FEDERACION
ANDALUZA DE
ESPELEOLOGIA

Andalucía Subterránea



Nº 6

ANDALUCIA

SUBTERRANEA



FEDERACION ANDALUZA DE ESPELEOLOGIA

octubre, 1986 N.º 6

ANDALUCIA SUBTERRANEA Nº 6

1986

Edita:Federación Andaluza de Espeleología

Director:José Mº Gutierrez

Consejo Redacción:

Federico Ramirez

Mercedes Ferrando

Juan J. Duran

Manuel Moreno

Miguel Lopez

Composición y maquetaje:

Soc. Grupo de Espeleólogos Granadinos

Portada:

Mercedes Marin

Los autores son los únicos responsables de las opiniones que viertan en sus articulos.

Para intercambio o suscripción:

Andalucía Subterránea

Fed. Andaluza de Espeleología

Ap. Correos 2097

29080 - MALAGA

EDITORIAL 5

ESTUDIO ESTADISTICO DE LA CORRELACION ENTRE LA PRECIPITACION Y CAUDAL DE UN RIO SUBTERRANEO (SISTEMA HUNDIDERO-GATO, MONTEJAQUE-BENAOJAN, MALAGA).
Juan J. Duran Valsero 11

PEQUEÑOS PROGRAMAS PARA TOPOGRAFIA (II)
Luis Gilperez Fraile 37

SOBRE LA CLIMATICA DE ALGUNAS CAVIDADES DEL COMPLEJO SIERRA DE LAS NIEVES-SIERRA DE TOLOX DE LA SERRANIA DE RONDA (MALAGA)
Manuel Moreno Wallace 41

HABITAT PREHISTORICO EN SIERRA GORDA
Francisco Cardenas Berenguel y Eduardo Ruiz Nieto 57

ABRIGOS BAJO ROCA. UNA SINTESIS SOBRE SU EVOLUCION Y RELLENO
Jesús M. Soria 65

SOBRE LA EXISTENCIA DE FORMAS KARSTICAS DEL TIPO "POZOS DE ACUMULACION DE NIEVE" EN EL PICO MAROMA; SIERRA TEJEDA GRANADA-MALAGA).
Juan J. Duran Valsero y José A. Molina Muñoz 103

EDITORIAL

Tras un periodo de dos años sin aparecer nos presentamos de nuevo ante vosotros.

Nos han agobiado las presiones de la politica deportiva (varios periodos electorales, cambios de estructura, reconocimiento de clubs, etc.), el recorte presupuestario de 1984 y nuestros propios cambios internos como el paso de la Federación de Granada a Málaga. Pero nos hemos ocupado de otros problemas, y nos sentimos orgullosos por el relanzamiento de las actividades, el aumento progresivo de los federados la reestructuración de nuestro organigrama en comisiones y el pleno funcionamiento de la Escuela.

ANDALUCIA SUBTERRANEA,6 es la primera publicación como tal de la nueva directiva y como podeis observar ha sufrido un gran cambio, se han suprimido las actividades, las noticias y los temas federativos y es que para esto hemos creado nuestra revista Specus que esperamos ofrecerte pronto.

José M. Gutierrez



Querido José Maria:

Es muy díficil para nosotros decirte adios. Contigo compartimos esta ilusión tan grande que es la Espeleo, ilusión por la que peleamos juntos, ilusión que nos hizo primero compañeros y luego amigos. Ilusión que paradójica y de manera cruelmente cruel nos ha separado.

Te prometemos que esta ilusión no se va a quedar en eso, vamos a seguir luchando para llevar a esta espeleo andaluza al lugar que tú y todos nosotros queriamos. Continuaremos luchando, y nuestra lucha será tú lucha, y nuestros logros serán tambien los tuyos. Porque sabemos que, aunque te hayas ido, vendrás, con tu R-4 abollado, vestido con tu chaqueta de cuadros verdes y negros, llena de escudos de metal y de tela, para ayudarnos en esta empresa tan bonita que es la Espeleología Andaluza.

Hasta siempre.



Fede . . . ¿te acuerdas?. Han transcurrido exactamente 16 años desde aquel mes de Octubre de 1969, en que con toda la ilusión y la fuerza de la edad de aquel momento, hacíamos nuestra primera exploración en la entonces fascinante Cueva de los Baños en Manilva, hasta este reciente Octubre de 1985, en el que la ilusión se nos transformaba en desdicha y la fuerza se tornaba en rabia, porque nuestro descenso al Pozo del Infierno en Vegacervera suponía el duro golpe de la muerte en algo más que en la persona de un compañero o de un amigo: en una parte de nosotros mismos.

Alguien me lo decía hace unos dias: que era imposible pensar que precisamente a tí te pudiera ocurrir un accidente: tu aplomo, tu audacia, tu experiencia, tu preparación, hacían que los demás se sintieran seguros cuando te acompañaban en una exploración. Te enfrentabas al riesgo y lo superabas: y por ello, el clásico equipo de punta tenía una plaza menos: la tuya.

Eramos tan solo unos crios de 14 años, cuando ingre-

samos en el Grupo Geoespeleológico; hasta ese momento habíamos juntos una constante actividad de aire libre, campamentos, etc., cuando en nuestro afan de ampliar y afianzar las mismas se cruzó ante nosotros una palabra mágica y desconocida hasta entonces: espeleología.

A partir de ese momento, toda tu vida giraría en torno a ella, hasta convertirte en número uno.

Conforme evolucionaba la técnica y aumentaban tus conocimientos, así progresabas en tus logros. De aquel primer objetivo de alcanzar los -100 en la Sima de los Baños (1970), siguiendo por la travesía de Hundidero-Gato (1972), pasando por aquella expedición a Cataluña y el Sur de Francia (1972), los descensos a Raja Santa (1973), los inicios en la Sierra de las Nieves (1974) y las primeras expediciones a Marruecos (1979) con el orgullo de haber alcanzado el gran sueño dorado: sobrepasar en primera exploración la mítica barrera de los 1000 metros de profundidad en Sima GESM en el año 1978.

Y recientemente, el espeleobuceo; lo último, incluso para tu vida. Habrá quien piense que arriesgabas demasiado, que se estaba ya en el límite, que esto podría ocurrir algún dia. Probablemente sea así, pero tu ya lo sabías y lo habíamos hablado varias veces. Que el riesgo existía, pero que con una preparación, con una técnica, lo podíamos reducir considerablemente y por lo tanto valía la pena hacerlo.

¿Locos?; según se mire. !Que enorme placer el deslizarse por las venas de la tierra! !Que indescriptible sensación la de escudriñar los recovecos en esa perfecta conjunción de agua y roca!.

Y no es que desearas morir, sino que la muerte no te preocupaba ya que es algo que podía ocurrir en cualquier momento y en cualquier lugar. Y tu preparación física, tus conocimientos técnicos, tu audacia en esa combinación de prudencia y arrojo, hacían que el medio subterráneo se convirtiera en algo habitual. Pero allí estaba el destino; fácil palabra de difícil comprensión.

La vida es un tránsito, un preludio de la muerte, y teníamos perfecto conocimiento de ello; por esto, muchos de tus amigos apenas hemos tenido una lágrima en los ojos que a pesar del enorme vacío que tú sabes que nos dejas. Pero es que que por increible que parezca, tu propia alegría de vivir, tu permanente sonrisa, tu mano siempre abierta, !tu mismo! como se dice ahora, nos ha impedido llorar.

No estas aquí, pero no te vamos a decir adios cada vez que descendamos a un cueva, cuando soñemos en una gran expedición, o cuando preparemos una salida, nos vas a seguir acompañando. Porque has conseguido quedarte en nuestro interior. Por eso, tan solo te digo: !hasta luego!

Enrique

ESTUDIO ESTADISTICO DE LA CORRELACION ENTRE LA PRECIPITACION Y CAUDAL EN UN RIO SUBTERRANEO (SISTEMA HUNDIDERO-GATO, MONTEJAQUE-BENAOJAN, MALAGA).

JUAN J. DURAN VALSERO

Grupo de Exploraciones Subterráneas de la Soc. Exc. de Málaga.

Introducción

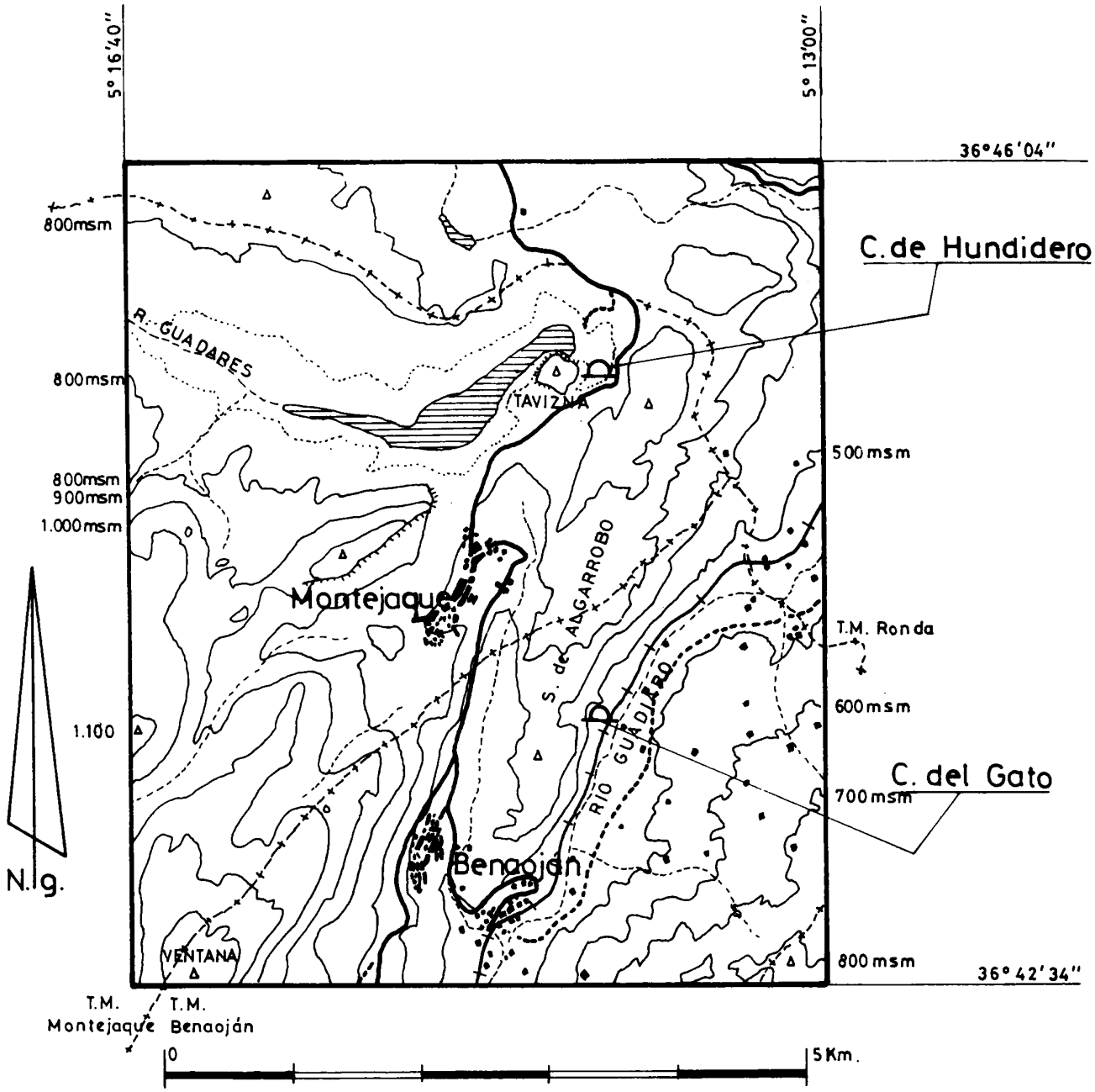
En un principio, el trabajo a realizar de Estadistica, se refería a la posible correlación de direcciones de cauces (El Rio Guadalhorce) con las direcciones definidas por la intersección de las fallas de la región con la topografía. A pesar de que fue emprendido y dió algunos frutos interesantes, se observó que los datos disponibles no permitían la aplicación del tratamiento estadístico elegido. Por ello, se recurrió a otro tema, igualmente interesante, que intente relacionar la precipitación con el caudal de un rio subterráneo.

Desde el conocimiento del mismo, era consciente que el tratamiento estadístico de datos que varían en el tiempo conllevan unas dificultades difíciles de superar con el bagaje de conocimientos matemáticos que poseo. Sin emgargo,los resultados, tras hacer algunas simplificaciones, muestran el interés del análisis realizado.

El presente estudio pretende un objetivo principal:

Contribuir al conocimiento del funcionamiento hidrológico del sístema Hundidero-Gato, situado entre Montejaque y Benaoján, en la Serranía de Ronda (Málaga). Esta gran cavidad subterránea (con más de 8Kms. de recorrido total) atrae a numerosos espeleólogos y científicos, acarreando un riesgo exploratorio potencial la existencia en su interior de un rio subterráneo que desemboca en el Rio Guadiaro por la boca de la Cueva del Gato que experimenta eventualmente fuertes crecidas, habiéndose producido por esta causa numerosos accidentes, con varias pérdidas de vidas humanas.

Al interés científico se le une pues, el interés práctico, puesto que el conocimiento de las posibles dependencias entre el caudal, pluviometría y tiempo puede contribuir a disminuir el número de accidentes, sobre todo los producidos por el desconocimiento de la situación hídrica en el interior de la cavidad en el momento de la exploración.



CALCADO DEL CATASTRAL:

NOMBRE	UBRIQUE
Nº HOJA	1.050
ESCALA	1/50.000
EDICION	2ª
DATOS	INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL 1.969
PUBLICACION	" " " " 1.972
MERIDIANO	GREENWICH
LATITUD	N
LONGITUD	E

C. DE HUNDIDERO X- 5° 14' 09" Y- 36° 45' 08" Z- 590msm

C. DEL GATO X- 5° 14' 14" Y- 36° 43' 40" Z- 420msm

Metodología

El estudio estadístico, núcleo del trabajo, se ha desglosado en varios apartados. En primer lugar, se seleccionó un año hidrológico suficientemente representativo (con crecidas, descensos fuertes de caudal, etc.) de los fenómenos representados en el Sistema Hundidero-Gato y que se pretendían estudiar. Posteriormente,se observó comportamiento anual de la precipitación en Montejaque y del caudal aforado en la Cueva del Gato.

Dado el volumen de datos era muy elevado para un estudio sin ordenador, se restringió el mismo a los meses de Diciembre, Enero y Febrero (años 1965 y 1966), por considerar en ellos mejor representados los fenómenos a estudiar. En ellos, cada variable (pluviometría, caudal) se estudió independientemente, calculando medias, varianzas, y otros parámetros de interés.

El estudio de las correlaciones entre ambas variables se abordó de varias maneras:

1- Correlación entre precipitación caída en un día (Montejaque) y el caudal medido ese mismo día (Cueva del Gato).

2- Correlación entre caudal medido en un día y la sumatoria de las precipitaciones de los tres días anteriores a la toma del caudal (Montejaque).

3- Correlación entre caudal (Cueva del Gato) en un día y la sumatoria de las precipitaciones de los cuatro días anteriores a la toma del mismo (Montejaque).

Estas relaciones se realizaron porque se observó un desfase temporal en el comportamiento del caudal respecto a la pluviometría, al realizar los hidrogramas correspondientes a fuertes tormentas en la cuenca epígea del rio.

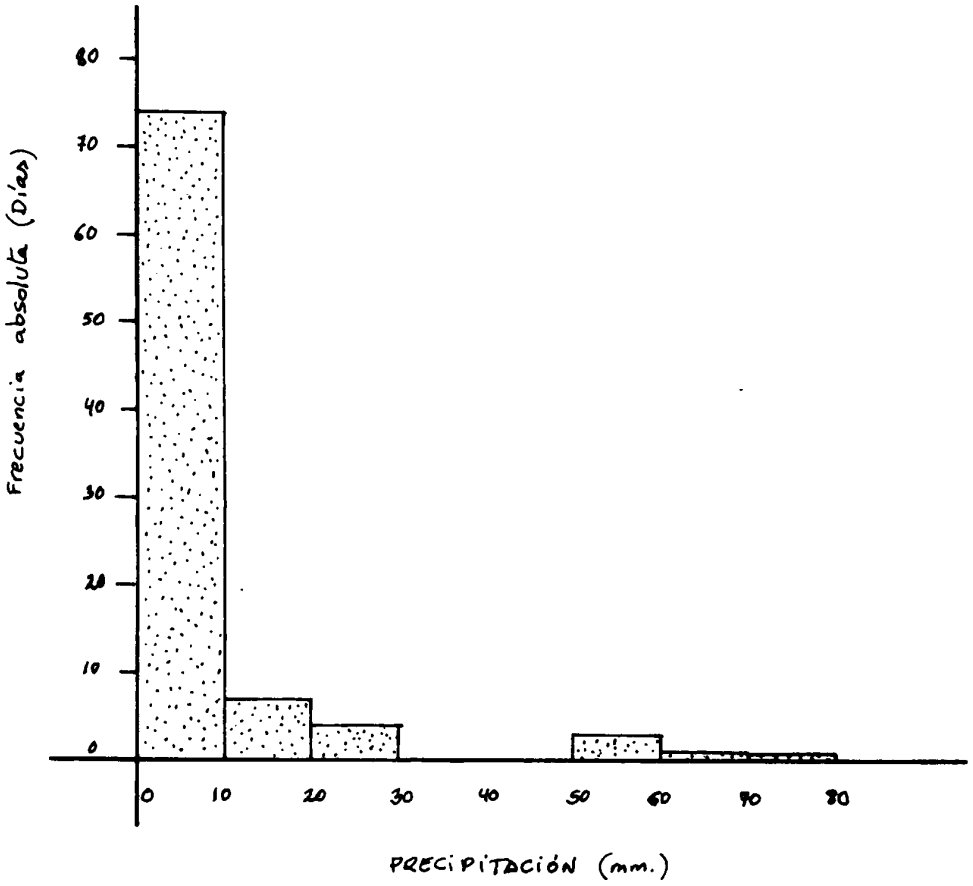
Además se realizó un test de contraste de hipótesis, sobre diferencias de medias, a título experimental, para ver si el comportamiento de la variable de caudal, en los meses estudiados, variaba de un año a otro.

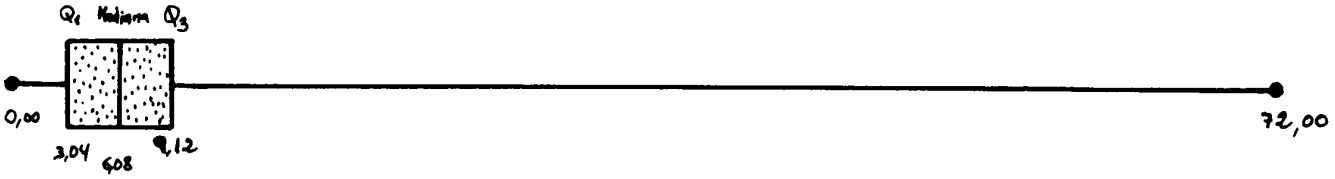
Del análisis de todos los datos, tanto numéricos como gráficos, he obtenido las conclusiones finales del estudio.

Comportamiento anual de las variables caudal (Cueva del Gato) y precipitación (Montejaque)

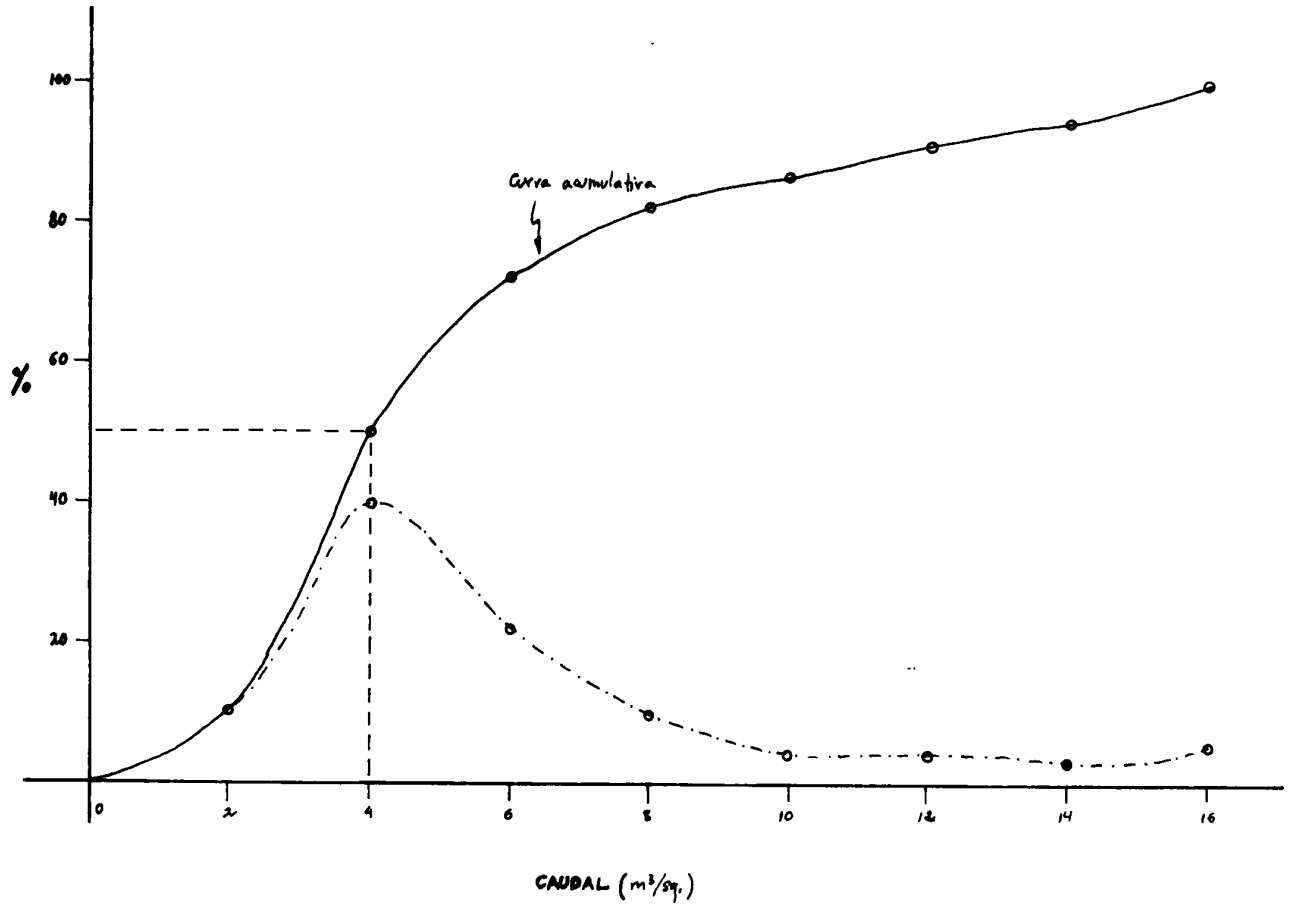
La idea de relacionar las precipitaciones habidas en la cuenca subárea de un rio subterranéo con el caudal que este desaloja es, dentro de un periodo relativamente amplio, tan evidente como reflejan las representaciones gráficas del caudal y precipitación anuales en la Cueva del Gato y la Estación pluviométrica de Montejaque, respectivamente.

El año representado corresponde al año hidrológico 1965-1966 (de Octubre a Septiembre). Se observa que los meses de Junio a Septiembre apenas hay variaciones de cau-

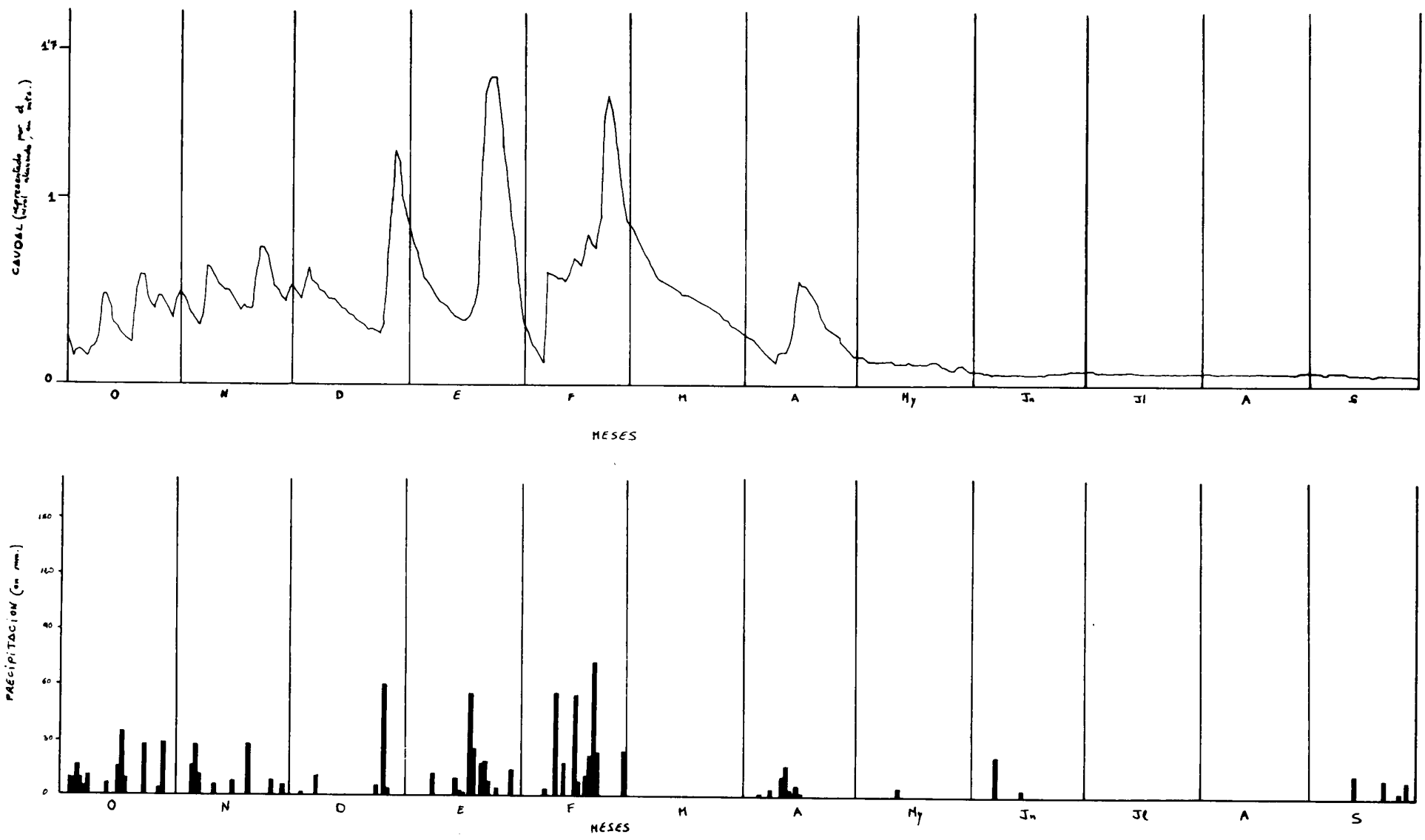




Representaciones gráficas de la variable "Precipitación". Montejaque.



