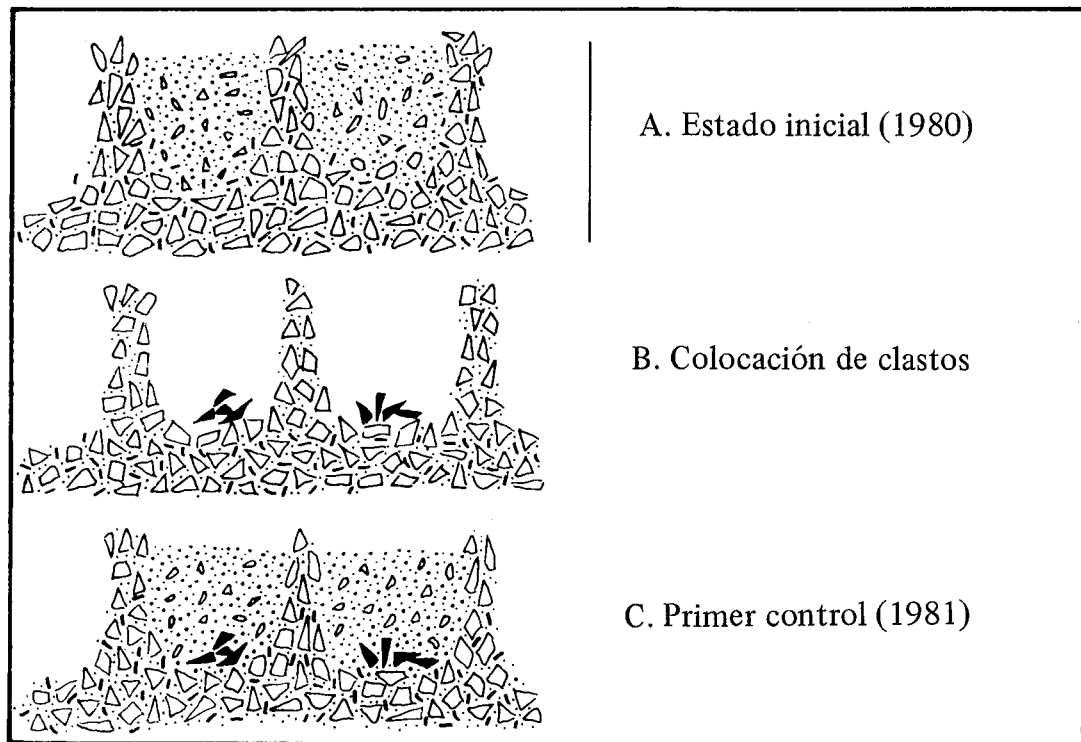


FIG. 3

Experiencia realizada en microcírculos de piedras. A. Estado inicial de los microcírculos, (sección vertical), en agosto de 1980. B. Vaciado del sector central y colocación de los clastos coloreados. C. Primer control realizado en 1981 (agosto).