Curvas de distribución de frecuencias relativas de la variable "caudal", Cueva del Gato.



Representación gráfica del caudal y de la pluviometría diarios en el Aforo de la Cueva del Gato y la Estación pluviométrica de Montejaque ; año hidrico 1965-1966.

dal, a pesar de existir aisladamente alguna precipitación fuerte. Los meses de Octubre y Noviembre recargan el acuífero subterráneo con las sucesivas lluvias registradas, aumentando notablemente el caudal del la Cueva del Gato. Durante los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Abril, son constantes las grandes crecidas en la cavidad, correspondiendo "grosso modo" a épocas de fuertes aguaceros. El mes de Marzo constituye en esta ocasión un caso particular, puesto que no registra ninguna precipitación, y el caudal desciende paulatinamente.

Por último, el mes de Mayo representa la transición de nuevo al periodo de estiaje.

Dentro del año representado he elegido para un estudio más detallado los meses de Diciembre (1965), Enero y Febrero (1966), para intentar establecer correlaciones entre el caudal y la pluviometría en épocas de riesgo de crecidas.

Estudio de la variable caudal (Cueva del Gato) durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero (1965 y 1966)

El caudal aforado en la Cueva del Gato varía, durante estas fechas (90 medidas), entre unos límites muy amplios desde 0'59 m/sg. a 15'54 m/sg. Para calcular los estadísticos de interés se ha parcelado el rango de la variable en 8 intervalos, de dos unidades de amplitud cada uno, que abarcan de 0 a 16 (m/sg.).

El límite inferior del intervalo queda recogido en el mismo, mientras que el superior se encuandra en el siguiente; así, por ejemplo, el 2'00 está incluido en el intervalo (2'4).

Los parámetros calculados son:

MEDIA: $\frac{\Sigma ni\ xi}{\Sigma ni} = 5'27\ m^3/sg. = \bar{x}$

MODA: $3'26\ m^3/sg.$

MEDIANA: $4\ m^3/sg.$

Q_1 : $2'75\ m^3/sg.$

Q_3 : $6'55\ m^3/sg.$

VARIANZA:

$$\frac{\Sigma ni\ xi^2}{ni} \quad \left[\frac{ni\ xi}{ni}\right]^2 = 13'53 = Sx^2$$

DESVIACION TIPICA:

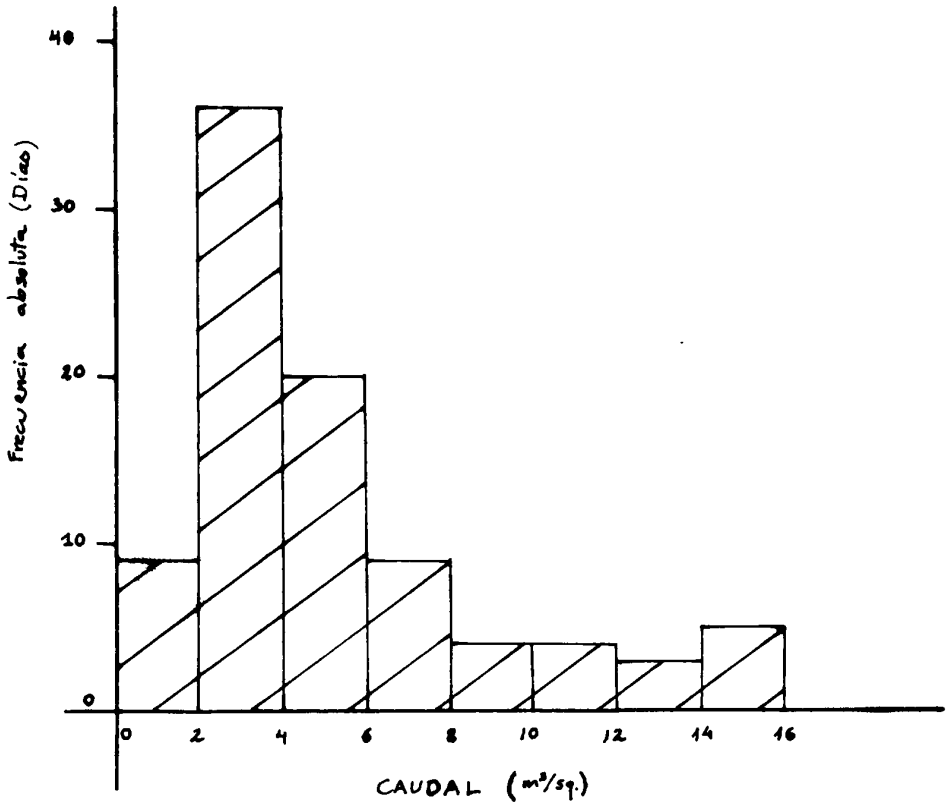
$$\sqrt{Sx^2} = Sx = 3'68$$

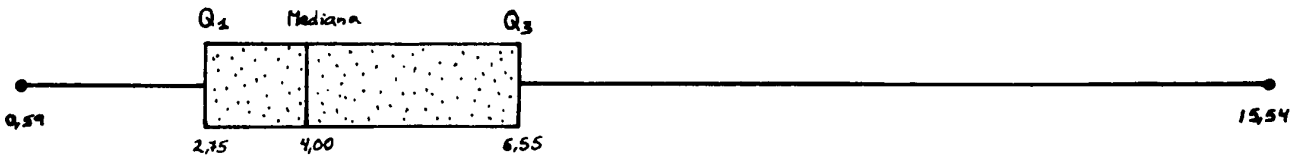
COEFICIENTE DE VARIACION:

$$\frac{\bar{x}}{Sx} 100 = 143'12$$

Asimismo, se han dibujado diversas representasiones gráficas de interés (histogramas, curvas de distribución, etc.), reflejadas en las figuras siguientes.

Estudio de la variable pluviométrica (Montejaque) durante los meses de Diciembre, Enero





Representaciones gráficas de la variable "caudal". Cueva del Gato.

y Febrero (1965 y 1966)

Se ha estudiado la pluviométria diaria recogida en la Estación Meteorológica de Montejaque (90 medidas).

El rango de la variable abarca de 0 mm. a 72 mm.. Se ha parcelado en 8 intervalos, de 10 unidades cada uno, con iguales criterios que para la variable caudal.

Los parámetros calculados son:

MEDIA: 9'8 mm.
MODA: 1'05 mm.
MEDIANA: 6'08 mm.
Q1: 3'04 mm.
Q3: 9'12 mm.
VARIANZA: 180'51
DESVIACIÓN TÍPICA: 13'44
COEF. DE VARIACIÓN: 72'75

Los histogramas, las curvas de distribución y otras representaciones gráficas de interés están reflejadas en las figuras siguientes.

La correlación caudal (Gato) y precipitación (Montejaque).

Un primer ensayo de correlación se realizó entre los caudales recogidos a diario en la Cueva del Gato y las precipitaciones registradas esos mismos dias en la estación pluviométrica de Montejaque.

La tabla siguiente de correlación muestra ya claramente que esta no es elevada. Se calcularon las medias y varianzas marginales, que naturalmente coinciden con las calculadas en cada variable por separado.

MEDIAS MARGINALES:

$$x=\frac{\Sigma f_j\, x_i}{\Sigma f_i}= 9'8$$

$$y=\frac{\Sigma f_i\, y_i}{\Sigma f_i}= 5'27$$

VARIANZAS MARGINALES:

$$S_x^2=\frac{\Sigma f_j\, x_i^2}{\Sigma f_i} - x^2=180'51$$

$$S_y^2=\frac{\Sigma f_i\, y_i^2}{\Sigma f_i} - y^2= 13'53$$

COVARIANZA:

$$S_{xy}=\frac{\Sigma_{ij}\, f_{ij}\, y_i\, x_i}{N} - y\, x = 5'39$$

$$N=\Sigma f_i$$

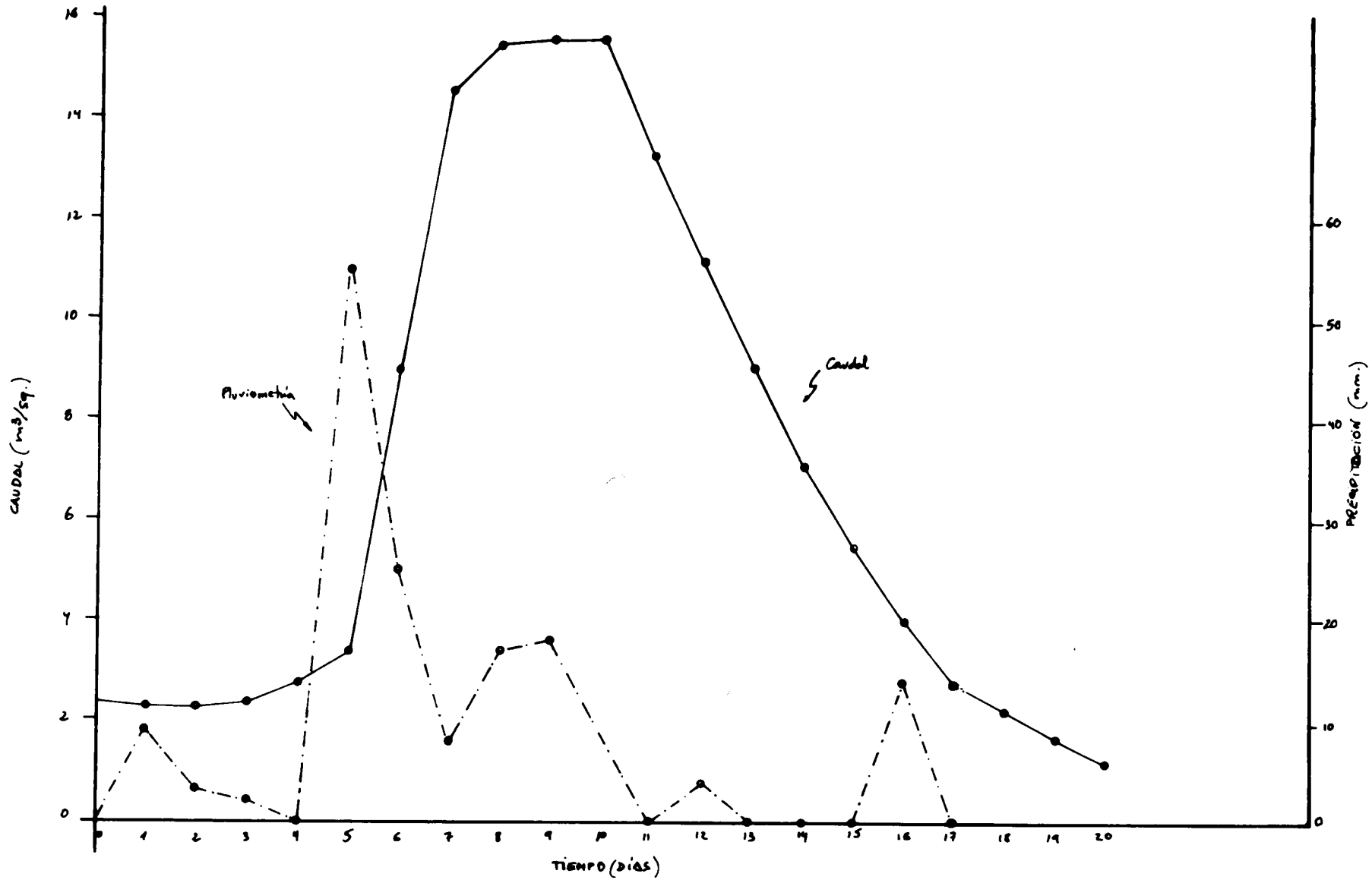
COEFICIENTE DE CORRELACION:

$$\psi=\frac{S_{xy}}{S_x\, S_y}= 0'11$$

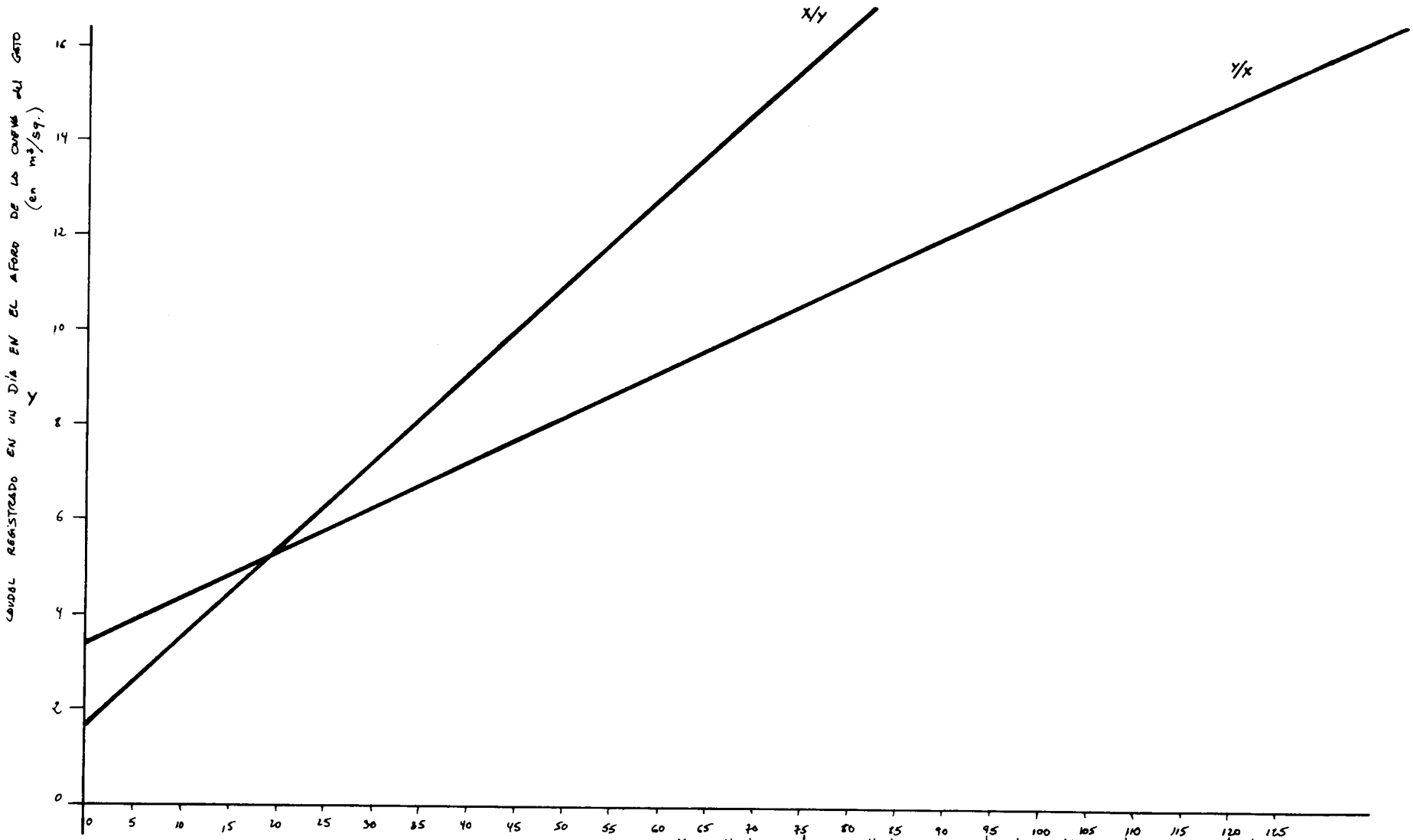
Dada la bajísima correlación no he dibujado la recta de regresión, ni calculado sus ecuaciones, por no considerarlo de interés práctico.

Histogramas

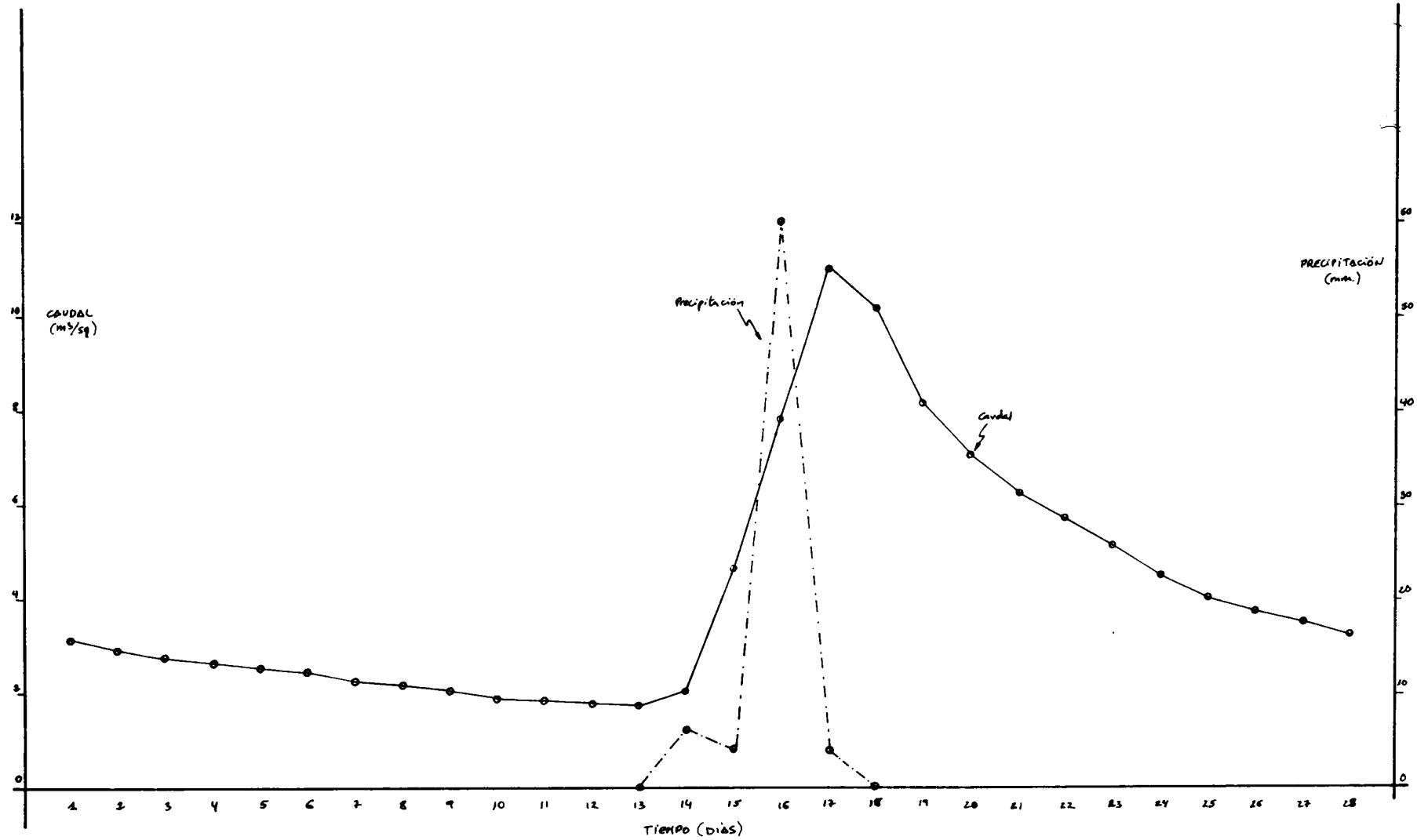
Al objeto de ver si existía un desfase temporal entre las precipitaciones de Montejque y el cauda de la Cueva del Gato, he realizado varios hidrogramas, que registran a la vez ambas variables en una época de fuertes lluvias y caudales elevados. Se observa que el pico de crecida máxima está varios días retrasado respecto a las precipitaciones mayores.



Hidrograma del Aforo de la Cueva del Gato y Precipitación en Montejaque para los días 8-1-65 al 2-2-66 (inclusive).



Rectas de regresión de X/Y e Y/X.



Hidrograma del Aforo de la cueva del Gato y Precipitación en Montejaque para los días 11-XII-65 y 7-I-66, inclusives.

Si las precipitaciones son puntuales, la crecida desciende bruscamente con el tiempo, al parar la lluvia, según una función exponencial negativa. Si las lluvias por el contrario continúan durante un cierto tiempo, la crecida entra en una fase de meseta, para posteriormente descender de igual manera que en el caso anterior.

El tiempo de retardo oscila entre 1 y 8 días en los diferentes años consultados, en función de las precipitaciones, el estado de carga del acuífero y otras variables no determinadas.

Otras correlaciones

Haciendo una simplificación respecto a la influencia del tiempo, he pretendido alcanzar un mayor grado de significación en la correlación, jugando con la variable tiempo asociada a la precipitación, para relacionarla con el caudal.

Partiendo de la evidencia de un desfase temporal entre las precipitaciones y las grandes crecidas, se ensayaron distintas correlaciones:

1- Correlación entre el caudal de la Cueva del Gato y la precipitación caída de día anterior en Montejaque.

2- Correlación entre el caudal de la Cueva del Gato y la suma de las precipitaciones caídas en los días anteriores en Montejaque.

3- Correlación entre el caudal de la Cueva del Gato y la suma de las precipitaciones caídas en los tres días anteriores en Montejaque**(*)**.

4- Correlación entre el caudal de la Cueva del Gato y la suma de las precipitaciones caídas en los cuatro días anteriores en Montejaque**(**)**.

Dado que las dos primeras resultaron poco significativas no se reflejan en este estudio.

Los parámetros correspondientes a las otras dos correlaciones son:

(*)

COVARIANZA: Sxy= 74,02

COEFICIENTE DE CORRELACION: ϕ = 0,71

RECTAS DE REGRESION:

y/x : $Y = 0{,}096\ x + 3{,}41$

x/y : $X = 5{,}26\ y - 8{,}48$

(**)

COVARIANZA: Sxy = 100,20

COEFICIENTE DE CORRELACION: ϕ =0,80

RECTAS DE REGRESION:

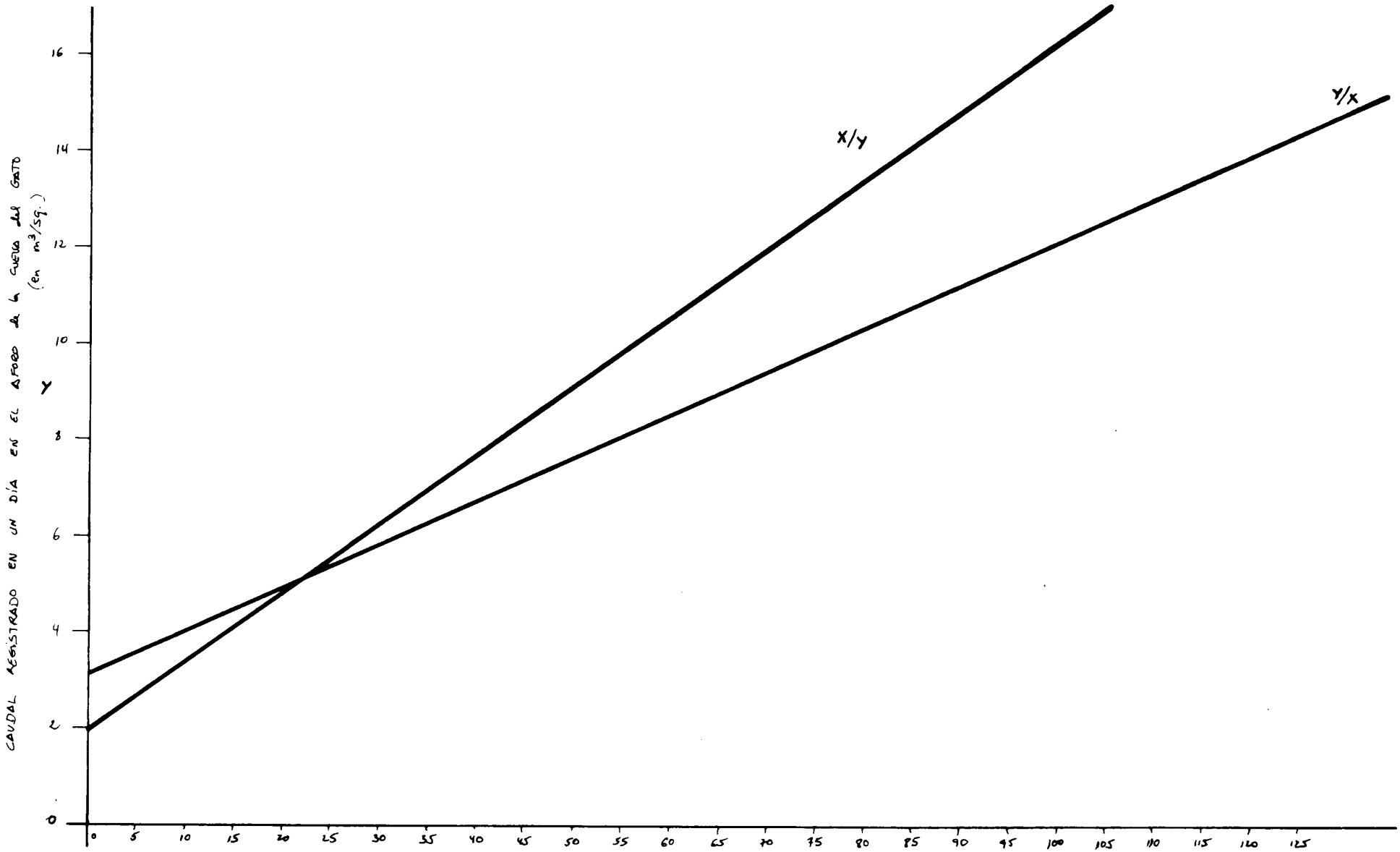
y/x : $Y = 0{,}090\ x + 3{,}1$

x/y : $X = 7{,}12\ y - 13{,}5$

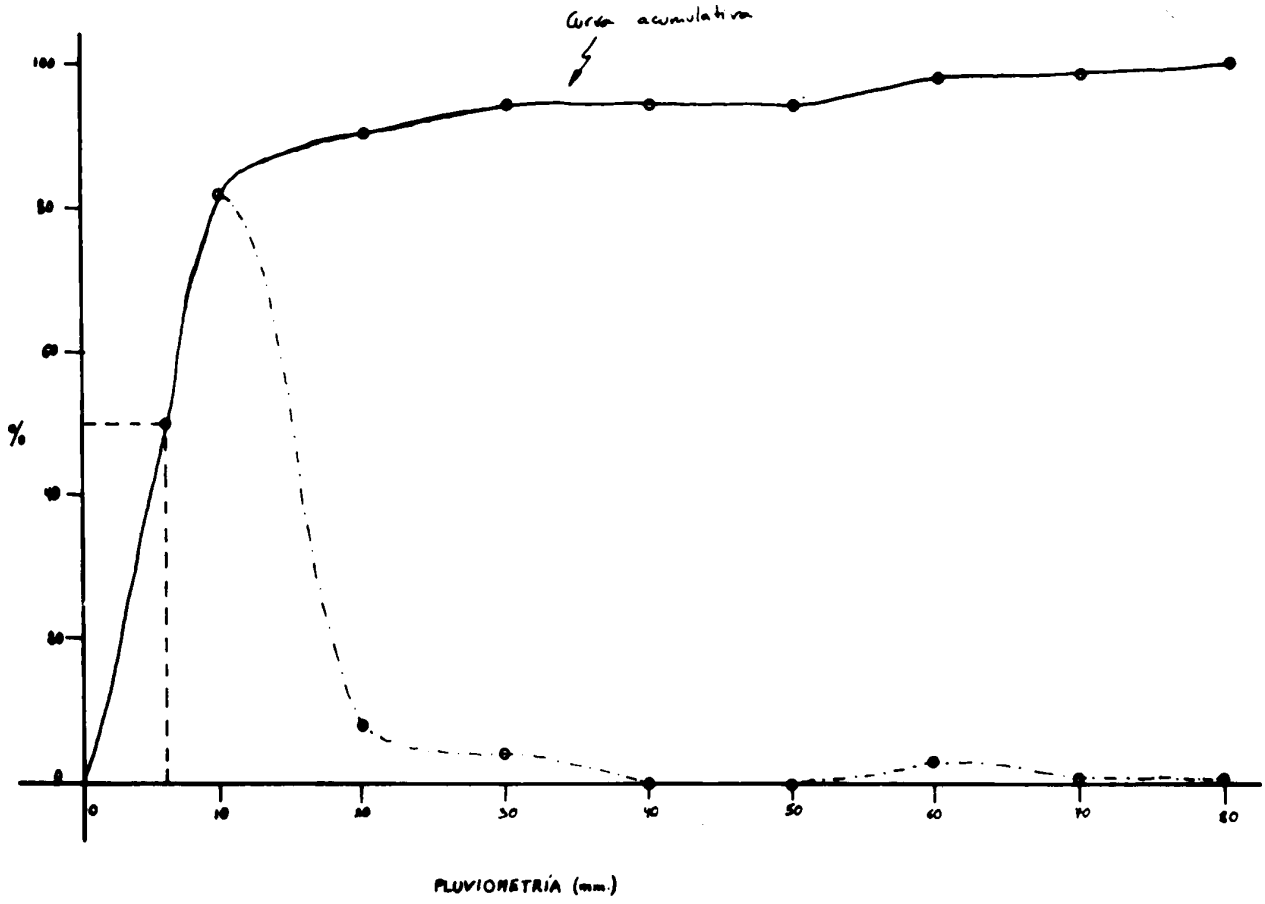
Es destacable el alto coeficiente de correlación de la última ensayada.

Test de hipótesis

He realizado un test de diferencias de medias a título exclusivamente práctico (ya que hay condicionantes teóricos que impiden la aplicación del mismo, puesto que la variable no se distribuye según una ley Normal), para comprobar si los caudales de los



Rectas de regresión de X/y e Y/x



Curvas de distribución de frecuencias relativas de la variable "pluviometría". Montejaque.

meses de Diciembre, Enero y Febrero varían de un año hidrológico a otro.

Para ello se calcularon las medias y varianzas de los caudales durante estos meses en el año 1963-1966.

CAUDAL: (Diciembre, Enero y Febrero de 1965-66). (n=91)
MEDIA: 5,57
VARIANZA: 25,69

Se contrastará la hipótesis de que el caudal no varía durante estos meses, con un nivel de significación de x= 0.05.

$Ho: \mu_1 - \mu_2 = 0 \rightarrow \mu_1 = \mu_2$
$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \rightarrow \mu_1 \neq \mu_2$

$\tau\alpha = 1,97 \; ; \; \rho = 5$
grados de libertad = 91+90-2=179

$\bar{x}_1 = 5,27$
$Sx_1^2 = 13,53$
$n_1 = 90$
$\bar{x}_2 = 5,57$
$Sx_2^2 = 25,69$
$n_2 = 91$

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2 \pm \tau\alpha . \frac{(n_1 Sx_1^2 + n_1 Sx_2^2)(n_1+n_2)}{n_1 n_2 (n_1+n_2-2)}) \text{ , sustituyendo:}$$

$$(5,27-5,57 \pm 1,97 . \frac{[90(13,53)^2+91(25,69)^2](90+91)}{90.91(90+91-2)})$$

$$(5,27-5,57 \pm 1,97.3,074) = (-0,3 \pm 6,05578)$$

$$(5,75578 \; , \; -6,35578)$$

dado que el 0 está comprendido en ese intervalo, se acepta la hipótesis de que el caudal no varía para los meses de Diciembre, Enero y Febrero en años hidrológicos diferentes, con un 95% de confianza.

Conclusiones

El aforo de la Cueva del Gato, durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero presenta las siguientes características:

1- El caudal que desaloja depende fundamentalmente de la precipitación caída en la cuenca epigea, así como de otros parámetros hidraúlicos subterráneos.

2- Las relaciones entre el caudal y las precipitaciones están desfasadas en el tiem-

po, con diferencias según la intensidad de las precipitaciones, el estado de carga del acuífero y otras variables.

3- Asimismo, este caudal puede referirse con un grado de correlación bastante alto de 0'8 a las precipitaciones registradas en los cuatro días anteriores a la lectura del mismo en Gato, en la Estación pluviométrica de Montejaque.

4- La relación de las precipitaciones de los últimos 4 días anteriores/caudal aforado, es mucho más directa para valores altos de precipitación; para los valores bajos sin embargo, el intervalo de valores de caudal es más amplio, si bien no alcanzan niveles peligrosos.

5- A veces, una precipitación importante en Montejaque, no tiene ninguna incidencia en la variable caudal registrado en la Cueva del Gato.

6- Por último, destacar la importancia de que conociendo el comportamiento del aforo de la Cueva del Gato y sus relaciones con el tiempo y la pluviometría en la Estación de Montejaque se pueden estimar, con los datos pluviométricos conocidos, el día ideal para hacer un recorrido por el Sistema Hundidero-Gato, así como prevenir riesgos en días posteriores a las grandes lluvias tanto de tipo espeleológico, como de peligrosidad por la crecida en la boca de Gato y su aporte al Guadiaro.

* * *

TABLA ESTADÍSTICA I. CAUDAL DIARIO, CUEVA del GATO

INTERVALO	MARCA DE CLASE x_i	FRECUENCIA ABSOLUTA n_i	$n_i \cdot x_i$	F. ACUMULATIVA ASCENDENTE N_i	$n_i \cdot x_i^2$	FRECUENCIA RELATIVA f_i
0-2	1	9	9	9	9	0,100
2-4	3	36	108	45	324	0,400
4-6	5	20	100	65	500	0,222
6-8	7	9	63	74	441	0,100
8-10	9	4	36	78	324	0,044
10-12	11	4	44	82	484	0,044
12-14	13	3	39	85	507	0,033
14-16	15	5	75	90	1.125	0,056
Σ		90	474		3.714	0,999

TABLA ESTADÍSTICA II. PLUVIOMETRÍA DIARIA, MONTEJAQUE

INTERVALO	MARCA DE CLASE x_i	FRECUENCIA ABSOLUTA n_i	$n_i \cdot x_i$	F. ACUMULATIVA ASCENDENTE N_i	$n_i \cdot x_i^2$	FRECUENCIA RELATIVA f_i
0-10	5	74	370	74	1.850	0,822
10-20	15	7	105	81	1.575	0,780
20-30	25	4	100	85	2.500	0,440
30-40	35	0	0	85	0	0,000
40-50	45	0	0	85	0	0,000
50-60	55	3	165	88	9.075	0,033
60-70	65	1	65	89	4.225	0,011
70-80	75	1	75	90	5.625	0,011
Σ		90	880		24.850	0,999

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL SUR DE ESPAÑA

NIVELES Y CAUDALES AÑO 1965-66

ESTACION DE AFOROS

DENOMINACION		DESIGNACION	
Número	30	Del rio	6-06-01
Rio	GADUARES		
Lugar	CULVA DEL GATO.	De la estación	6-06-04-(1)

Dias	OCTUBRE Niveles Mts	OCTUBRE Caudal m³/seg	NOVIEMBRE Niveles Mts	NOVIEMBRE Caudal m³/seg	DICIEMBRE Niveles Mts.	DICIEMBRE Caudal m³/seg	ENERO Niveles Mts	ENERO Caudal m³/seg.	FEBRERO Niveles Mts	FEBRERO Caudal m³/seg	MARZO Niveles Mts.	MARZO Caudal m³/seg.	Dias
1	0,23	1,43	0,46	3,22	0,48	3,37	0,76	5,70	0,26	1,66	0,82	6,26x	1
2	0,15	0,86N	0,41	2,84	0,45	3,14	0,70	5,16	0,20	1,20	0,78	5,88	2
3	0,17	1,00	0,37	2,52	0,53	3,76	0,62	4,50	0,19	1,13	0,74	5,52	3
4	0,18	1,06	0,34	2,28	0,62	4,50	0,56	4,01	0,14	0,79	0,70	5,16	4
5	0,17	1,00	0,31	2,04N	0,55	3,92	0,53	3,76	0,11	0,59N	0,66	4,83	5
6	0,15	0,86	0,36	2,44	0,53	3,76	0,50	3,52	0,60	4,33	0,62	4,50	6
7	0,19	1,13	0,63	4,58	0,50	3,52	0,47	3,29	0,59	4,25	0,58	4,17	7
8	0,20	1,20	0,62	4,50	0,49	3,44	0,44	3,06	0,58	4,17	0,56	4,01	8
9	0,25	1,58	0,57	4,09	0,46	3,22	0,43	2,99	0,56	4,01	0,55	3,92	9
10	0,48	3,37	0,53	3,76	0,45	3,14	0,41	2,84	0,56	4,01	0,54	3,84	10
11	0,48	3,37	0,51	3,60	0,45	3,14	0,38	2,60	0,55	3,92	0,52	3,68	11
12	0,42	2,91	0,50	3,52	0,42	2,91	0,36	2,44	0,58	4,17	0,51	3,60	12
13	0,32	2,12	0,50	3,52	0,40	2,76	0,35	2,36	0,67	4,91	0,50	3,52	13
14	0,30	1,96	0,46	3,22	0,39	2,68	0,34	2,28	0,66	4,83	0,48	3,37	14
15	0,27	1,73	0,42	2,90	0,37	2,52	0,34	2,28	0,63	4,58	0,48	3,37	15
16	0,25	1,58	0,39	2,78	0,36	2,44	0,35	2,36	0,72	5,34	0,47	3,29	16
17	0,23	1,43	0,41	2,84	0,34	2,28	0,40	2,76	0,80	6,06	0,46	3,22	17
18	0,22	1,35	0,40	2,76	0,33	2,20	0,48	3,37	0,75	5,61	0,45	3,14	18
19	0,48	3,37	0,40	2,76	0,31	2,04	1,08	8,94	0,73	5,43	0,43	2,99	19
20	0,58	4,17x	0,56	4,01	0,29	1,88	1,56	14,50	0,90	7,06	0,42	2,91	20
21	0,58	4,17	0,73	5,43x	0,29	1,88	1,64	15,42	1,42	12,87	0,41	2,84	21
22	0,47	3,29	0,73	5,43	0,28	1,81	1,65	15,54x	1,56	14,50x	0,40	2,76	22
23	0,42	2,99	0,68	4,89	0,27	1,73N	1,65	15,54	1,48	13,57	0,39	2,68	23
24	0,40	2,76	0,59	4,25	0,31	2,04	1,45	13,22	1,28	11,25	0,37	2,52	24
25	0,47	3,29	0,56	3,98	0,64	4,66	1,27	11,13	1,09	9,05	0,35	2,36	25
26	0,47	3,29	0,50	3,52	0,98	7,88	1,09	9,05	0,96	7,67	0,34	2,28	26
27	0,44	3,06	0,46	3,22	1,26	11,02x	0,90	7,06	0,88	6,86	0,31	2,04	27
28	0,40	2,76	0,44	3,06	1,19	10,20	0,73	5,43	0,86	6,66	0,30	1,96	28
29	0,35	2,36	0,50	3,52	1,01	8,19	0,56	4,01			0,29	1,88	29
30	0,45	3,14	0,52	3,68	0,90	7,06	0,40	2,76			0,28	1,81	30
31	0,48	3,37			0,82	6,26	0,33	2,20N			0,26	1,66N	31
Suma		71,88		101,86		123,36		184,08		160,47		105,96	
Medias mensuales m³/seg		2,32		3,50		3,98		5,94		5,73		3,42	
Aportaciones mensuales Hm³		6,21		9,06		10,66		15,90		13,86		9,15	
Maximos m³/seg													

Dias	ABRIL Niveles Mts	ABRIL Caudal m³/seg	MAYO Niveles Mts.	MAYO Caudal m³/seg.	JUNIO Niveles Mts	JUNIO Caudal m³/seg.	JULIO Niveles Mts.	JULIO Caudal m³/seg.	AGOSTO Niveles Mts	AGOSTO Caudal m³/seg	SEPTIEMBRE Niveles Mts.	SEPTIEMBRE Caudal m³/seg.	Dias
1	0,25	1,58	0,15	0,86x	0,07	0,36x	0,07	0,36x	0,06	0,31N	0,07	0,36x	1
2	0,24	1,50	0,14	0,79	0,07	0,36	0,07	0,36	0,06	0,31	0,07	0,36	2
3	0,21	1,28	0,12	0,66	0,06	0,31	0,06	0,31N	0,06	0,31	0,07	0,36	3
4	0,19	1,13	0,12	0,66	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	4
5	0,17	1,00	0,12	0,66	0,05	0,26N	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	5
6	0,15	0,86	0,12	0,66	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,07	0,36	6
7	0,13	0,72	0,12	0,66	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,07	0,36	7
8	0,12	0,66N	0,12	0,66	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,07	0,36	8
9	0,17	1,00	0,12	0,66	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,07	0,36	9
10	0,17	1,00	0,11	0,59	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,0	0,36	10
11	0,17	1,00	0,11	0,59	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	11
12	0,23	1,43	0,11	0,59	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	12
13	0,40	2,76	0,11	0,59	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	13
14	0,56	4,01x	0,12	0,66	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	14
15	0,53	3,76	0,11	0,59	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	15
16	0,53	3,76	0,11	0,59	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	16
17	0,49	3,44	0,11	0,59	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	17
18	0,45	3,14	0,11	0,59	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,05	0,26N	18
19	0,41	2,84	0,11	0,59	0,05	0,26	0,06	0,31	0,06	0,31	0,05	0,26	19
20	0,36	2,44	0,12	0,66	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	20
21	0,32	2,12	0,12	0,66	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	21
22	0,30	1,96	0,11	0,59	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	22
23	0,29	1,88	0,10	0,52	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	23
24	0,27	1,73	0,09	0,47	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	24
25	0,24	1,50	0,08	0,42	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	25
26	0,21	1,28	0,08	0,42	0,07	0,36	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	26
27	0,19	1,13	0,10	0,52	0,07	0,36	0,06	0,31	0,06	0,31	0,06	0,31	27
28	0,17	1,00	0,10	0,52	0,07	0,36	0,06	0,31	0,0	0,36x	0,06	0,31	28
29	0,16	0,93	0,09	0,47	0,07	0,36	0,06	0,31	0,07	0,36	0,06	0,31	29
30	0,15	0,86	0,08	0,42	0,07	0,36	0,06	0,31	0,07	0,36	0,06	0,31	30
31			0,07	0,36N			0,06	0,31	0,07	0,36			31
Suma		53,69		18,20		8,94		9,78		9,88		9,67	
Medias mensuales m³/seg		1,79		0,59		0,30		0,32		0,32		0,32	
Aportaciones mensuales Hm³		4,64		1,57		0,77		0,84		0,85		0,84	
Maximos m³/seg													

X = Máximo medio diario

N = Mínimo medio diario

CAUDALES TIPICOS DEL AÑO

DENOMINACION	TOTALES (Q) m³/seg	UNITARIOS (q) l/seg Km²
Qc	15,54	304,71
QMC = Q10	11,13	218,27
Q90	3,37	66,04
QS = Q183	1,50	29,39

DENOMINACION	TOTALES (Q) m³/seg	UNITARIOS (q) l/seg Km²
$Q_{Mm} = \frac{1}{180}\sum_{90}^{270} Q_d$	1,67	22,71
Q270	0,31	6,12
Qmc = Q355	0,26	5,10
Qe	0,26	5,10

ESCORRENTIA

A = 71,07 Hm³

Q = 2,36 m³/sg

q = 46,24 l/sg Km²

PRECIPITACION

H = mm.

L = 145x,22 mm.

$\theta = \frac{L}{H}$ =

DATOS GENERALES DE LA ESTACION

SUPERFICIE TOTAL en Km²		COORDENADAS	ALTITUD en m.	
Rio 51	Long. 1° 33' 05" W	Media		
Est. 51	Lat. 36° 48' 34"	Cota mas.		
		Cota est. (cero escala)	430	

C = Hm³

COMISARIA DE AGUAS DEL SUR DE ESPAÑA

ESTACION PLUVIOMETRICA N.º 131 NOMBRE MONTEJAQUE LAT. 36º 45' 10"
CUENCA Guadiaro SUBCUENCA HOJA N.º 1050 LONG. W. 1º 33' 10"
OBSERVADOR Cía. Sevillana Electricidad CLASE DE APARATO ALT. 530.- MTS.

OBSERVACIONES

AÑO 196 5/66 | VALORES MAXIMOS LLUVIAS DIARIAS | 1.º 72,0 m/m (20-II) | 2.º 60,0 m/m (26-XII) | 3.º 56,0 m/m (15-III)

N.º 131 NOMBRE MONTEJAQUE AÑO 1965-66

LLUVIAS DIARIAS

MES / DIA	Octubre	Novbre.	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sepbre.
1												
2												
3												
4	9,2	2,0	2,0									
5	9,3	17,0					2,0					
6	16,2	27,2										
7	9,2	12,0			4,0				11,0			
8	5,2		11,0	12,0			4,0					
9	10,2											
10					55,2							
11		6,0					10,0					
12					18,0		16,0	5,0				
13							3,0					
14	6,0			9,0			2,0		4,0			12,0
15				3,0	56,0		5,0					
TOTAL QUINCENA	65,3	64,2	13,0	24,0	133,2	0,0	42,0	5,0	15,0	0,0	0,0	12,0
16		8,0		2,0	7,0		2,0					
17	15,0											
18	34,0			55,2	11,0							
19	8,0			25,0	22,0							
20		28,0		8,0	72,0							
21				17,0	24,0							
22				18,0								10,0
23				8,0								
24	27,0		6,2									
25			4,0	4,0								
26		8,0	60,0									3,0
27			4,0									
28	4,0				24,3							9,0
29	28,0	6,0		11,2								
30												
31												
TOTAL QUINCENA	116,0	50,0	74,2	151,2	160,3	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0
TOTAL MES	181,3	114,2	87,2	175,2	293,5	0,0	44,0	5,0	15,0	0,0	0,0	34,0

TOTAL ANUAL 949,4

CLASIFICACION DE LLUVIAS POR INTENSIDAD

NUMERO DE DIAS DE LLUVIA IGUAL O SUPERIOR A

MES / m. m.	Octubre	Novbre.	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sepbre.	TOTAL
0	13	9	6	12	10	0	7	1	2	0	0	4	64
1	13	9	6	12	10		7	1	2			4	64
2	13	9	6	12	10		7	1	2			4	64
3	13	8	5	11	10		5	1	2			4	59
4	13	8	5	10	10		4	1	2			3	56
5	12	8	3	9	9		3	1	1			3	49
6	11	8	3	9	9		2	0	1			3	46
7	10	6	2	9	9		2		1			3	42
8	10	6	2	9	8		2		1			3	41
9	9	4	2	7	8		2		1			3	36
10	6	4	2	6	8		2		1			2	31
15	5	3	1	4	7		1		0			0	21
20	3	2	1	2	6		0						14
25	3	2	1	2	3								11
30	1	0	1	1	3								6
50	0		1	1	3								5
75			0	0	0								0
100													
200													
300													
400													
500													

GRAFICASA.-MALAGA 5008

	LLUVIA	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100	100-105	105-110	110-115	115-120	f_i		
CAUDAL	y_i \ x_i	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5	92,5	97,5	102,5	107,5	112,5	117,5			
0-1	0,5	2																								2		
1-2	1,5	6		1																						7		
2-3	2,5	12	1	7																						20		
3-4	3,5	9	3	3									1													16		
4-5	4,5	9	1		2								1			1										14		
5-6	5,5	3											1	1												6		
6-7	6,5	3												1												4		
7-8	7,5	3		1				1																		5		
8-9	8,5												1	1												2		
9-10	9,5	1		1																						2		
10-11	10,5														1											1		
11-12	11,5					1			1							1										3		
12-13	12,5																						1			1		
13-14	13,5									1											1					2		
14-15	14,5																	1							1	2		
15-16	15,5									1		1							1							3		
f_i		48	5	13	3	1	0	1	1	2	0	1	4	3	1	2	0	1	1	0	1	0	1	0	1	90		

TABLA DE CORRELACIÓN de la LLUVIA CAÍDA en MONTEJAQUE DURANTE LOS 3 DÍAS ANTERIORES A LA TOMA DEL CAUDAL, Y EL CAUDAL AFORADO EN LA CUEVA DEL GATO.

	m^3/sg	mm.			m^3/sg.	mm			m^3/sg.	mm.			m^3/sg.	mm.				
DÍA (DICIEMBRE 1965)	CAUDAL (GATO)	LLUVIA 3 DÍAS ANTERIOR		DÍA (DICIEMBRE 1965)	CAUDAL (GATO)	LLUVIA 3 DÍAS ANTERIOR		DÍA (ENERO 1966)	CAUDAL (GATO)	LLUVIA 3 DÍAS ANTERIOR		DÍA (FEBRERO 1966)	CAUDAL (GATO)	LLUVIA 3 DÍAS ANTERIOR				
1	3,37	6		29	8,19	64		25	11,13	36		21	12,87	105				
2	3,14	6		30	7,06	4		26	9,05	12		22	14,50	118				
3	3,76	0		31	6,26	0		27	7,06	4		23	13,57	96				
4	4,50	0		DÍA (ENERO 1966)	CAUDAL (GATO)	LLUVIA 3 DÍAS ANTERIOR		28	5,43	4		24	11,25	24				
5	3,92	2		1	5,70	0		29	4,01	0		25	9,05	0				
6	3,76	2		2	5,16	0		30	2,76	14		26	7,67	0				
7	3,52	2		3	4,50	0		31	2,20	14		27	6,86	0				
8	3,44	0		4	4,01	0		DÍA (FEBRERO 1966)	CAUDAL (GATO)	LLUVIA 3 DÍAS ANTERIOR		28	6,66	0				
9	3,22	11		5	3,76	0		1	1,66	14								
10	3,14	11		6	3,52	0		2	1,20	0								
11	3,14	11		7	3,29	0		3	1,13	0								
12	2,91	0		8	3,06	0		4	0,79	0								
13	2,76	0		9	2,99	12		5	0,59	0								
14	2,68	0		10	2,84	12		6	4,33	0								
15	2,52	0		11	2,60	12		7	4,25	0								
16	2,44	0		12	2,44	0		8	4,17	4								
17	2,28	0		13	2,36	0		9	4,01	4								
18	2,20	0		14	2,28	0		10	4,01	4								
19	2,04	0		15	2,28	9		11	3,92	55,2								
20	1,88	0		16	2,36	12		12	4,17	55,2								
21	1,88	0		17	2,76	14		13	4,91	73,2								
22	1,81	0		18	3,37	5		14	4,83	18								
23	1,73	0		19	8,94	57,2		15	4,58	18								
24	2,04	0		20	14,50	80,2		16	5,34	56								
25	4,66	6,2		21	15,57	88,2		17	6,06	63								
26	7,88	10,2		22	15,54	50		18	5,61	63								
27	11,02	70,2		23	15,54	43		19	5,43	18								
28	10,20	68		24	13,22	43		20	7,06	33								

PAREJAS DE VALORES CAUDAL AFORADO EN GATO - LLUVIA CAÍDA EN LOS / 3 DÍAS ANTERIORES EN MONTEJAQUE.

	LLUVIA	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	f_i	$f_i \cdot y_i$	$f_i \cdot y_i^2$
CAUDAL	y_i \ x_i	5	15	25	35	45	55	65	75			
0-2	1	9								9	9	9
2-4	3	33	2				1			36	108	324
4-6	5	14	3	1			2			20	100	500
6-8	7	6		1				1	1	9	63	441
8-10	9	3		1						4	36	324
10-12	11	4								4	44	484
12-14	13	2		1						3	39	507
14-16	15	3	2							5	75	1.125
$f_j \cdot j$		74	7	4	0	0	3	1	1	90	474	3.794
$f_j \cdot x_i$		370	105	100	0	0	165	65	75	880		
$f_j \cdot x_i^2$		1.850	1575	2.500	0	0	9.075	4.225	5.625	24.850		

TABLA de CORRELACIÓN de la LLUVIA y CAUDAL DIARIOS (MONTEJAQUE y C. del GATO).

PEQUEÑOS PROGRAMAS PARA TOPOGRAFIA (II)

LUIS GILPEREZ FRAILE

Grupo Espeleológico ETES. Sevilla.

Tras la publicación del anterior articulo en Andalucia Subterránea 82, unos compañeros me hicieron un par de consultas, que aunque contesté personalmente, repito aquí, pues ambos coincidieron y supongo que pueden tener interés para otros, sobre todo para los que teniendo la pequeña programable, no quieren complicarse la vida "entendiéndola" porque por poco que se la entienda, de inmediato se da con la solución.

Una de las consultas era como obtener los resultados directamente a la escala de dibujo. Existen varias posibilidades, y quizás únicamente haya que tender a no introducir los nuevos datos en las memorias que posteriormente nos darán las medidas planimétricas reales, y lógicamente, no utilizar una de las memorias ya utilizadas. Para no repetir todos los programas, tomemos únicamente el Programa que señalamos entonces como "1".

off-on LRN x R/S RST LRN RST 2nd Fix 2

Como recordareis, con este programa, introduciamos la medida de un segmento de una galeria y los grados de su pendiente, y nos daba la medida de su proyección. Si en vez de dicho programa, introducimos este:

off-on LRN x R/S 2nd Cos= Sto 1 R/S RCL 1 RCL 0 = R/S RST LRN RST 2nd Fix 2

Podremos utilizar la memoria 0 para introducir la reducción a la escala que deseemos. Supongamos que queremos trabajar en escala 1/200. Entonces después de Fix 2 pulsamos 2 STO 0 y operamos del siguiente modo:
(Figura nº 1 del anterior articulo)

Introducimos 28.28 y pulsamos R/S. En la pantalla aparece 28.28, introducimos 45 y pulsamos R/S. en pantalla aparece 20.00 (la proyección). Pulsamos nuevamente R/S y en pantalla aparecerá 10.00 que interpretaremos como 10 cms. que será la medida del segmento en la planta a escala 1/200 si deseamos utilizar otra escala, solo tenemos que variar el contenido de la memoria 0 y ya está.

También me decian que con los programas más largos

era muy pesado tener que introducirlos antes de operar, y que si no había otra posibilidad.

Desde luego, por muy largo que sea el programa, dadas las posibilidades de la maquinita, lo más que se puede tardar son unos pocos minutos, pero si aun 4 ó 5 minutos paceren muchos (contando con algún error) desde luego la TI 57 no es la programable adecuada. Su hermana mayor, la TI 59 cuenta con unas pequeñísimas tarjetas que la introducen inmediatamente en memoria y sin errores, el programa deseado. Aquí intervienen de nuevo cuestiones de gustos, precios, usos y casi caprichos.

Ya deciamos que la TI 57 era el primer escalón de las calculadoras de bolsillo programables (frente al 0.05 k de la TI 57).

Y como demuestra vale un botón, para hacernos una idea de las distintas posibilidades veamos nuestro inicial "Programa 1" en un par de programas de lenguaje BASIC para la ZX81.

Esta sería una de las posibilidades:

```
01 REM "TOPOGRAFIA"
05 INPUT C
10 INPUT A
20 INPUT B
30 PRINT C; "="; AxCos (B/180
x PI),
40 GOTO 5
```

Una vez introducido el programa, comenzamos por dar el punto del segmento p.e 1.2 (una vez vizualizado abajo, la memoria se lo "traga"). Ahora introducimos la medida del segmento, y posteriormente los grados de pendiente (el final de la linea 30 permite operar con grados, pues la máquina trabaja con radianes).

En cuanto se le pida, la máquina visualizará en pantalla la referencia del punto y su proyección y podrá visualizar hasta 44 referencias con sus respectivas proyecciones a la vez (y luego comenzará de nuevo).

Otra de las multiples posibles variantes sería:

```
01 REM "TOPOGRAFÍA"
05 PRINT "DISTANCIA....";
10 INPUT A
20 PRINT A
25 PRINT "ANGULO.....";
30 INPUT B
40 PRINT B
50 PRINT "PROYECCIÓN======";
60 PRINT AxCOS (B/180xPI)
65 PRINT "================="
70 GOTO 5
```

Este programa nos irá indicando los datos que necesitemos introducir sin "tragárselos", y los representará todos en pantalla indicando que es cada número...

Por supuesto, podemos almacenar todos los programas en cualquier cassette e incluso si contamos con impresora, reproducir cuantos listados de resultados deseemos. Estos programas son para sus posibilidades, una simple broma.

Existen por ahí centenares de programas para topografía mucho más completos y útiles, y con esto solo pretendo,

dar una pequeña orientación, a los que como yo, no tenemos ni idea de programación y le damos menos uso que nuestros propios hijos, que solo juegan con ellas a "marcianitos".

* * *

SOBRE LA CLIMATICA DE ALGUNAS CAVIDADES DEL COMPLEJO SIERRA DE LAS NIEVES-SIERRA DE TOLOX DE LA SERRANIA DE RONDA (MALAGA)

MANUEL MORENO-WALLACE

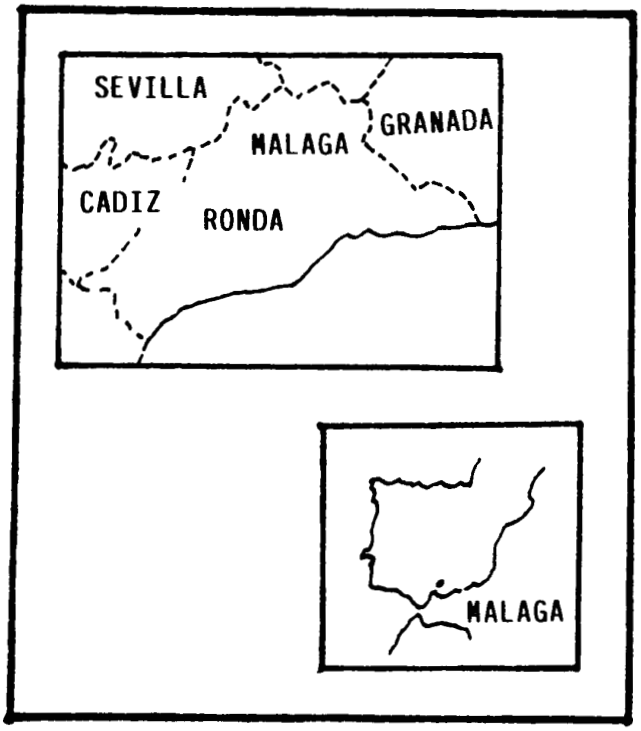
Sociedad Excursionista de Málaga.

Introducción

Son muy pocos, por no decir casi inexistentes, los estudios que se han efectuado de Climática en las cavidades de la provincia de Málaga. Es por eso que, con el ánimo de llenar esta laguna, quiero aportar algunos datos que considero interesantes, sobre las condiciones ambientales de algunas cavidades situadas en el Complejo Sierra de las Nieves-Sierra de Tolox en pleno corazón de la Serranía de Ronda en la provincia de Málaga. Por supuesto que los datos son fragmentarios, y que para poder ofrecer unas conclusiones más definitivas habría que efectuar un estudio más exhaustivo; sin embargo, creo que el presente capítulo puede servir para darnos al menos una idea somera de las condiciones climáticas de las cavidades de esta zona de la provincia de Málaga.

Situación

El Complejo Sierra de las Nieves-Sierra de Tolox, como macizo montañoso central y principal de la Serranía de Ronda, se sitúa al SO de la provincia de Málaga, y a unos 30 km. en línea recta de la capital; sus máximas alturas se señalan en los picos de Torrecillas (1920 m.) y Alcazaba (1834 m.) en la Sierra de Tolox, y Enamorados (1738 m.) en la Sierra de las Nieves. Debido a esta posición geográfica (cercana al Golfo de Cadiz y próxima al Estrecho de Gibraltar), la Serranía



Situación del Complejo Nieves-Tolox

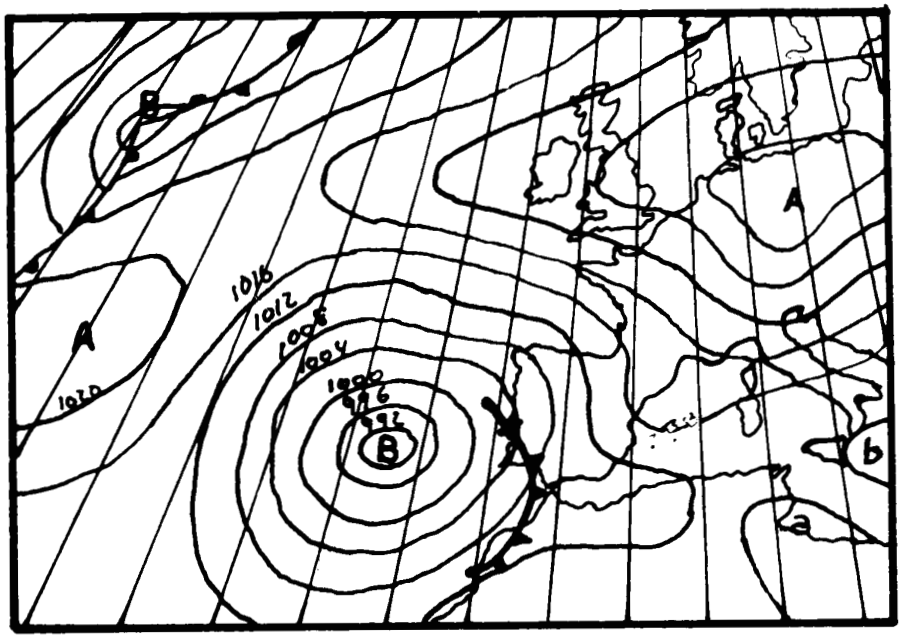
presenta un clima de clara influencia atlántica, encontrandose abierta a los vientos del SO.

Condiciones climatológicas del macizo

Pero es importante tener en cuenta que la altitud y la morfología de la serranía rondeña, hacen que la influencia de las borrascas atlánticas que penetran por el golfo de Cadiz sea muy diferente según los sectores. Por ello, podemos ver que hay un claro escalonamiento entre las zonas más occidentales y las orientales, e incluso con la misma meseta de Ronda, en cuanto a esta influencia.

Esta situación que es típica de Otoño, provoca con sus vientos húmedos del SO las mayores precipitaciones de la serranía, y en concreto de la Sierra de las Nieves.

Aparece un factor muy importante: la altitud; el macizo es como una especie de páramo aislado y elevado que se diferencia claramente de las sierras que lo circundan; su altitud máxima (Torrecillas 1920 m.) sobresale sobre las alturas de Sierra Prieta (1500 m.), Sierra Bermeja (1450 m.) y Sierra Blanca (1250 m.); por otro lado, su disposición de Este a Oeste hace que actúe en parte como un verdadero captador de corrientes húmedas.



Tiempo "Ciclónico del sur"

Cuando se produce una situación metereológica tipo "ciclónico del Sur", la efectividad de la misma va a disminuir de Sur a Norte, y a barlovento de las montañas.

Todo esto hace que el Complejo Nieves-Tolox, actúe como un islote aislado y con un microclima diferenciado de las zonas circundantes. Por encima de los 1200 metros,



Pico de la Torrecilla, 1920 m., altura máxima del Complejo

las nevadas son frecuentes en invierno; el espesor de la capa oscila alrededor de los 40-60 cm., y como dato curioso, en una gran nevada acaecida en las Navidades de 1970, la altura de la capa llegó a 1,20 m. en la zona del Cortijo de los Quejigales, hoy refugio Felix Rodriguez de la Fuente. Con los datos que poseemos podemos conclusionar lo siguiente:

No podemos aplicar gradientes correctores, porque los resultados que presumiblemente obtendriamos no se corresponderían con la vegetación de la zona; además el gradiente puede llevarnos a confusión, pues es mayor en invierno que en verano. La temperatura del complejo, se encuentra totalmente ligada a la altitud, con ligeras correcciones; y hay un hecho palpable que afirma esto:

En la zona de Antequera y a pesar de que su altitud media es de solo 518 m., no ha habido posibilidad de aclimatar los naranjos; el encontrarse abierta totalmente a la influencia de los vientos del Norte, ha impedido esto totalmente. Sin embargo, en Yunquera, a 680 m.s.n.m. y al pie del complejo, nevado durante cuatro meses al año, se pueden cultivar perfectamente; las zonas a sotavento del Norte, del complejo, se encuentran protegidas.

En resumen, y atendiendo

a la vegetación existente (asociaciones de quejigos, pinsapos, Ulex boetus, etc.), podemos afirmar que el complejo presenta un clima de tipo "piso de alta montaña mediterráneo" típico. La pluviometria oscila alrededor de los 1600 litros/m al año (de las mayores del pais), aunque con un reparto irregular ya que hay un paréntesis de dos meses de absoluta sequía (Julio y Agosto). Las temperaturas pueden oscilar entre los -5°C y los 33°C en verano, aunque a veces en invierno pueden ser más extremadas (-15°C en Enero de 1971, -9°C en Febrero de 1983) debido a estar expuesto el complejo a la irrupción de los vientos frios del Norte, y lo mismo en verano debido a los vientos terrales-cálidos procedentes de la Depresión Bética.

La zona Hoyos del Pilar

Excepto una, todas las cavidades que vamos a estudiar se situan en la parte alta de la Sierra, en la zona conocida con el nombre de "Hoyos del Pilar".

Esta zona, desde el punto de vista climático, presenta una característica muy interesante. La serie se constituye por una serie de dolinas; sin embargo, una observación más detallada del lugar, nos permite decir dada la morfología del terreno, que muchas, más



Dolina de Sima G.E.S.M., en los "Hoyos del Pilar"



Hoyos del Pilar. La vegetación aquí se compone de Sabinas y Quejigos. Al fondo Cerro Mateo

que dolinas son auténticos nichos de nivación, que revelan una actividad glaciar o periglaciar ya periclitada.

Actualmente la zona recibe una gran cantidad de nieve en los meses invernales en una capa que se puede estimar en los 40-50 cm.

De otra parte en la época de las grandes lluvias (primavera y otoño), el poder erosivo de las aguas puede llegar a ser muy grande, como es fácil observar (zonas de Sima GESM y Sima Honda).

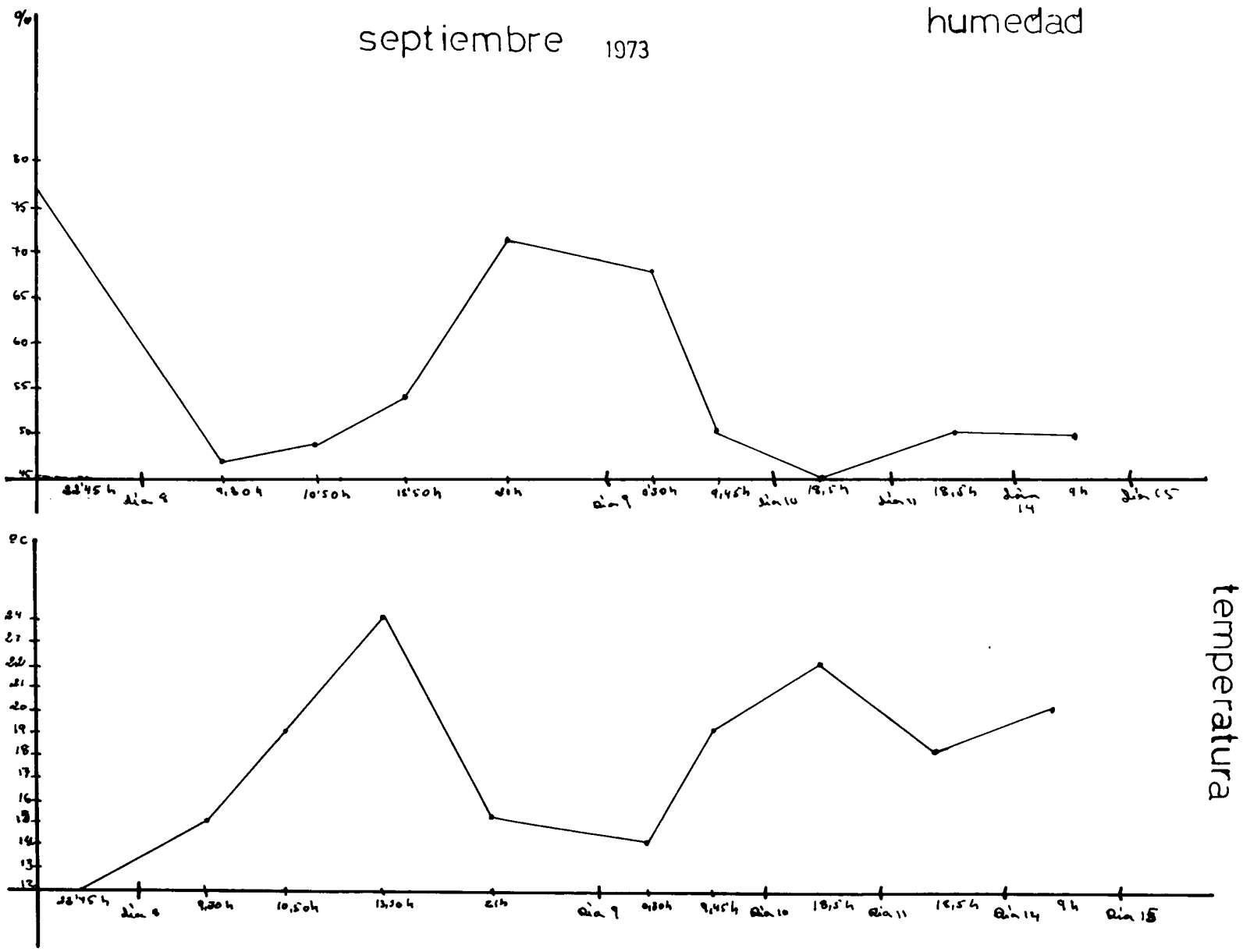
Los datos climáticos se muestran en el presente trabajo, se tomaron en Septiembre de 1973, durante la expedición Hoyos del Pilar-73, organizada por el G.E.S. de Málaga con la colaboración de la Sección Espeleológica Marbellí. Se tomaron datos climáticos exteriores y en las cavidades.

El equipo utilizado fué el siguiente:

1 anemómetro "Nefos"
1 psicrómetro "Sundo"
1 barómetro-altímetro "Compes-Sundo"
1 termómetro máxima-mínima.
1 pluviometro.

Todo este material fué situado en un pequeño habitáculo a unos 130 cm. del suelo y a través del cual podia circular la corriente de aire; de esta forma se pudieron tomar las medidas de climática exterior.

Hemos señalado antes cuales son los valores extremos de que tenemos constancia de que se han registrado en el Complejo Nieves-Tolox; como podemos ver, las diferencias climáticas verano invierno son bastante acusadas. Pero nos importa señalar que en


septiembre 1973
humedad
%
80
75
70
65
60
55
50
45
22'45 h
Día 8
9,30 h
10'50 h
15'50 h
día 9
0'30 h
9,45 h
Día 10
18,15 h
Día 11
18,15 h
Día 14
9 h
Día 15
temperatura
ºC
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
22'45 h
Día 8
9,30 h
10,50 h
13,30 h
día 9
0,30 h
9,45 h
Día 10
18,15 h
Día 11
18,15 h
Día 14
9 h
Día 15

la estación estival, durante el mismo dia, las oscilaciones termométricas e higrométricas son señalables, y en concreto en la zona de los Hoyos del Pilar, lugar de nuestra toma de datos.

Observemos la siguiente gráfica:

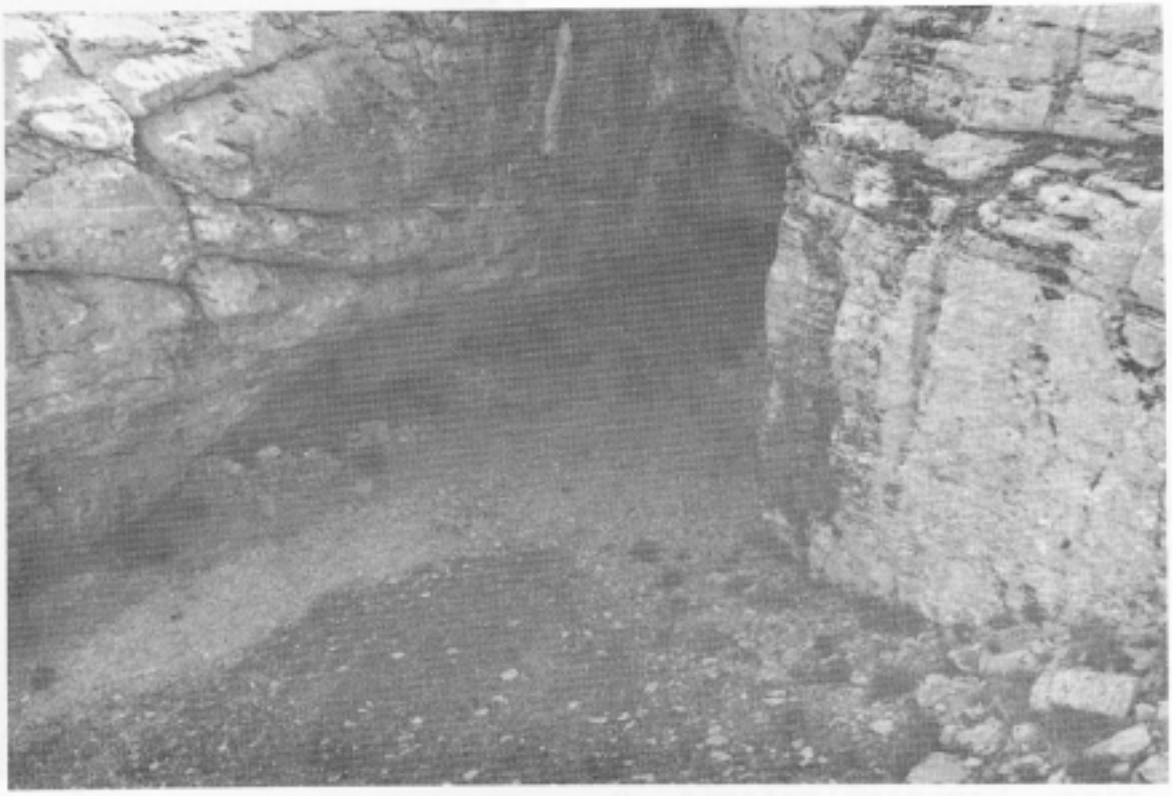
Los datos tomados se refieren a temperatura y humedad como podemos ver; la fecha de toma de datos, Septiembre de 1973.

Antes de nada, hemos de señalar que la temporada climatológica de 1973-1974 fue normalmente seca, y durante el mes de Septiembre no se registró la más mínima precipitación en toda la Serranía.

La gráfica de temperaturas no presenta variaciones muy acusadas; la diferencia mayor es de 11'5°, (24°-12'5°) la temperatura más alta corresponde al día 8 y se registró a las 15'5 h.; la más baja el día 7 a las 22'45 h.

Realmente son temperaturas altas para la época del año, y sobre todo teniendo en cuenta que la altitud de la zona es de 1650 metros; sin embargo, es posible que la existencia de un fuerte anticiclón por esa fecha, provocara la conocida inversión térmica, con lo que la temperatura en la meseta de Ronda fuese menor que en la parte alta del Complejo.

La gráfica de humedad, nos indica unos valores oscilantes aunque normales, con un mínimo del 45% a las 18'30



Torca del Pirata; en la oquedad del fondo, en invierno, se forman grandes columnas de hielo

horas, y un máximo del 71% a las 21 horas del día 8; la oscilación es pues del 26%. Pero es importante tener en cuenta que durante toda la expedición, el viento que nunca sobrepasó la velocidad de 20Kms. por hora, estuvo soplando procedente del Este-Sudeste (el Levante en las costas de Málaga), que es un aire más bien húmedo. Podemos afirmar que cuando el flujo de aire proceda del Norte-Noreste (terral en Málaga), los valores de humedad tienen que ser mucho más bajos, y por lo tanto la sequedad ambiental bastante notable (en el pico de la Torrecilla a 1920 metros de altura, la humedad el día 11 de Septiembre era de tan solo del 26%, con viento de Levante).

1. Sima Honda

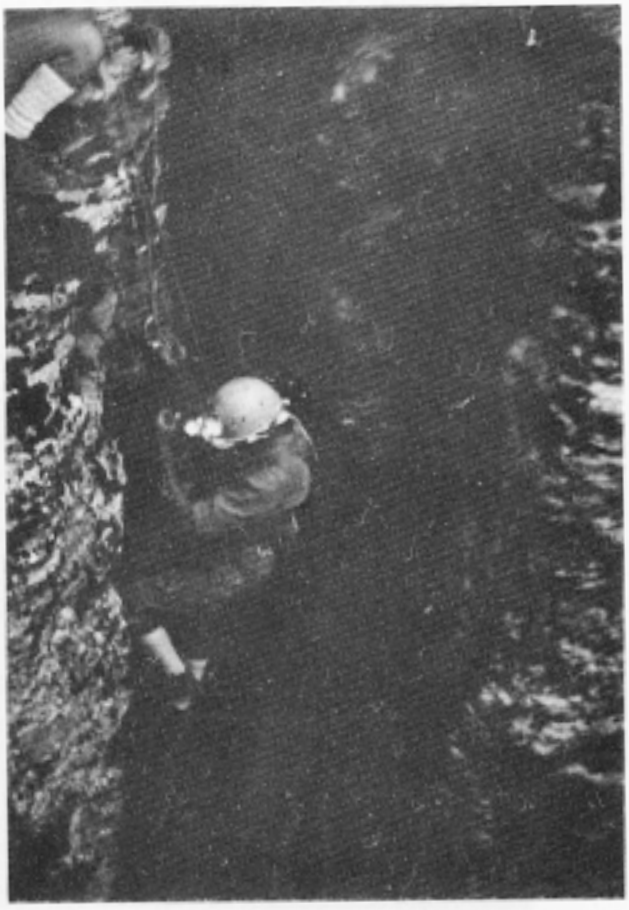
Esta cavidad fué la que impulsó el inicio de las exploraciones en el complejo Nieves-Tolox; la boca se abre en la zona que corresponde a la Sierra de Tolox a unos 1640 metros de altitud y en el extremo suroriental de los Hoyos del Pilar; su profundidad total es de -132 metros que se divide en dos pozos en solución de continuidad; el primero de 52 metros y el segundo de 80 metros.

Sima Honda es una cavidad que podemos clasificar como de tipo barorespiratorio y merocirculante; o sea, que en ella ocurre estos dos fenómenos.

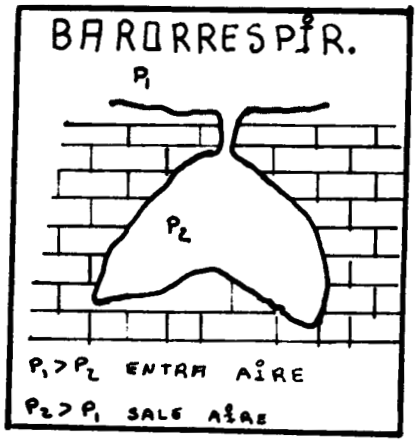
El caso de barorrespiración se aprecia en esta cavidad de una forma poco acusada, y sobre todo en invierno es cuando se pone de una manera más manifiesta; de todas formas mientras que no efectuemos un estudio más exhaustivo, no podremos aportar datos más reveladores.

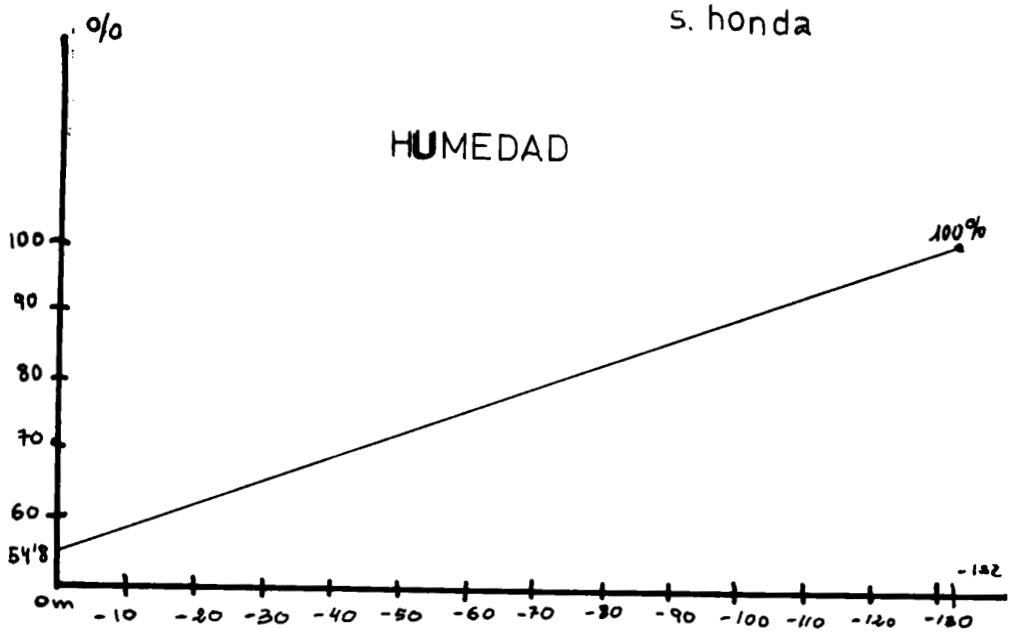
En cualquier caso, las masas de aire que se ponen en movimiento por causa del fenómeno barorrespiratorio, no son muy grandes.

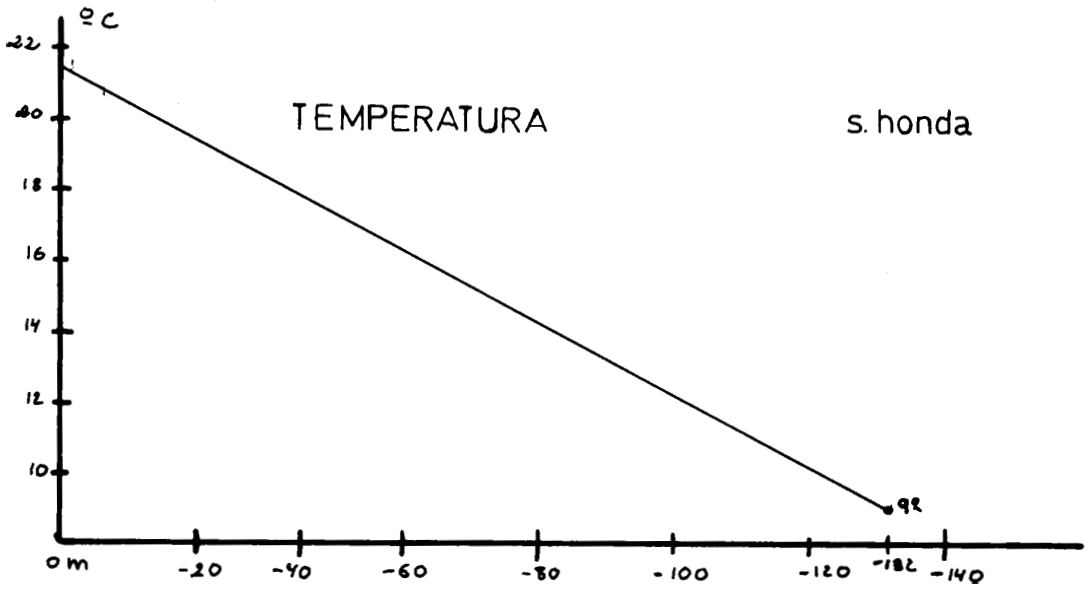
Como podemos observar, para la época del año en que se tomaron los datos, la temperatura es moderadamente baja. La media de temperaturas



Formas de erosión en la boca de entrada de Sima Honda


BAROPRESPIR.
P1
P2
P1 > P2 ENTRA AIRE
P2 > P1 SALE AIRE


%
s. honda
HUMEDAD
100
90
80
70
60
54'8
100%
-182
0m
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
-180


ºC
22
20
18
16
14
12
10
TEMPERATURA
s. honda
92
0m
-20
-40
-60
-80
-100
-120
-182
-140

en las cavidades de la provincia de Málaga se sitúa sobre los 13°C., y solo en algunas situadas en zonas de una altitud superior a los 1200 metros es inferior.

De todas formas, pudimos observar que la temperatura de la roca a partir de los 70 metros de profundidad, se estabiliza en 8°C.; por lo tanto posiblemente la temperatura a partir de esta profundidad se estabilice en el valor señalado en la gráfica debido al propio equilibrio termodinámico del sistema.

Como dato accesorio, indicaremos que la luz penetra en la cavidad hasta los -35 metros aproximadamente.

2. G.E.S.M.

En el extremo occidental de los Hoyos del Pilar, a unos 1630 m. de altitud, y en el fondo de una torca de unas dimensiones de 25 por 15 metros en la que desembocan dos torrenteras secas la mayor parte del año, se abre la boca de Sima GESM.

Esta cavidad se localizó en Septiembre de 1972, con motivo de un campamento instalado por el G.E.S. de Málaga para efectuar la exploración de Sima Honda, localizada pocos días antes.

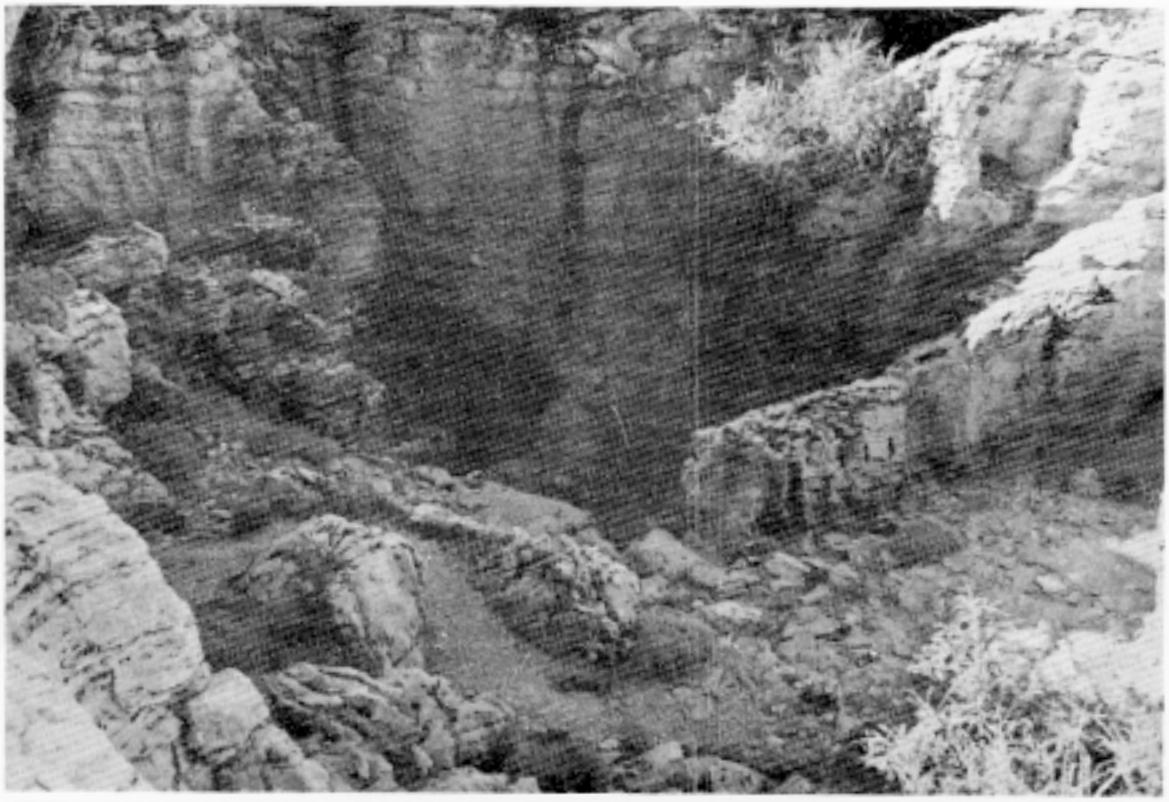
La primera exploración de esta cavidad se efectuó durante los días 30 de Abril y 1-2 de Mayo de 1973, conjuntamente por los grupos G.E.O.S. de Sevilla y G.E.S. de Málaga; en esta ocasión se llegó a los -140 m. aproximadamente.

Desafortunadamente, solo durante la campaña de Septiembre de 1973 pude realizar una toma de datos completa, y solo hasta la profundidad de 62 metros, hasta la boca del gran pozo de 115 metros; luego, durante las campañas de 1974 y 1975 las propias tareas de la exploración no me facilitaron el trabajo y solo tengo algunos datos sueltos que de todas formas voy a adjuntar en este trabajo.

Como podemos observar en la gráfica 1, la temperatura ambiental a partir de los 24 m. de profundidad es muy uniforme, siendo la temperatura exterior de 22'5°C. El descenso brusco que podemos observar en la parte inicial de la gráfica, es debido al propio equilibrio termodinámico del sistema; a partir de la gatera situada a -12metros, es cuando se hace más palpable este descenso.

A profundidades mayores de -62 metros, solo poseo un dato tomado el año 1975 a -315 metros; en esta zona la temperatura es de 7°C., para una temperatura exterior de 24°C. (mes de Julio).

De todas formas, el primer tramo de la cavidad (hasta la boca del gran pozo (-62 m.)), se encuentra afectado en cierta medida por las condiciones climáticas exteriores. En efecto, en Febrero de 1976, y aprovechando que se había ido a retirar parte del material de la expedición del año anterior, pude realizar



Torca en el extremo occidental de los "Hoyos del Pilar".
Al fondo, a la Izquierda, se abre la boca de Sima G.E.S.M.

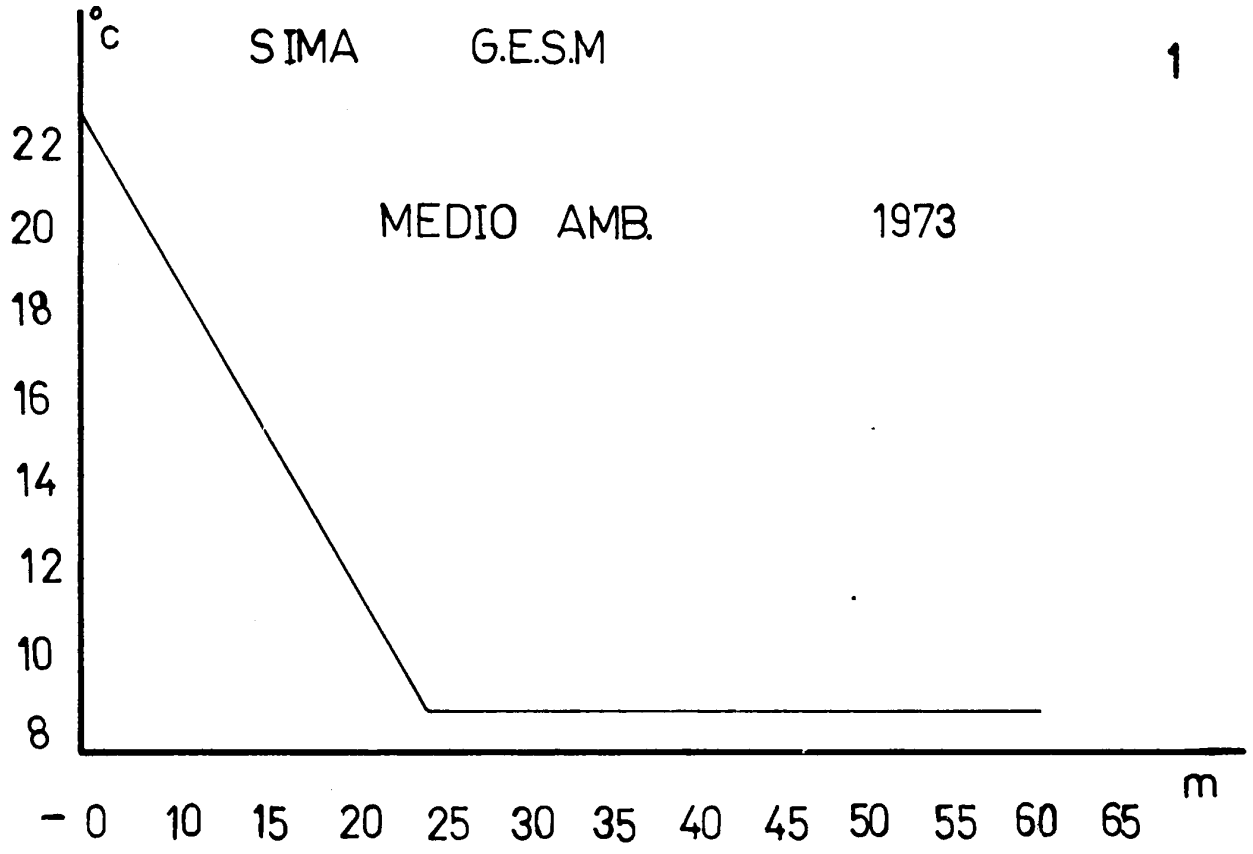
algunas observaciones.

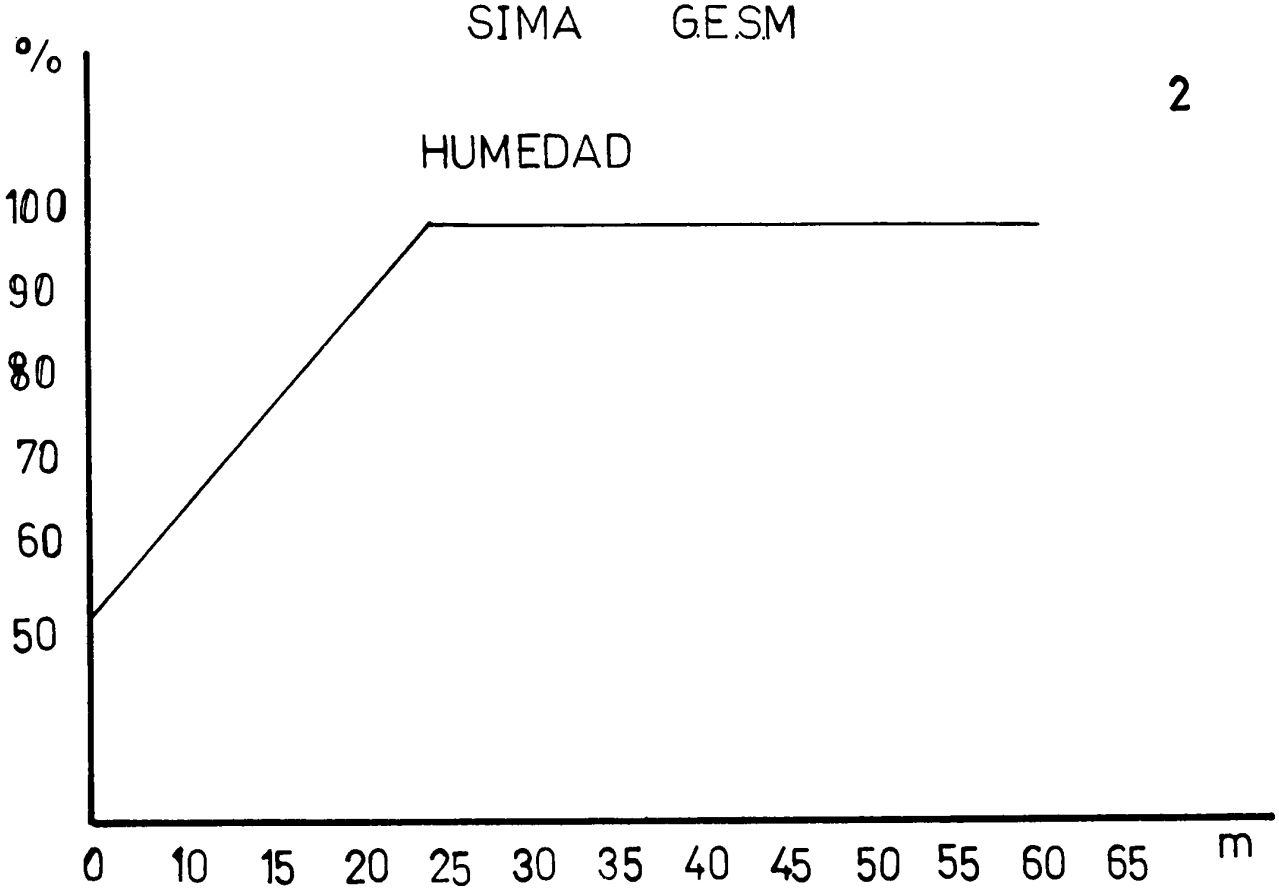
En la boca del gran pozo, la temperatura era de 4°C., y en el tramo de la gatera a -12 metros, se podía apreciar una corriente de aire en sentido ascendente. En el exterior la temperatura era de -3°C. y en la zona de los Hoyos del Pilar la capa de nieve alcanzaba un espesor de unos 30-40 centimetros.

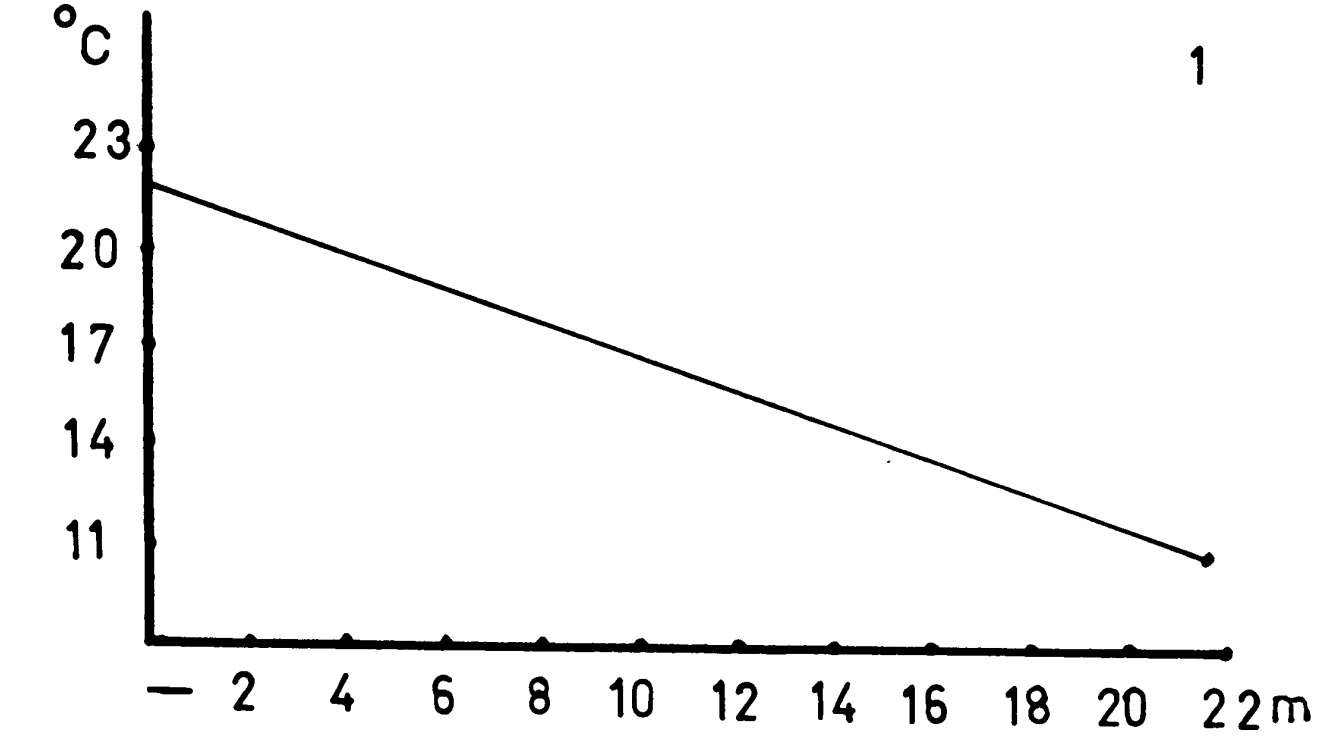
Como se observa en la gráfica 2, la humedad relativa %HR, asciende del 54% en el exterior, hasta el 100% a -24 metros, en la Sima de los 7; a partir de aqui, el aire se carga de casi toda la humedad horizontalizándose la recta. En ciertas zonas de este primer tramo de la cavidad, como sucede antes del gran pozo, existen algunos recovecos a cierta altura sobre el lecho del pequeño riachuelo, en un estado de cierta desecación; allí la humedad es algo menor, con una diferencia de aproximadamente el 2% (98%HR).

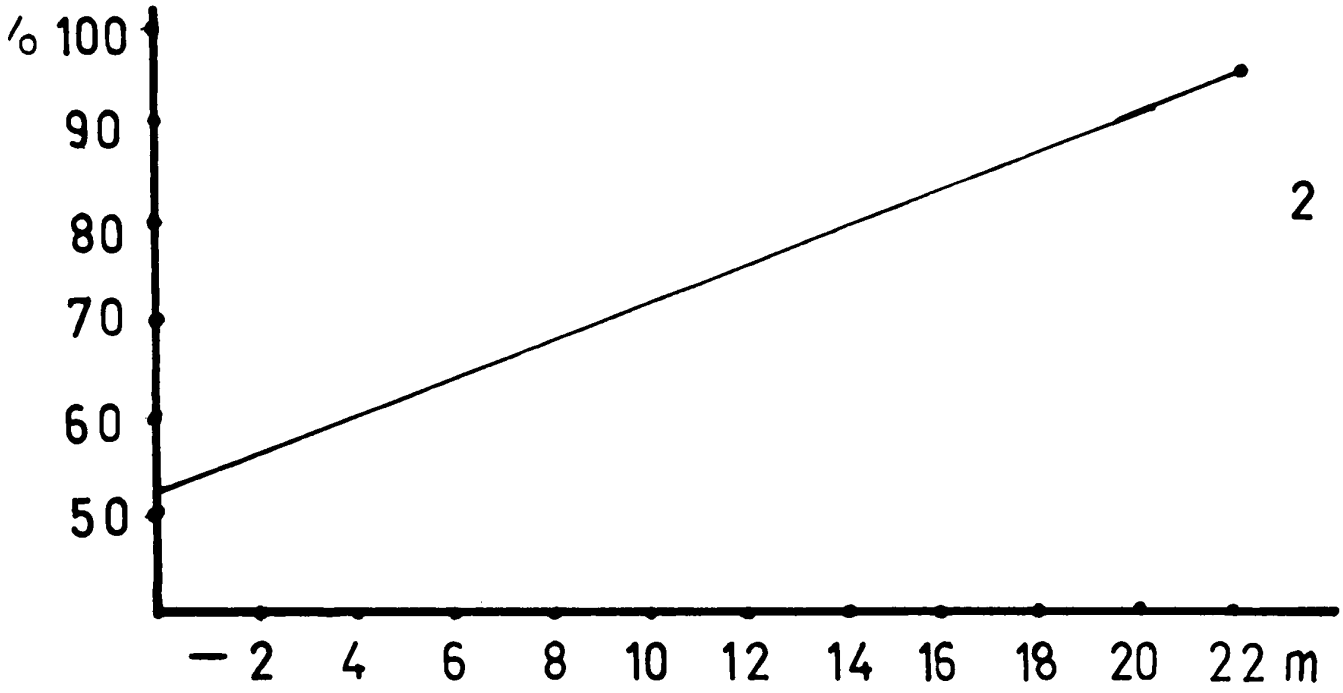
En conclusión, a partir de los 62 m. de profundidad (de donde no poseo datos), se puede asegurar sin embargo qué la HR permanece constante al 100%.

La temperatura del agua entre la Sima de los 7 y el Gran pozo (-24 a -62 m.), se estabiliza en 7'5°C. (gráfica 3), pero ascendiendo hasta los 8'5°C. en la base del Gran pozo (Campaña de 1975), ya que, lógicamente, el aire va ganando humedad y por lo tanto la evaporación,con la consi-


°c
SIMA G.E.S.M
1
MEDIO AMB. 1973
22
20
18
16
14
12
10
8
m
0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65


SIMA G.E.S.M
%
2
HUMEDAD
100
90
80
70
60
50
0 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65
m





Como podemos observar en la gráfica 1, la temperatura en el fondo de la Sima es de 11°C., para una temperatura exterior de 22°C., siendo el descenso termométrico bastante notable.

La humedad (%HR), como podemos comprobar en la gráfica 2, es de un 95'3%, en el fondo tomados datos a unos 130 cm. del suelo.

Por otro lado, al tratarse de un único pozo vertical, la luz penetra hasta el fondo de la cavidad, posibilitando la existencia de líquenes sobre los clastos del suelo y las paredes.

4. Sima Bambi

Cerca de la torca de Sima GESM., y a un nivel un poco superior en dirección Sudoeste, se encuentra una pequeña dolina; en su borde Oeste se abre una pequeña Sima, lugar primario de desague de la dolina: Sima Bambi. La profundidad de la Sima es de 7 metros; por ser tan pequeña, no adjunto gráfica, y paso a obtener los datos tomados:

Profundidad 7 metros.
Temperatura medio ambiente
Temperatura medio ambiente 16°
Humedad relativa 73%
Temperatura exterior 18°
Humedad 70%
Fecha 9-9-1973
Hora 18.40

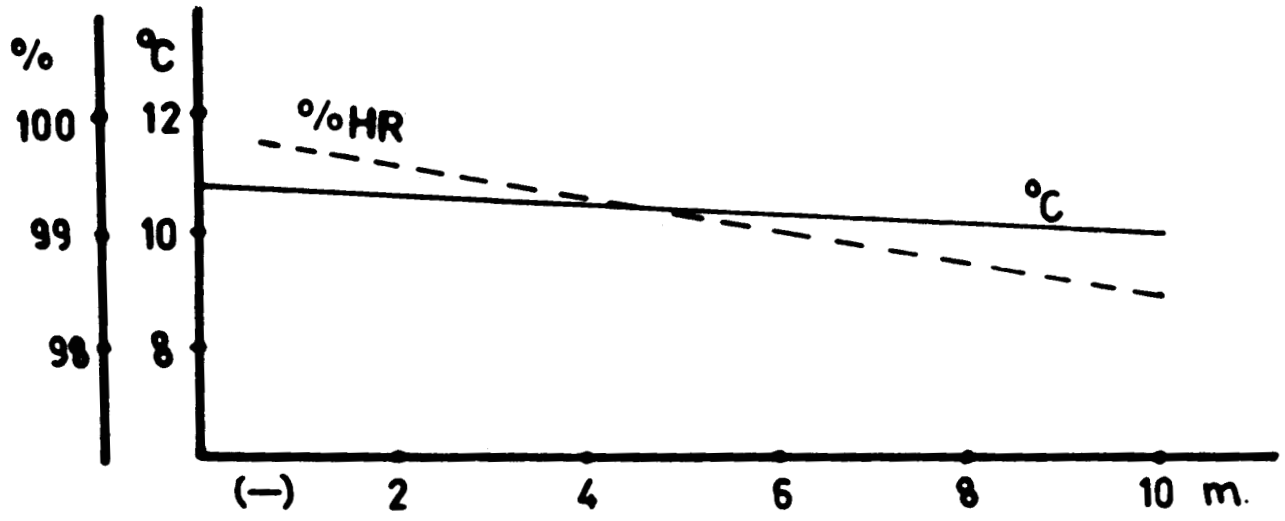
Poco que comentar al respecto; como se puede ver las diferencias con el exterior son mínimas en esta sima, debido a sus reducidas dimensiones.

5. Sima de las Grajas

Situación
Hoja nº 1051 (Ronda)
X=36°40'50"
Y=01°22'20"
Z=1260 metros

La Sima de las Grajas, es una cavidad que se encuentra enclavada en la Sierra de las Nieves, pero fuera ya de la zona de los Hoyos del Pilar, como se puede ver por su altitud. Se ubica a unos 500 metros de distancia del refugio Félix Rodríguez de la Fuente; su profundidad es de 10 metros.

La gráfica nos muestra los valores de la temperatura y humedad. Naturalmente que al tratarse de una cavidad pequeña se encuentra muy influida por las condiciones climatológicas exteriores. Así, para una temperatura ex-



terior de 10'5°C a las 11'00 h. de la mañana, en el interior es de 10°C a la cota de -10 metros; la humedad (representada por una recta de trazo discontinuo) es del 98'5% a la misma cota, mientras que en el exterior debido a la espesa niebla que habia en aquellos momentos era del 100%

Conclusiones

Aunque este estudio tenga que completarse y ampliarse a otras cavidades de la zona en el futuro, podemos decir que estamos ante un grupo de cavidades las cuales presentan unas condiciones ambientales de las más duras de la provincia de Málaga; en ellas, la temperatura media, que en verano es de 9°C., es inferior a la media del resto de las cavidades de la provincia (14°C)

Por otro lado la zona de los Hoyos del Pilar, debido a su altitud de 1650 m. y estar situada en el complejo Nieves-Tolox abierto a los vientos húmedos el Sudoeste, presenta en ciertas épocas del año unas condiciones climaticas bastante desfavorables para la exploración de las cavidades situadas allí.

* * *

BIBLIOGRAFIA

G.E.S. de Málaga y Pérez Berrocal, J. A. (1972). Exploraciones en la Sierra de las Nieves. Bol. Inf. del Com. Reg. Sur de Espeleología, 0. Málaga. pp. 7-15.

G.E.S. de Málaga y Pérez Berrocal, J. A. (1974). Informe preliminar Hoyos del Pilar. Monografías Esppeleológicas, 0. Málaga. pp. 14-19.

García Millán, P. (1975). Expedición Sima G.E.S.M. 1975. Monografías Espeleológicas, 1. Málaga. pp. 2-5.

Romero i Rectoret, M. (1977). Anotaciones sobre la Sima G.E.S.M. Muntanya-Butlletí C.E.C.

Amenos Vidal, A. y Romero Rectoret, M. (1977). Algunos datos sobre la Sima G.E.S.M. Speleon, 23. C.E.C. pp. 121-124.

Rodriguez Martinez, F. (1977). La Serranía de Ronda. Estudio Geográfico. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Public. Caja de Ahorros de Ronda.

Eraso, A. La corrosión climática de las cavernas. Com. Nac. de Espeleología. pp. 15-19.

Llauge, F. (1976). La Meteorología. Marcombo S.A. de Editores. Barcelona.

HABITAT PREHISTORICO EN SIERRA GORDA

FRANCISCO J. CARDENAS BERENGUEL
EDUARDO RUIZ NIETO

Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos y Servicio de Investigaciones Arqueológicas y Antropología de la Excma. Diputación Provincial de Granada.

Introducción

Pretendemos con este trabajo insistir sobre un hallazgo en cueva localizado en Sierra Gorda y que ya fue dado a conocer en su día en un anterior trabajo nuestro (F. Cárdenas, 1984).

Las razones que nos mueven de nuevo a volver sobre este descubrimiento es el análisis que hemos podido realizar sobre los restos arqueológicos existentes en el lugar.

Se trata de un yacimiento que viene a constituir un punto más de referencia en el estudio de la prehistoria granadina.

El yacimiento, situación geográfica

La LJ-26, denominación de la cueva, se encuentra dentro del término municipal de Loja, sobre el llamado "Cerro de las Minas", justamente en el borde Norte de Sierra Gorda. Sus coordenadas U.T.M. son: 9365-0870 y a una altitud de 880 m.s.n.m. Hoja 1024 (Archidona) del Servicio Geográfico del Ejército.

En líneas generales Sierra Gorda es un complejo kárstico situado en el extremo occidental de la provincia de Granada, en el límite con la de Málaga. Constituye una unidad geológica perteneciente al área Subbética (Pezzi, M. C., 1977).

Sus características de zona caliza son propicias para la formación de simas y cuevas como la que aquí presentamos, precisamente a poca distancia de la LJ-26 se abren otras cavidades del mismo tipo. A este hecho hay que unir la ausencia casi total de suelos, agua y vegetación propias de estos fenómenos.

Por otro lado, la importancia arqueológica de todo el complejo ya quedó demostrada desde el siglo pasado. Destacan de manera muy especial los términos municipales de Alhama y de Loja como núcleos importantes.

Los habitas en cueva son muy numerosos, sobre todo en contextos neolíticos; bastaría que citemos como ejemplos: Cueva de la Mujer, Sima Rica, Sima del Carburero, (Menjibar, et al.1981), etc...

La primera visita al yacimiento se efectuó en Noviem-

bre de 1983, gracias a la información facilitada por uno de los miembros de la S.G.E.G. M. González Rios.

Como hemos mencionado anteriormente la cueva se asienta en la parte más alta de un cerro que se constituye como integrante más del lapiaz perteneciente al Complejo de Sierra Gorda. Una vez llegados a la cima nos encontramos ante un panorama desolador. Tanto la LJ-26, como dos cavidades de dimensiones más reducidas, y situadas a pocos metros, habían sido fruto del expolio incontrolado.

Este hecho se ha venido repitiendo desde del siglo pasado y era llevado a cabo por gentes del lugar que creian en la existencia de una mina. Es por esta razón que todo el relleno, que debió de ser de gran potencia, fué sacado al exterior y acumulado en unas terreras dispuestas en una de las laderas de la elevación.

La entrada se presenta en forma de arco de medio punto, fenómeno este, conseguido con el tiempo mediante procesos graviclásticos. La única sala de que consta la cueva, aunque posiblemente tenga una continuación al final de la misma, que en la actualidad está bloqueada por derrumbamientos, se halla a unos tres metros por debajo del nivel de la boca. El hecho se debe, como acabamos de mencionar, al saqueo y vaciado de todos los depósitos que colmataban la cavidad desde su época de ocupación.

En el interior, especialmente en sus paredes, se puede apreciar una serie estratigráfica considerable, a pesar de estar muy erosionadas, que presentan una gran acumulación de restos óseos y en menor cantidad piezas líticas.

Sin embargo, existe una zona donde la estratigrafía está intacta y sellada por grandes bloques que debieron desplomarse del techo. Este área virgen se localiza delante de la actual abertura de entrada,lo que nos ha hecho pensar en la existencia de una especie de visera. Por todo ello, en este punto sería muy interesante realizar un sondeo que sin duda alguna aportaría gran cantidad de información y, sobretodo, permitiría obtener una secuencia cronológica clara y la posición exacta del material que hoy se encuentra repartido por los alrededores.

EL material

Los materiales que vamos a estudiar fueron obtenidos tando dentro como en el exterior de la LJ-26 sin referencia alguna. No aparecen in situ, sino desplazados de sus depósitos originales. La gran mayoría del conjunto procede de los vertederos de expolio amontonados junto a la cueva.

Por otro lado, se hace impracticable una excavación en el interior porque la roca aflora en gran parte de la cavidad y solo unos pequeños sectores aún poseen algún re-

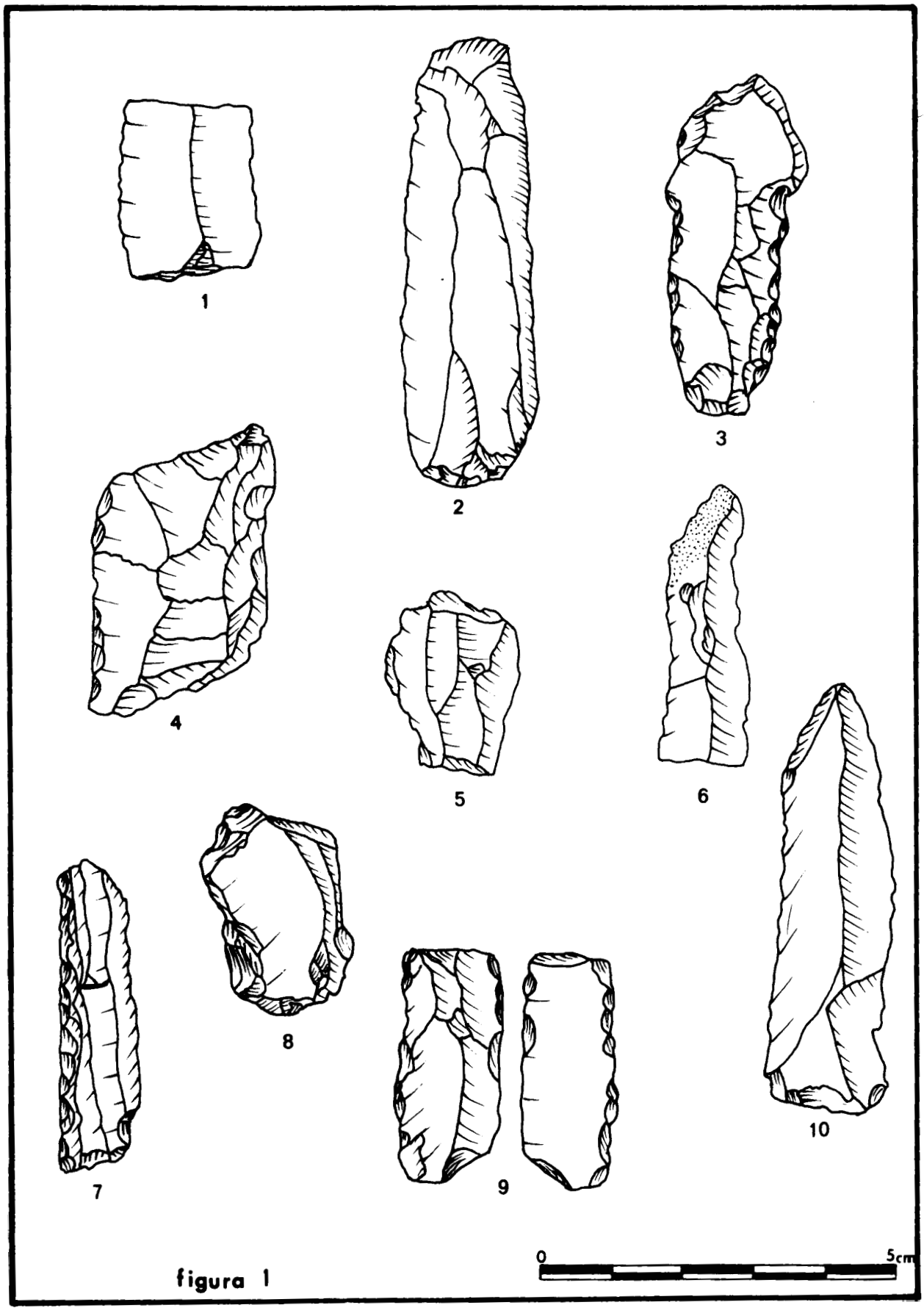


figura 1

lleno.

Debido a la relativa escasez de material, hemos basado nuestro trabajo en la investigación de la industria lítica del sílex. El motivo que nos guia para basarnos en este único elemento es su mayor importancia numérica en el yacimiento. Tambien aparecen muy contados trozos de cerámica, a los cuales prestaremos atención más tarde, que no presentan ningún tipo de decoración excepto un ejemplar realizado a la almagra. No por su escasez, vamos a prescindir de este factor, a la hora de una posible cronología.

Queremos destacar tambien un fragmento de placa de arquero, de sección rectangular, con bordes redondeados. Cerca del extremo hay dos perforaciones situadas verticalmente, una de ellas está seccionada por el corte de la fractura (fig. 2). Como en el caso de la cerámica este objeto es muy interesante para situarnos en una fase prehistórica determinada.

Centrandonos ya en los útiles de sílex podemos decir que se han recogido un total de 116 piezas que presentan una clara homogeneidad atendiendo a sus rasgos tipológicos. Estas características nos permiten hacer algunas consideraciones concretas que a continuación resumimos en los siguientes puntos:

1- La materia prima utilizada es en todos los casos el sílex, abundante en la zona y de muy buena calidad. Los tonos grisáceos y amarronados destacan sobre los demás.

2- La talla de las piezas parece haber sido efectuada mediante percutor blando, excepto en cuatro piezas que el percutor es de caracteres duros.

3- La existencia de lascas amorfas, de sección rectangular o pentagonal. Dentro de estas, hay un gran número de las llamadas "reflejadas", indicativas del producto de una mala talla. Otras presentan indicios de hidratación.

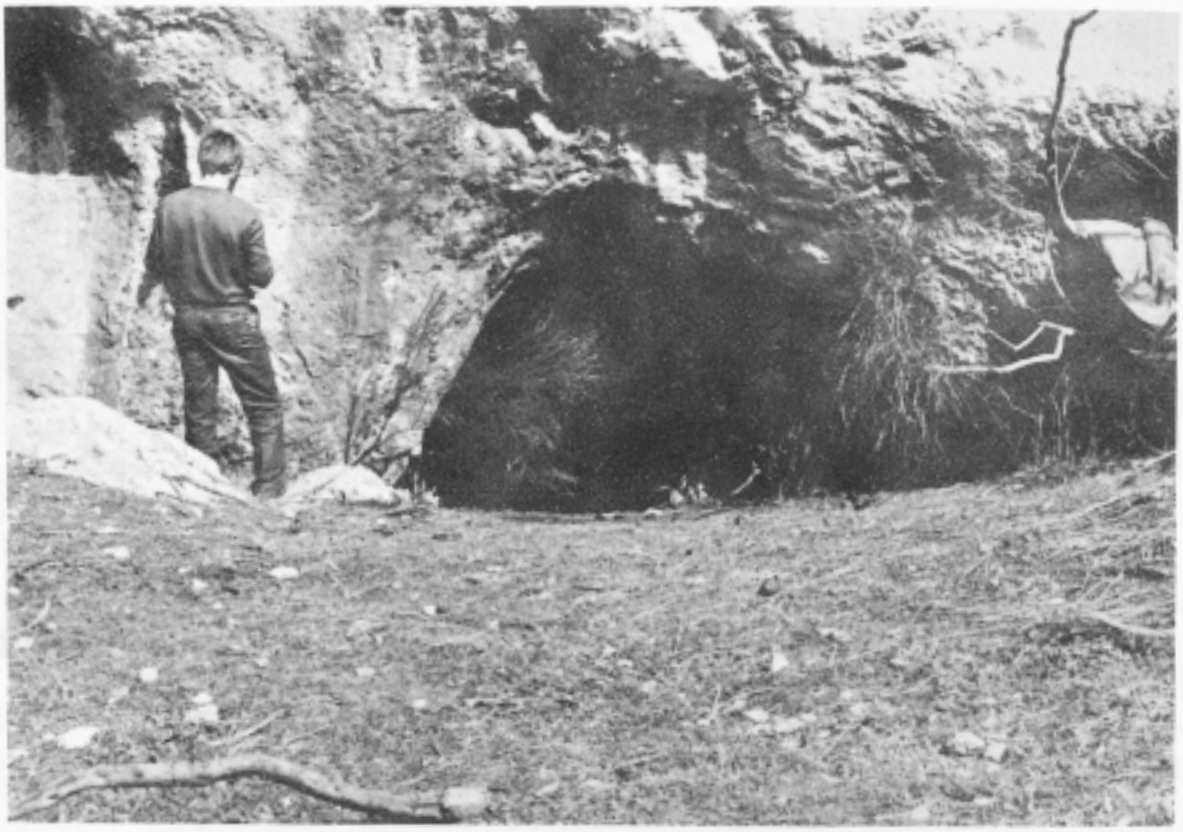
4- La mayor parte de la industria está constituida por hojitas y lascas muy finas, de sección triangular o trapezoidal, casi siempre con retoques de uso. En lineas generales hay una tendencia a dimensiones pequeñas.

5- Se pueden distinguir dentro del apartado anterior un grupo de útiles que presentan una serie de retoques propios, dandonos una tipología muy definida (truncaduras, denticulados, muescas, etc.).

6- Existen algunas piezas de clara tradición paleolítica.

7- Aparecen bastantes nucleos y numerosas esquirlas y lascas de talla que nos reflejan una posible fabricación in situ de la industria.

De entre todas las piezas hemos realizado una selección. Esta muestra es una pequeña parte de todo el material hallado, pero creemos que agrupa los ejemplos más representati-



Vista frontal de la entrada a la cueva.

vos y del mayor interés.

1- Hojita de sección triangular, fraccionada en la parte superior y con retoques de uso.

2- Hojita de sección trapezoidal.

3- Hojita con denticulado en su borde derecho y truncadura en su extremo distal.

4- Lasca de sección trapezoidal, corresponde tipológicamente a una raedera.

5- Pequeño núcleo piramidal para extracción de hojitas.

6- Hojita de sección triangular, con claras huellas de utilización.

7- Pieza muy interesante. Cuchillo de dorso rebajado, típico de tradición paleolítica superior.

8- Lasca de sección trapezoidal con muesca en su borde izquierdo.

9- Hojita de sección triangular, tiene retoques alternantes de denticulado en su borde derecho.

10- Hoja de sección triangular, presenta retoques de uso.

Conclusiones

Somos conscientes que los elementos que poseemos no son totalmente concluyentes a la hora de dar una hipótesis interpretativa.

Nos enfrentamos con obstáculos graves como son, entre otros, la falta de una situación exacta del material y la posibilidad de una mezcla

de diferentes niveles de ocupación que pertenezcan a periodos distintos. Este último hecho se nos ha planteado por la existencia en la cueva de algunos huesos de animales con un alto grado de fosilización, que, sin duda alguna, muy bien pudieran situarse en fases más antiguas que en la que vamos a definir la LJ-26.

Atendiendo únicamente a la industria del sílex, hay una serie de factores que unidos nos dan una visión algo más clara y sintetizadora, aun que siempre debemos dejar una puerta abierta a futuras investigaciones que se realizen en el yacimiento. Precisando, creemos que las características que presenta el conjunto lítico responde a un Neolítico, seguramente en un momento muy avanzado del mismo. La dificultad mayor para definirnos en este sentido estriba en el exiguo tratamiento que se viene dando a las piezas de sílex halladas en contextos neolíticos de nuestra provincia. No existe una tipología general que pueda darnos unos puntos de sustentación válidos para el estudio de este tipo de objetos. A pesar de todo, sabemos de trabajos que en este sentido se están realizando, y que esperamos vean la luz en fechas próximas.

Atendiendo al resto del material recogido, si la aparición de la cerámica fuese mayor en número y más significativa quizás podría darnos una cronología mucho más precisa. Las pastas groseras y finas se combinan, destaca un fragmento a la almagra de tratamiento bastante tosco. Este último dato, el más representativo en cuanto a cerámica se refiere, inicia su aparición en los momentos más antiguos del Neolítico y perdura hasta los inicios de la Edad del Cobre, incluso en yacimientos al aire libre (Navarrete, 1980).

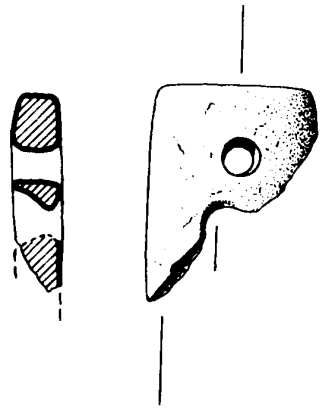


Fig. 2

Otro aspecto muy importante es la aparición de un fragmento de placa de arquero que indica la presencia de una población que empieza a moverse en contextos neolíticos tal como ha quedado demostrado en otros descubrimientos.

El único yacimiento de Granada que hoy dia puede servirnos de guia comparativa, en cuanto a material y una secuencia estratigráfica fiable, es la Cueva de la Carigüela (Pellicer, 1964), sobretodo en sus estratos IX,X y XI, pertenecientes a un Neolí-

tico final e inicios del Cobre. Junto a lascas y hojas como las que en este trabajo hemos presentado, conviven algunas piezas de filiación paleolítica, similar a lo que ocurre en la Cueva del Cerro de las Minas.

Debemos prestar atención igualmente al tipo de habitat. La ubicación de la cavidad en una zona de lapiaz, resulta a primera vista un poco extraña a la hora de hablar de un regimen económico concreto, sin embargo, a pocos kilómetros se abre el llamado "Arroyo de las Mozas", zona propicia para cualquier tipo de cultivo y para el pastoreo. Este ultimo factor parece haber sido muy importante durante la ocupación del yacimiento debido a la gran cantidad de restos óseos de animales que se encuentran en las paredes del interior. Respecto a la agricultura no hemos encontrado ningún dato que la atestigue.

Asi pues, pensamos que las características del medio en este lugar no han debido variar mucho desde la época en que fué habitada la LJ-26. Está claro que la agricultura y la ganaderia como base económica son posibles.

* * *

BIBLIOGRAFIA

Cardenas, F.J.; Regalado, C.; Ruiz, E.; Escoriza, T. y Riquelme, J.A. (1984). Yacimientos paleolíticos en cuevas de la provincia de Granada. Spes, 3. Soc. Grupo de Espeleólogos Granadinos. Granada. pp. 27-46.

Menjíbar Silva, J.L.; Muñoz Garcia-Ligero, M.J. y González Rios, M.J. (1981). Nuevos habitats neolíticos en el sector oriental de Sierra Gorda (Granada). Antrop. y Paleoecol. Hum. 2. Granada. pp. 55-78.

Navarrete, Mª S. y Capel, J. (1980). Algunas consideraciones sobre la cerámica a la almagra del Neolítico Andaluz. Cuad. Preh. Univ. de Granada. 5. pp. 15-34.

Pellicer, M. (1964). El Neolítico y el Bronce de la Cueva de la Carigüela de piñar (Granada). Trabajos de Prehistoria, XV. Madrid

Pezzi, M.C. (1977). Morfología kárstica del sector central de la cordillera Subbética. Cuad. Geo. de la Univ. de Granada. Serie Monográfica, 2. Granada.

ABRIGOS BAJO ROCA. UNA SINTESIS SOBRE SU EVOLUCION Y RELLENO.

JESUS M. SORIA

INTRODUCCION

El conocimiento del Cuaternario es una empresa amplia y multidisciplinar que requiere el concurso de muy diversas facetas de la ciencia para la comprensión del fenómeno global.

Son numerosos los datos de las áreas continentales que pueden indagarse, entre ellos una minúscula parte provienen del análisis de los rellenos de abrigos bajo roca.

Dado que los abrigos bajo roca han sido, conjuntamente con las cuevas, un hábitat común del hombre prehistórico, los prehistoriadores y en especial paleolistitas y anpropólogos, encuentran un campo de aplicación de su ciencia en los rellenos de cuevas y abrigos bajo roca.

No sólo el hombre y evolución han quedado registrados en los sedimentos de estos rellenos, sino también las condiciones naturales del pasado cuaternario. Así la evolución de la flora y fauna, y sus cambios, quedan también como valioso registro para estas aproximaciones a las pasadas condiciones ecológicas.

Por otro lado, la sedimentología, campo específico de este trabajo, mediante el análisis de los materiales desde el punto de vista geológico, es capaz de reconstruir parte de estos eventos ancestrales.

Digamos que cada disciplina, aisladamente, encontraría grandes inconvenientes a la hora de emprender un estudio de carácter general, dado que sin duda, los fenómenos naturales no tienen preferencia exclusiva alguna por quedar reflejados en una u otra de sus manifestaciones.

Ahora bien, ¿qué es lo que puede aportar la sedimentología a esta amplia empresa? y ¿cuáles son los principales obstáculos con que se encuenta en su ejercicio?. La respuesta a estas cuestiones ha sido planteada por LAVILLE y MISKOVSKY (1977), especialmente en lo que se refiere a los depósitos con registros paleolíticos.

En primer lugar merece la contribución a establecer la estratigrafía de todo el conjunto de materiales paleolíticos de una región. Fundamento

base de toda investigación en materia de prehistoria. Así como resolver estratigráficos, o la continuidad de niveles localmente interrumpidos en algunos puntos de la región. O en un mismo relleno descubrir lagunas estratigráficas no identificables por simple observación, que pasarían desapercibidas en el análisis de la secuencia palinológica.

De otro lado, una contribución al conocimiento del medio ambiente climático, aplicado a los diferentes estadíos culturales (las culturas humanas como registro fósil para la cronología relativa del Cuaternario).

Se pueden establecer las variaciones climáticas correspondientes a los estadíos e interestadíos glaciares, así como oscilaciones de orden menor O bien entrar en problemas más específicos en el campo de la prehistoria. Los análisis sedimentológicos permiten enjuiciar resultados emitidos por el arqueólogo. Así puede poner de manifiesto la contemporaneidad de los diferentes tipos de Musteriense, o del Perigordiense y Aurignaciense. O incluso plantear el valor cronológico de las industrias líticas, en el caso de la contemporaneidad de los depósitos arqueológicos atribuidos por el prehistoriador a estadíos culturales diferentes, o viceversa.

También puede poner en evidencia fases de ocupación humana cuando no existen datos directos utilizables por el historiador (industrias líticas). Por ejemplo: reparticiones y distribuciones peculiares de piedras, presencia de elementos exógenos en un contexto sedimentológico incoherente, etc., que son sin duda manifestaciones que entran en el campo del análisis textural o estructural sedimentológico.

Las principales limitaciones con que cuenta el análisis sedimentológico de un depósito de abrigos bajo roca pueden derivar de:

1- Complejidad en la interpretación de algunos depósitos.

2- La metodología es amplia, muy diversa, confluyen numerosas técnicas y resultados en la fase de interpretación. En definitiva, los análisis son largos y costosos.

3- Los diferentes eventos climáticos, como uno de los objetos finales persegidos por el sedimentólogo, sólo se pueden cualificar o cuantificar relativamente. Nunca se podrán obtener datos absolutos ni de temperatura ni de humedad.

4- La cronología establecida será sólo relativa, aunque la escala cronológica relativa es el complemento fundamental de las dataciones absolutas.

DEFINICION, EVOLUCION Y TIPOS

Definición. Características generales.

Un abrigo bajo roca se

puede definir como aquella forma cóncava y de evolución limitada en las rocas, producto de una respuesta diferencial entre éstas a la actuación de diversos mecanismos físico-químicos-biológicos.

De esta definición general se pueden entresacar al menos 4 aspectos, que conviene analizar más detenidamente para comprender la génesis y evolución de los abrigos bajo roca.

1.- Uno primero relativo a su morfología: concavidad en la roca. Este es el carácter que nos da la visión más generalizada de lo que comúnmente se entiende por abrigo. De hecho con esta sola consideración quedaría ya suficientemente introducido el término, aunque de forma incompleta, pues su evolución y génesis peculiar es lo que le da significación propia en sentido geomorfológico.

Bajo este aspecto, estrictamente morfológico, son caracterizados los abrigos bajo roca por LAVILLE, (1973), quien los define de la siguiente forma:

"Un abrigo bajo roca se caracteriza de una forma general por una concavidad más o menos desarrollada pero poco profunda, coronada por un avance convexo y un extraplomo que hace de techo. Una cavidad tal, cuando ha sido liberada de su relleno por erosión o si ha sido evacuada por trabajos de excavación, aparece limitada hacia el fondo por una pared cóncava y hacia la base por una superficie inclinada de erosión interrumpida por resaltes y escalones.

2.- Un segundo aspecto en relación con su evolución: de evolución limitada. la concavidad producida en la roca tiene la particularidad de ser poco desarrollada. Es decir, llegando en un punto en la evolución de ésta cesa totalmente el mecanismo generador, no alcanzando nunca grandes proporciones. De forma general podemos decir que no adquirirá el desarrollo de las cavidades kársticas menos evolucionadas. La respuesta a esta cuestión particular se encontrará a la hora de analizar la evolución del relleno.

3.- Producto de una respuesta diferencial de las rocas.

Las características particulares del "sustrato" sobre el que se desarrolla el abrigo, es un factor fundamental en su génesis y evolución.

Para que los agentes naturales produzcan una cavidad bien limitada y controlada especialmente en las rocas, es necesario que éstas presenten respuestas diferenciales a la actuación de un mismo fenómeno. Tal variabilidad de respuestas está íntimamente relacionada con la variedad litológica del sustrato.

Se puede decir que un abrigo evolucionará como tal, si el medio donde se desarrolla es heterogéneo. El ejemplo más expuesto a menudo en la biblio

grafía es la alternancia de niveles o estratos en la roca que presentan diferencias en cuanto a la sensibilidad al hielo, es decir, alternancias de lechos más o menos gelivales. O lo que es lo mismo, que entre diferentes puntos de la roca existan diferencias composicionales-estructurales (texturales), que produzcan la aparición de un fenómeno de "gelivación diferencial" (término introducido con significación propia por F. BORDES, como el principal mecanismo generador de los abrigos bajo roca).

4.- Actuación de diversos mecanismos físico-químico-biológicos.

El proceso por el que evoluciona la concavidad que caracteriza a un abrigo bajo roca, está íntimamente relacionado con la actuación de diversos mecanismos sobre ciertos niveles más sensibles a ellos. Tales mecanismos pueden ser:

Físicos: Íntimamente relacionados con las variaciones climáticas, toman especial importancia en climas fríos. Merece la pena entresacar el proceso de gelivación (acción del Hielo) que posteriormente trataremos con detalle.

Químicos: Relacionados de forma general con climas cálidos. Estos pueden participar tanto en la evolución de la concavidad como en modificaciones del relleno de la misma.

Consecuencia de esta gelivación diferencial, se irá generando una concavidad, especialmente limitada al conjunto de lechos más humidificados. Los depósitos liberados por la gelivación se irán acumulando progresivamente al pie y en el interior de la cavidad, configurando una formación crioclástica. En la medida en que se mantenga el clima frío y húmedo con repetidas oscilaciones en torno a cero grados se irá produciendo un progresivo retroceso de los niveles diferenciales y un aumento en espesor de la formación crioclástica.

En el curso de una mejoría climática, cuando las condiciones estadiares ceden paso a las condiciones interestadiares, tendrán lugar procesos de solifluxión y arroyada, que podrán introducir en el interior del abrigo y en la superficie de relleno materiales con fuerte contenido en fracciones finas. En este momento tiene lugar un cese en la evolución del retroceso de la concavidad.

El paulatino cambio climático a condiciones cada vez más cálidas, traerá como consecuencia la aparición de fenómenos de alteración y/o edafización, que en gran medida provocan una disminución en el tamaño de grano de los niveles superiores del relleno.

Esto último condicionará que la superficie del relleno adquiera un carácter semipermeable, reteniendo cierto grado de humedad, producto de la circulación por capilaridad desde fuentes o cursos de agua próximos o bien humedad proce-

dente de las propias precipitaciones.

Se creará pues una línea de humidificación al nivel superior del relleno y en contacto con la pared, que en gran medida va a favorecer, bajo adecuadas condiciones climáticas, la formación de una zona especialmente sensible a la gelivación.

Biológicos: Su actuación es más a título anecdótico. En ciertas condiciones pueden coadyugar en la evolución de la concavidad (musgos y líquenes mediante la acción de sus ácidos radiculares) y en otras, a la modificación y disposición de los depósitos que constituyen el relleno.

¿Cómo evoluciona un abrigo bajo roca?.

Podemos imaginarnos un ejemplo idealizado según el cual la evolución y relleno de un abrigo se efectuaría de la siguiente forma:

Consideremos una pared o acantilado de roca que presente una alternancia, o sucesión de lechos de calizas compactas puras, con otros de calizas margosas tableadas, por ejemplo.

Las calizas compactas puras serán de carácter más permeable que las calizas margosas, por lo tanto, la cantidad de agua retenida en las primeras va a ser sensiblemente menor que en las segundas, dado que será más fácilmente evacuable el agua que circule por el sistema de poros bien desarrollado que le infieren ese carácter permeable. Las calizas margosas, medianamente permeables, retendrán con más facilidad el agua de circulación evacuada de las anteriores.

Existirá pues, en la pared de roca una alternancia de lechos más y menos humidificados.

Al nivel de estos lechos más húmedos, y en el curso de un clima caracterizado por alternancias periódicas de temperaturas sobre y bajo cero grados, serán más sensibles a los mecanismos de degradación crioclástica.

En conjunto actuará un mecanismo denominado GELIVACION DIFERENCIAL, que será el inmediatamente responsable de la evolución de la concavidad. Esta línea de humidificación irá ascendiendo a medida que lo hace el propio relleno y en el curso de sucesivos cambios climáticos estadiares y también interestadiares.

El retroceso de los niveles diferenciales por gelivación puede ser tal que deje en inestabilidad la bóveda que hace techo al abrigo.

En estas condiciones de inestabilidad de la bóveda se pueden producir desprendimientos de la misma, tanto por mecanismos de macrogelivación, de disolución o de simple desequilibrio gravitatorio, a favor de superficies de estratificación o fracturaciones previas existentes. Merece destacar la posible influencia que tiene la actividad sísmica en

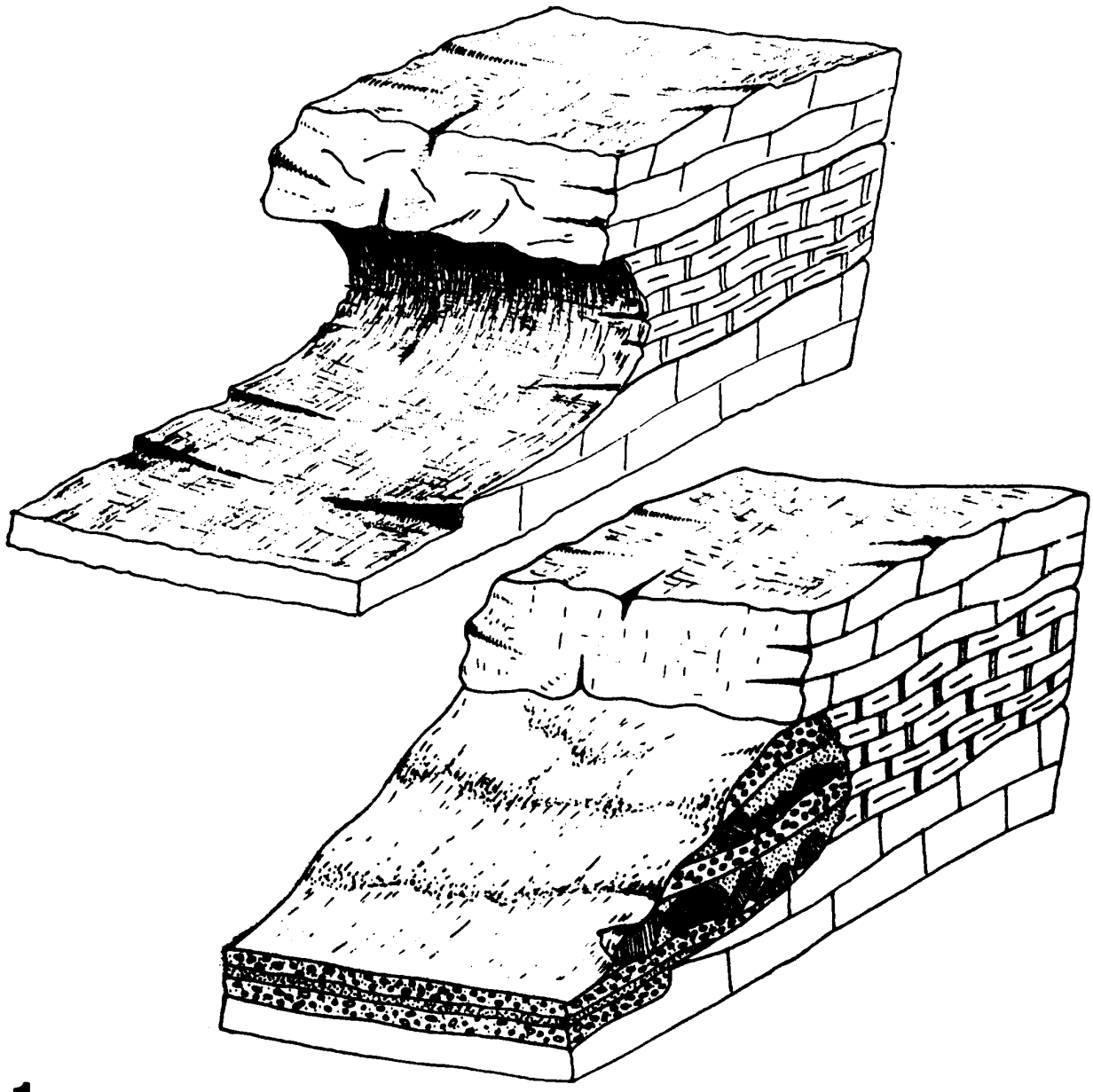


Fig.1

MODELO CLASICO DE ABRIGO BAJO ROCA.
Figura Superior: Caracterísiticas morfológicas de la cavidad producida por el retroceso de los niveles intermedios.
Figura Inferior: Cavidad con el relleno de material producto de su propia evolución en retroceso.

La figura superior sería una abstracción de la inferior si ésta la imaginásemos sin relleno.

estos desprendimientos, como apuntan algunas observaciones llevadas a cabo por ESCALON DE FONTON.

Bajo nuevas condiciones climáticas que favorezcan la gelivación diferencial se irán acumulando progresivamente depósitos hasta el punto que los materiales del relleno alcancen el nivel superior de la zona diferencial, en la base de la bóveda. En este momento quedarán protegidos de la acción exterior (de los cambios climáticos) los niveles en retroceso. En este punto la evolución del abrigo habrá tocado su fin.

Como conclusión podemos decir que es la propia evolución de la concavidad la que progresivamente va colmatando el abrigo, hasta el punto de ser la responsable del cese de los mecanismos genéticos.

En las páginas siguientes se muestra esquemáticamente el proceso de evolución de un abrigo bajo roca. En ese simple modelo evolutivo no quedan recogidos todos los mecanismos que pueden intervenir tanto en el retroceso de la concavidad como en la modificación de los depósitos. Tales mecanismos los trataremos en detalle a continuación.

¿Son los abrigos bajo roca formas kársticas?

Según el modelo anteriormente expuesto hemos de considerar los abrigos bajo roca en una acepción diferente a la de un modelado exclusivamente kárstico.

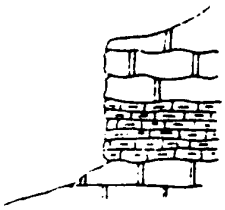
Sin duda alguna los procesos kársticos juegan un importante papel en la morfogénesis de los abrigos, hasta el punto de poder considerar el modelo explicado como consecuencia de la acción mixta gelivación-karstificación.

Sobre la gelivación como principal mecanismo genético de los abrigos ya se ha hablado con anterioridad. Ahora bien, ¿cuál es la influencia de los procesos kársticos?. El principal papel que juegan los procesos kársticos en la evolución de un abrigo es en la alimentación de humedad en los niveles diferenciales. Esta alimentación tiene lugar por circulación mediante conductos y fisuras de carácter kárstico a través de la roca. Esta serie de conductos, que en gran medida favorecen la humidificación necesaria para la gelivación, apaceren a medida que se progresa en la excavación del relleno. Así las propias observaciones llevadas a cabo por LAVILLE (1973) ponen de manifiesto la aparición de numerosas formas espeleogenéticas en los abrigos bajo roca en Perigrord. Este autor ha observado que la mayoría de los abrigos bajo roca que ha estudiado, se sitúan en la desembocadura de antiguos couloirs (pasillos) subterráneos, y que conforme se progresa en el curso de la excavación aparecen numerosas formas de karstificación. Como conductos hemicilíndricos, pozos verticales, galerías, etc., formas sin duda asociables a una

EVOLUCION SIMPLIFICADA DE ALGUNOS POSIBLES MECANISMOS PARA LA FORMACION Y RELLENO DE UN ABRIGO BAJO ROCA

I

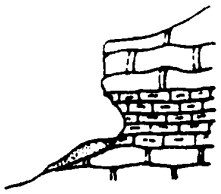
Estadío inicial: alternancia de calizas puras compactas y calizas margosas tableadas. Concentración de la humedad en los niveles menos permeables.



II

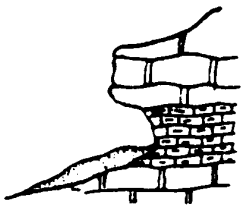
Comienzo de la gelivacion. Degradacion crioclastica de los niveles mas humedos. Acumulacion de gelifractos al pie de la concavidad

Clima frio y moderadamente humedo con alternancias de ciclos hielo - deshielo.



III

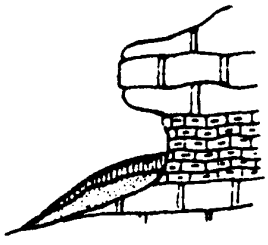
Progresiva profundización de la concavidad y aumento del expesor de la formación crioclástica.



IV

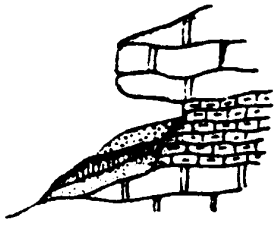
Cese del retroceso en la concavidad.Mejoría climática.Formación en la superficie del relleno de una capa de materiales finos producto de la arroyada y de carácter semipermeable.Procesos de edafización.Al nivel de la superficie y en contacto con la pared se crea una línea de humidificación.

Posible presencia humana: capas arqueológicas.



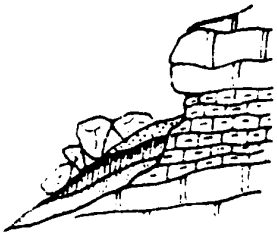
V

Degradación crioclástica al nivel de la línea de humidificación anterior.Progresa el retroceso de la concavidad así como la colmatación del abrigo por los materiales de relleno.Bóveda inestable.



VI

La bóveda,insuficientemente sostenida,se desprende en grandes bloquespor procesos de macrogelivación,disolución o actividad sísmica.



VII

Continua la gelivación diferencial hasta el punto de que los materiales del relleno sellan por completo los niveles en retroceso.

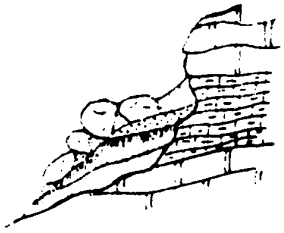
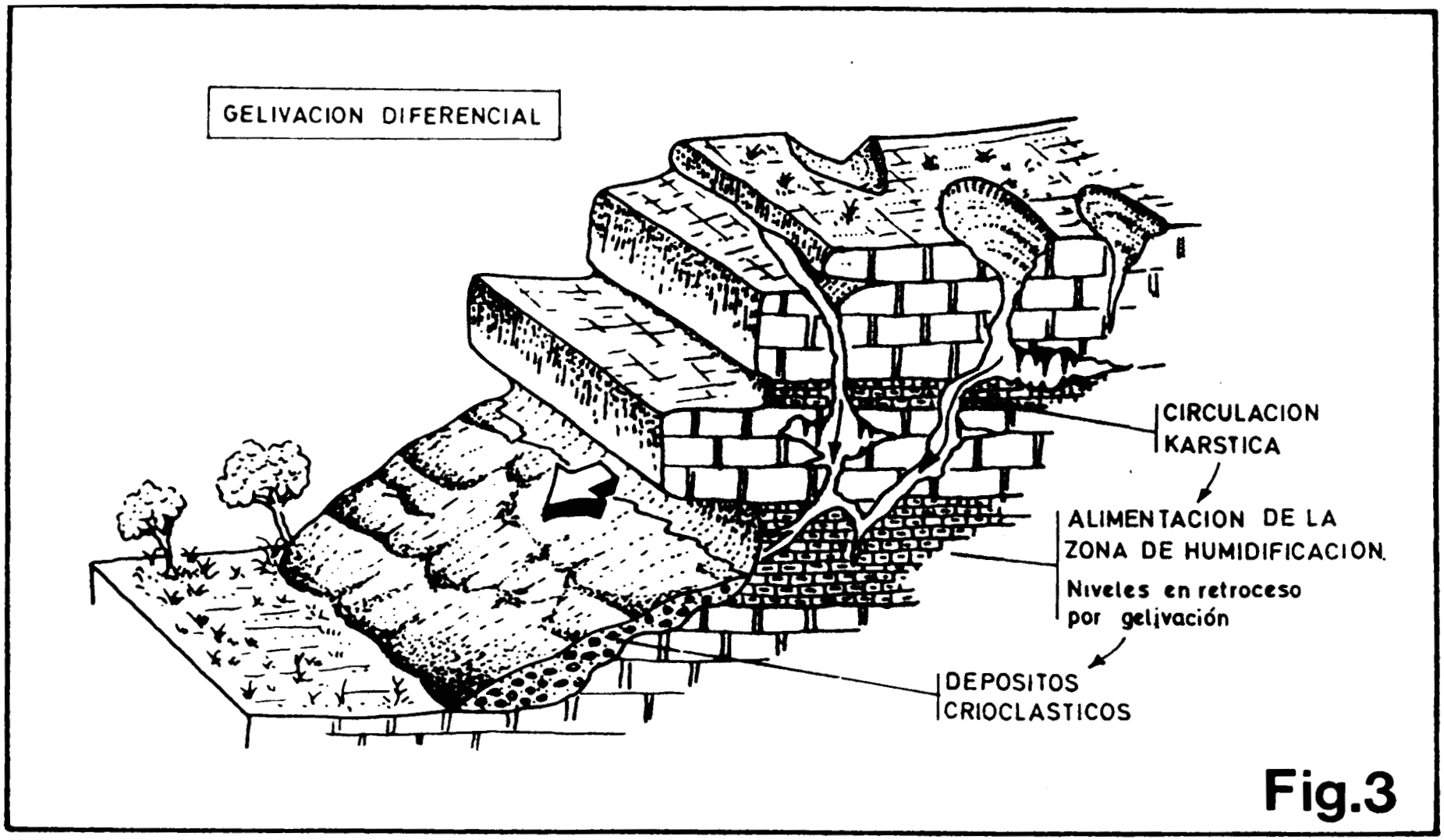


Fig.2



Evolución de un abrigo por mecanismos de gelivación con influencia de la actividad kárstica.

Se produce un retroceso diferencial de los lechos más humidificados, calizas margosas con carácter semipermeable.

espeleogénesis.

P. FENELON (1968), agrupa los abrigos bajo roca dentro de las formas exclusivamente kársticas, despreciando el papel de la gelivación diferencial.

Este autor explica textualmente que la evolución de la concavidad se produce de la siguiente forma:

"Estos niveles más margosos se caracterizan por presentar una serie de surgencias de agua de carácter estacional, por las que puede salir el agua cargada de pequeñas partículas de roca y que unido a la acción de musgos y líquenes adheridos a la pared produciría un retroceso de esos niveles, configurando progresivamente una cavidad cada vez más pronunciada".

Las observaciones llevadas a cabo por LAVILLE (1973) han dado pie para poder minimizar de golpe esta idea de modelación kárstica de los abrigos bajo roca. Autor que mantiene que se trataría, y como apuntaba anteriormente, de la acción mixta karstificación-gelivación.

Abrigos bajo roca con participación del modelado fluvial.

Un abrigo bajo roca puede evolucinar gracias a la actuación conjunta de la gelivación y acción fluvial.

Este modelo genético mixto requiere que la pared o acantilado de roca donde se va ya a modelar el abrigo se sitúe en el nivel medio de un cauce fluvial. Estos primeros aportes serán la clave para que se produzcan procesos de gelivación, ya que serán lechos de naturaleza areno-limosa y de carácter semipermeable que aseguran una humidificación por circulación capilar del agua desde el curso principal.

Bajo condiciones climáticas caracterizadas por alternancias a los cero grados, la pared, al nivel de la línea de humidificación, sufrirá una degradación crioclástica, acumulándose sobre los depósitos de aluvionamiento fluvial una formación de materiales gelifractados. Estos depósitos crioclásticos podrán ser recubiertos de nuevo por depósitos de aluvionamiento fluvial, en el curso de una crecida del río, creándose así un nivel más alto de humidificación para que vuelva a ser más efectiva la gelivación.

Así progresivamente se irá colmatando de depósitos la primitiva cavidad.

Este tipo de abrigos con participación mixta fluvial-gelivación están particularmente bien expuestos en los acantilados de la Madeleine en Pereford, (LAVILLE, 1973).

Otros modelos de abrigos de génesis exclusivamente fluvial fueron puestos de manifiesto por M. BOURGON, 1937.

SEDIMENTACION

Disposición de los depósitos. Mecanismos que controlan el relleno de un abrigo bajo ro-

ca.

1.- Gelivación

Con este término se entiende el fenómeno de fracturación de las rocas por la acción de la helada.

El agua que penetra en fisuras y oquedades de la roca, por la acción de la helada sufre un aumento de volumen, ejerciendo un efecto de cuña que progresivamente va agrandando las dimensiones de la fisura hasta el punto de saltar fragmentos de dimensiones variables.

El agua al congelarse ejerce presiones de hasta centenares de Kg/cm^2 (MALAURIE, 1968).

La gelivación toma su papel más efectivo en áreas donde la temperatura oscila en torno a los cero grados, y existe cierto grado de humedad; de forma que puedan producirse repetidos períodos de congelación-fusión del agua.

De igual forma que juega un gran papel en la evolución o retroceso de la concavidad, por vía de consecuencia también será un mecanismo de gran importancia en la alimentación del relleno.

En este apartado se tratará la gelivación como un mecanismo primario, de forma que actúa directamente sobre la roca, produciendo el retroceso de ciertos niveles diferenciales. Se diferencia de un mecanismo denominado gelivación secundaria ("gelivación de reprisse", LAVILLE, 1973), que será tratada con más detalle en el aspecto relativo a la modificación de los depósitos.

Los depósitos típicos de gelivación serán característicos por presentar una considerable abundancia de elementos muy angulosos y de aristas vivas. Mostrando los fragmentos a menudo evidencias de fracturación, reciente por un lado, dando un aspecto más fresco, y por el otro lado dando un aspecto rugoso y alterado de la roca, la porción expuesta al exterior previa a la salтación del fragmento. Habrá también un gran número de plaquetas de helada, entendiendo estos elementos como aquellos fragmentos cuya máxima dimensión excede al menos 4 veces de la mínima (LAVILLE, 1973).

Los fragmentos gelivados se acumulan en niveles por caída gravitatoria, quedando dispuestos con su máxima dimensión paralela al fondo, adquiriendo una posición estable. Los depósitos formados exclusivamente por gelivación de la roca, se caracterizan por presentar una textura particular, consistente en un entramado de cantos sin ningún tipo de matriz entre los huecos.

Cuando existe participación, junto con la gelivación, de otros procesos de sedimentación, como la arroyada, los depósitos serán característicos por presentar una abundancia relativa de matriz entre los elementos gelivados. Estas variaciones de matriz y cantos pueden alcanzar valores extremos para cada tipo, de forma que podremos incluso encontrar depósitos en los que los ele-

mentos gelivados se encuentren en un porcentaje mínimo respecto a la fracturación fina. Estas variaciones, por lo tanto, serán un importante indicador de la intensidad relativa de los fenómenos de gelivación.

Del estudio porcentual del contenido de cantos gelivados en una secuencia de niveles, se podrán tomar consideraciones paleoclimáticas en función de lo anteriormente dicho.

-Factores que influyen en la gelivación.

1.- Humedad.

La efectividad del mecanismo de gelivación está determinada por la presencia de agua disponible para que pueda penetrar en las fisuras y oquedades de la roca.

Experiencias de GUILLIEN y LAUTRIDOV; (1970), han puesto de manifiesto que bajo similares condiciones de temperatura (amplitud e intensidad de los ciclos hielo-deshielo), una determinada muestra reaccionará de forma diferente dependiendo del grado de humedad de la misma. Así como que la velocidad de fragmentación es directamente proporcional al grado de humedad.

2.- Clima.

Las variaciones de temperetura, dependiendo de su intensidad, amplitud y constancia de las mismas, desempeñarán un papel determinante en la forma y tamaño resultante de los elementos fragmentados.

TRICART y MALAURIE han puesto de manifiesto que durante los períodos de helada moderada se liberan elementos finos y que durante una helada fuerte se liberan elementos gruesos. A partir de esto se pueden establecer 2 modalidades de gelivación:

-Macrogelivación: Con liberación de elementos de gran tamaño. El agua penetra profundamente en las fisuras de la roca. Se necesita un frío intenso y duradero para provocar la saltación de los grandes fragmentos. La macrogelivación se asocia a variaciones climáticas de ciclo anual (TRICART, 1967).

-Microgelivación: Se produce una liberación de elementos de tamaño pequeño. Las oscilaciones climáticas serán muy repetidas, constantes y de inensidad moderada. Corresponden con variaciones climáticas de ciclo cotidiano, (TRICART, 1967).

3.- Litología.

Será un factor determinante siempre que la variedad de roca se traduzca en una determinada textura (porosidad, fábrica laminar, etc.), que favorezca la penetración del agua. Así como tal textura facilite la fracturación de la roca por presentar zonas de debilidad.

2.- Solifluxión.

La solifluxión es un mecanismo de evolución de vertientes producido por el flujo lento de un suelo, que se desplaza por acción gravitatoria en laderas de incluso débil inclinación. Suelo que debe presentar un comportamiento plástico

derivado se su propia naturaleza granulométrica y de unas determinadas condiciones de humedad.

La solifluxión en su acepción más general es un tipo de flujo en estado sólido. Es un movimiento en masa del material como consecuencia de una respuesta de éste a un desequilibrio gravitatorio existente, para unas determinadas condiciones.

Estas condiciones estarán controladas esencialmente por 2 factores:

-Granulometría: El porcentaje de fracción arcilla ha de ser tal que determine un carácter semipermeable de todo el conjunto.

-Humedad: El material ha de tener un suficiente grado de humedad (retenido gracias al carácter semipermeable del mismo) para que las arcillas presenten un comportamiento plástico.

Cuando concurren estas condiciones, el material, dispuesto sobre una pendiente, fluye.

El movimiento por solifluxión es tal que todos los componentes del material participan de forma activa en el flujo. Cada uno de los elementos de roca, inmerso en el seno del material arcilloso se desplaza, configurando así un movimiento en masa de todo el conjunto.

Los materiales producto de la solifluxión presentan una fuerte heterometría (sin clasificación). No cabe esperar ningún tipo de estructuras de corriente, los elementos se presentan dispuestos al azar, aquellos elongados se pueden presentar verticales o con una gran variedad de posiciones.

El control climatológico es relativo. La solifluxión, como se ha explicado anteriormente, sólo requiere unas condiciones relacionadas de humedad y porcentaje de fracción fina en el suelo. Estas condiciones se podrán presentar tanto en climas fríos (dominio periglaciar) como en climas propios de regiones templado-húmedas.

Circunscribiéndonos al dominio periglaciar, es ahí donde la solifluxión toma su papel más efectivo. Los ciclos hielo-deshielo adquieren cierta intensidad. En estas áreas la solifluxión está íntimamente relacionada con la presencia de suelos helados o permafrosts.

La solifluxión se producirá como consecuencia del deshielo superficial del permafrost. En esencia del mecanismo genético es el mismo que se ha explicado anteriormente: las arcillas, que en el permafrost están cohesionadas porque la humedad está en forma sólida, cuando se produce el deshielo superficial y el agua adquiere estado líquido, pasan por una situación de defloculación, comportándose plásticamente y transmitiendo este carácter plástico a toda la porción deshelada del permafrost que fluye por la superficie helada del permafrost infrayacente.

En las áreas periglaciares donde existe una actividad hielo-deshielo como mecanismo disgregador de las rocas y que colabora con la formación del permafrost, los elementos típicos componentes de los cuerpos de solifluxión serán en gran medida de formas angulosas con una abundancia relativa de cantos gelivados y plaquetas de helada.

En relación con los abrigos bajo roca, la solifluxión puede ser un mecanismo de relleno, siempre que la morfología del abrigo y su entorno se caractericen por presentar áreas de pendiente que converjan hacia la entrada del abrigo. En estas condiciones la solifluxión podrá aportar elementos de origen exógeno al interior.

En determinadas ocasiones la solifluxión podrá ser, al contrario, un mecanismo de modificación y/o evacuación de los depósitos ya existentes en el interior del abrigo.

3.- La arroyada.

Con este término se entienden aquellos mecanismos de erosión-deposición llevados a cabo por la acción de cursos definidos o mantos superficiales de agua, que actúan bien sobre el sustrato, o bien sobre los depósitos que rellenan el abrigo.

En el tratamiento que se hace en este apartado de este término, se incluyen aquellos procesos derivados tanto de la acción mecánica, como química del agua, siempre que su origen sea superficial. Las aguas de circulación interna o de infiltración serán tratadas en un apartado a continuación.

Dependiendo del régimen particular que adquiera la arroyada, los efectos producidos van a ser de un lado meramente erosivos, y de otro deposicionales. en el primer caso, quedarán registros o formas erosivas, tales como abarrancamientos, canales de diversa magnitud, manifestaciones propias de una cierta actividad torrencial del agua. En el caso extremo, se pueden producir verdaderas evacuaciones de material, quedando a ese nivel de actuación lagunas estratigráficas de diversas magnitud en el relleno.

En el segundo caso, la actividad deposicional será característica por el tipo de sedimento. Acumulaciones de material, esencialmente fracciones finas con ciertas estructuras de corriente, como láminas, imbricaciones de cantos elongados, o ciertos aspectos en una forma de elementos transportados, como redondeamiento de cantos más o menos blandos, fracturación de restos óseos o disoluciones superficiales, que darán un aspecto "emoussé" a los elementos calizos. A menudo típicas "melanges" de materiales de diversa procedencia.

Cuando el régimen de este mecanismo es muy bajo, las irregularidades del fondo tendrán una tendencia a rellenarse progresivamente con los sedimentos finos en suspensión transportados por el agua. Tí-

picas estructuras de relleno de "cubetas" son presentes en algunos abrigos.

La arroyada juega un doble papel, por su acción mecánica y por su acción química. El primer caso ha quedado prácticamente expuesto y su actuación se podría resumir de la siguiente forma:

-Lavado de la matriz fina de los depósitos groseros y acumulación de ésta pendiente abajo.

-Aporte de materiales exógenos al interior del abrigo, por circulación kárstica o penetrados por la apertura principal desde el exterior.

-Resedimentación de materiales ya existentes en el relleno del abrigo.

La actividad química del agua de arroyada dejará de sentir sus efectos tanto en la roca donde se abre el abrigo, produciendo marcas de disolución como lapiaz, o bien sobre los materiales del relleno; en este caso las evidencias de la disolución de ciertos lechos de material clástico carbonatado, se manifiestan por el aspecto que adquieren los elementos de los niveles afectados. Dichos elementos calizos, según el grado de disolución que han sufrido, irán adquiriendo progresivamente un aspecto emoussé, perdiendo densidad y haciéndose cada vez más friables (sensibles al frío).

Consecuencia de la actividad química del agua sobre los los materiles del relleno o sobre la propia roca, se liberará una cierta porción de residuos insolubles, éstos se denominan arcillas de descalcificación, y serán tratados a cntinuación en el apartado relativo a la actividad del agua de circulación kárstica.

4.- Actividad deposicional en relación con las aguas de circulación kárstica.

Al interior de los abrigos bajo roca pueden llegar ciertos conductos kársticos, por lo que circularía agua con cierta carga en suspensión o disolución, que será depositada en el interior del abrigo.

Este tipo de depósitos serán más característicos de la actividad sedimentaria de las cuevas, pero serán tratados con detalle en el presente apartado.

Las aguas de circulación kárstica juegan un importante papel en relación con su actividad química. El principal mecanismo es la disolución-descalcificación (o descomposición química de la caliza). El sedimento producido adquiere la denominación particular: "arcilla de cuevas". Las arcillas de cuevas son un tipo de depósitos, esencialmente arcillosos consecuencia de la disolución de la caliza impura, que pone en suspensión en el agua los residuos insolubles de la roca.

Estos residuos insolubles son depositados por simple acción mecánica, cuando el transporte se hace nulo y la carga en suspensión del agua es sedimentada.

La disolución de la roca caliza se produce en mayor gra

do cuando el agua tiene un fuerte contenido en CO_2 (gas carbónico). La cantidad de gas carbónico disuelto en el agua es sensiblemente mayor a temperaturas bajas.

De otro lado, las aguas de circulación son más agresivas en función del contenido en ácidos orgánicos. El agua adquiere cierto contenido en éstos cuando circula por zonas en alta proporción en materia orgánica (humus) desarrollándose en este proceso en climas dominantemente cálidos.

Además de la carga en suspensión de las aguas de circulación kárstica en material arcilloso, existe cierta cantidad de material más grosero, tamaño arena o limo, dependiendo del régimen de transporte y naturaleza de la roca.

En épocas fuertemente lluviosas y frías se producen importantes acumulaciones de arcillas en las cuevas. En estos depósitos es posible seguir el curso de oscilaciones climáticas en relación con las variaciones de humedad del clima. La presencia de sedimentos laminados representa alternancia de climas fuertemente lluviosos donde son transportados y sedimentados gran cantidad de elementos groseros, y épocas de clima menos húmedo, donde no existe apenas circulación kárstica y son depositados los elementos más finos, que permanecen en suspensión en el agua que rellena las irregularidades del fondo.

Respecto a la constitución mineralógica de estas arcillas, conviene resaltar la presencia de illita sobre kaolinita y sepiolitas. El grado de evolución mineralógica es muy significativa al respecto.

Los hidratos de hierro son a menudo cuerpos fijados en la arcilla. Estos le dan un color gris o azul en medio reductor, o rojo o marrón en medio oxidante. A veces los óxidos de hierro en estado coloidal en forma de sesquióxidos forman con la arcilla un compuesto particularmente estable en la superficie del depósito: lateritas. Estas transformaciones de laterización tienen lugar como consecuencia de la actuación de procesos de alteración del depósito, ligados a clima dominantemente cálidos, posteriores a la puesta "in situ" de las arcillas.

5.- Acción eólica.

La denudación de materiales llevada a cabo por el viento puede movilizar grandes cantidades de material fino que será depositado en áreas donde el régimen del viento decaiga.

La acción del viento como importante mecanismo erosivo está clásicamente adscrita a regímenes fríos, coincidentes con el decline de estadíos glaciares y su registro deposicional adquiere gran importancia en zonas con morfogénesis periglaciar.

El viento puede, en ocasiones, ser el agente que introduzca variables cantidades de materiales al interior del abrigo, dependiendo de la in-

tensidad de la acción eólica, de la morfología, y de la orientación del abrigo. Dada la dificultad de conservación de estos depósitos eólicos, por su facilidad de erosión, los abrigos bajo roca serán un enclave, en ocasiones muy apto para su conservación.

Registrar la actividad eólica en los sedimentos que rellenan un abrigo requiere conocer bien cuáles son las características de un loess:

-El sedimento, una vez descalcificado, presenta al menos un 70% en volumen de material inferior a 50 µm (BORDES).

-Del análisis morfoscópico de los granos de cuarzo, en fracciones inferiores a 2 mm. se deduce un porcentaje dominante de granos "rond mats" (redondeados mats) con un aspecto superficial típico por presentar numerosos impactos y saltaduras.

-Desarrollo de un suelo particular de alteración llamado lehm.

6.- Aluvionamiento fluvial.

La sedimentación del material de origen fluvial en el interior de un abrigo, tendrá lugar exclusivamente cuando éste se abra en una pared o acantilado situado al nivel medio de un cauce fluvial, y éste sometido a la influencia de las crecidas o desbordamientos de dicho cauce.

Ya se mencionó con anterioridad el modelo de BOURGON, 1937, quien invoca génesis exclusivamente fluvial para algunos abrigos bajo roca. Según este modelo la acción fluvial sería la responsable de la génesis de la concavidad en la base del acantilado. Y los depósitos del relleno tendrían el mismo carácter que las terrazas típicamente fluviales.

También se planteó el modelo mixto de actuación conjunta de la acción fluvial y la gelivación. Abrigos en los acantilados de la Madelaine, (LAVILLE, 1973), donde alternaban depósitos de sedimentación fluvial y crioclástica respectivamente.

En cualquier caso, los depósitos de aluvionamiento fluvial serán característicos por sus facies sedimentológicas.

Desde el punto de vista litológico, los elementos componentes del depósito serán en gran medida exógenos, su procedencia será de las áreas fuente que erosione el curso en zonas topográficamente más altas.

Estos elementos serán de tamaño variable en función del régimen de la corriente durante la crecida que introduzca los materiales en el abrigo. La forma de los cantos será en gran medida redondeada y esférica.

Los niveles de aluvionamiento podrán presentar estructuras tanto erosivas como de corriente (paleocauces, nidos de conglomerados, granoselecciones, laminaciones diversas...).

Del examen morfoscópico

de los granos de cuarzo en fracciones inferiores a 2 mm., se deducirá un importante contenido en emousés-luissants (desgastados-brillantes), en número y grado de emousé variable en función del recorrido fluvial.

7.- Depósitos de precipitación química.

En abrigos con importante actividad kárstica pueden aparecer numerosas formas de precipitación química de carbonatos.

Entre muchas manifestaciones de esta actividad química a nuestro efecto tiene especial importancia la formación de suelos estalagmíticos como una manifestación típica de climas relativamente cálidos y húmedos con una notable estabilización del techo y paredes del abrigo.

8.- El hombre.

El hombre será considerado como un agente de acumulación de depósitos, de importancia, cuando sea el responsable de la formación de niveles cuyos elementos sean de gran medida producto de su actividad.

Los elementos dispuestos por el hombre en el interior del abrigo, podrán ser de procedencia endógena (rocas del propio abrigo), o exógena, elementos introducidos desde áreas exteriores de litología diferente.

En ocasiones sus restos de utillaje llegan a presentar un volumen que puede exceder al 80% del total de material del nivel arqueológico.

En otras ocasiones su actividad se manifiesta por disposiciones particulares de elementos de roca, bien para procurarse un hábitat más placentero, bien con otras finalidades prácticas.

Así es posible encontrar en algunos abrigos acumulaciones de rocas en la entrada, con el fin de intentar cerrarlo, como protección contra el frío o animales más feroces que él. En otras ocasiones, se presentan enlosados el suelo, bloques planares de roca o disposiciones típicas de hogares.

Como se verá posteriormente, el hombre es un agente de importancia en la modificación de los depósitos, bien directamente como se ha visto, o bien contrariando las propias condiciones naturales que controlan directamente la sedimentación.

9.- Otros.

En alunas ocasiones, parte de los materiales que constituyen el relleno son de origen glaciar. En este caso la identificación de tales depósitos se hará en base a reconocer las características de un till (elevada heterometría del material, presencia de cantos estriados o con marcas de percusión, etc.).

En otras ocasiones, algunos depósitos serán de origen marino, estos abrigos estarán situados en escarpes o acantilados costeros, y los materiales de este origen se reconoce

rán por sus facies sedimentológicas, además de por poder presentar organismos fósiles marinos.

MODIFICACION

Modificación de los depósitos.

En este primer apartado se tratará de exponer, si no todos, aquellos mecanismos más importantes que produzcan alteraciones en la disposición (textura o estructura), o composición original de los depósitos que rellenan un abrigo bajo roca. Así como posibles evacuaciones totales o parciales del sedimento del relleno.

1.- Gelivación secundaria.

(Gelivación de reprise, LAVILLE, 1973).

Con este término se entiende el proceso de fragmentación de los cantos constituyentes de un depósito por la acción del hielo.

La gelivación secundaria tendrá lugar cuando los ciclos hielo-deshielo sean sensibles en el seno del depósito.

Como resultado final de esta nueva fragmentación va a producirse una reducción granulométrica de todo el depósito afectado.

En principio la gelivación secundaria estará controlada por:

-Intensidad de los fenómenos de gelivación primaria que hayan producido el depósito, por vía de consecuencia la abundancia relativa de elementos y su tamaño.

-Propio volumen del depósito.

-Carácter de los ciclos hielo-deshielo. En relación con la intensidad, duración y constancia de los mismos.

Si el depósito inicial se caracteriza por una abundancia dominante por los grandes bloques, producto de macrogelivación, la gelivación secundaria será el mecanismo limitado, en cuanto es limitada la cantidad de agua presente en torno a estos elementos.

Si por el contrario, el depósito se caracteriza por presentar una abundancia considerable de elementos de tamaño medio y fino, producto de una microgelivación, la gelivación secundaria será más efectiva, debido en gran medida al mayor contenido en humedad retenido en depósito por las fracciones finas.

En relación con estos dos casos extremos obtendremos formas de fracmentación diferentes:

-Cantos gelivados: Se caracterizan por presentar una fracturación total en 2 ó 3 grandes porciones. Estas formas son frecuentes en elementos de gran tamaño; requieren para su formación una helada intensa y duradera.

-Cantos fisurados: Estos elementos presentan una fina red superficial de agrietamientos en disposición poligonal, que generalmente no sobrepasan los 3 ó 4 mm. de profundidad. Estas formas son frecuentes en elementos de tamaño medio (en torno a los 10 cm.) que han sufrido la gelivación secundaria en presencia de matriz are

no-arcillosa. Se producen como resultado de la acción de ciclos hielo-deshielo de débil intensidad, muy repetidos y de corta duración.

2.- La solifluxión.

Bajo ciertas condiciones ya enunciadas con anterioridad, se puede producir el flujo de una porción superficial del relleno por mecanismos de solifluxión.

En unos casos su actuación se limitará sólo a modificar la disposición o su textura y estructura de los niveles afectados. En otros, cuando la intensidad de este mecanismo es importante se pueden producir evacuaciones del material, quedando a ese nivel de actuación lagunas estratigráficas de diferente entidad en el conjunto del depósito.

Los efectos de la solifluxión pueden quedar registrados en los depósitos afectados con la aparición de estructuras de flujo en estado sólido, como convoluciones de los niveles o disposiciones peculiares de los cantos redondeados, que pueden mostrar una gran variabilidad de posiciones.

De otro lado el análisis granulométrico en relación con el porcentaje en arcillas y fracción fina en torno a los cantos de mayores dimensiones, debe ser congruente con la posibilidad de que el material en un momento dado con ciertas condiciones de humedad pudiese presentar un comportamiento plástico, en definitiva que pueda fluir.

Otras observaciones pueden ayudar a revelar la actuación de este mecanismo, como la presencia de verdaderas "melanges" de materiales que originariamente cabría esperar dispuestos de forma diferenciada, o inversiones totales o parciales en la polaridad de una secuencia en relación con la industria lítica.

Las observaciones llevadas a cabo por LAVILLE, 1973 han dado pie para asociar la actuación de la solifluxión en unos llamados "episodios de inestabilidad climática", coincidentes con el inicio o declive de los estadíos glaciares.

3.- Crioturbaciones.

En este apartado se recogen todas aquellas estructuras de deformación ligadas a la acción del hielo sobre el sedimento.

Tales deformaciones pueden aparecer en los sedimentos del relleno de un abrigo bajo roca, dado que la climatología en el interior del abrigo está sometida a las mismas variaciones que en el exterior. Esta consideración nos conduce a plantear certeramente la posibilidad de que en el curso de la actuación de un régimen periglaciar (temperatura media oscilante entre ±4° C) se produzcan modificaciones en los depósitos ligadas a la acción del hielo.

Existe una amplia gama de crioestructuras, que requieren aisladamente ciertas condiciones para su formación, y que conviene ser reconocidas pues

de aparecer son de valioso registro paleoclimático.

Entre otras pueden considerar:

1.- Involuciones: Se producen en niveles que eventualmente están sometidos a presiones diferenciales de una capa suprayacente a ellos en el curso de la congelación de la misma. Esta presión a que se ven afectados los niveles inferiores se efectúa de forma heterogénea, y como consecuencia aparecerán alabeamientos o pliegues más o menos pronunciados, consecuencia también del comportamiento plástico del material afectado.

2.- Inyecciones: Bajo similares condiciones a las del anterior caso, los niveles sometidos al confinamiento diferencial pueden manifestar un comportamiento suficientemente fluido para que puedan penetrar o inyectarse a través del material suprayacente. Apaceciendo formas flameadas típicas, venas o acuñamientos hacia la superficie del suelo.

3.- Formas poligonales del suelo. Manchas de tierra, o nidos de piedras: Ligadas a la presencia de un suelo helado y por causas actualmente en discusión, pueden aparecer formas poliédricas superficiales con selección del material hacia el centro o hacia los contornos de los polígonos.

En unas ocasiones, el material fino quedará agrupado en el centro de los polígonos "manchas de tierra"; en otras, hacia el centro quedarán dispuestos elementos más groseros y hacia los contornos disminuye progresivamente el tamaño de grano "nidos de piedras".

Las formas poligonales están delimitadas por agrietamientos en el suelo, que configuran los lados poliédricos. Estas grietas se piensa están genéticamente ligadas a la retracción del suelo por efectos de diferencias térmicas y fenómenos convectivos. A su vez se encuentran rellenas de diversos cantos, generalmente los más groseros.

El centro de los polígonos está elevado respecto al contorno, este abombamiento central se asocia al efecto de las corrientes de convección antes aludidas en cada polígono, polígonos que funcionan como células aisladas para dichos efectos convectivos.

Bajo el efecto de reptación o desplazamiento, los suelos poligonales pueden evolucionar a suelos estirados o suelos estriados. Los lados del polígono se alargan en el sentido del movimiento.

4.- Ascensos diferenciales: Por un mecanismo aún desconocido se pueden producir en un suelo helado una diferenciación de los elementos más groseros que migrarían y quedarían dispuestos hacia la superficie.

5.- Cuñas de hielo: Consecuencia de la acción hielo-deshielo en agrietamientos previamente existentes en el suelo, se pueden producir cuñas de diferente magnitud que evolucionan progresivamente en profundidad.

Por las presiones ejercidas por el hielo en los bordes de la grieta, se podrán deformar los niveles en esta zona.

Previa fusión del hielo que rellena la grieta, las cuñas son colmatadas de material superficial con cierto contenido en restos óseos y materia vegetal.

6.- Suelos en guirnaldas: Se producen como consecuencia del movimiento de porciones superficiales de un suelo que se desplaza con una cierta pendiente. Quedando al final el suelo con un aspecto de mosáico de cuerpos separados entre sí, formando una red de grietas en disposición trenzada.

Estos agrietamientos que separan las porciones del suelo están comunicados entre sí y serán rellenados de material de diferente naturaleza a la del propio suelo quedando sellada y conservada esta forma.

7.- Montículos cespeados: Se trata de pequeñas elevaciones del suelo colonizado por diversas especies de vegetales típicas de tundra. Estos montículos forman redes más o menos dispersas. En sección muestran hacia la cima diferencias de color y naturaleza del material, en parte debido a la acción de las plantas. A menudo se asientan sobre involuciones fósiles.

4.- Modificaciones pedogenéticas. Algunos aspectos edáficos.

La acción de los agentes naturales, esencialmente biológicos y climáticos, pueden producir en la supeficie de sedimentos y rocas ciertas modificaciones que configurarán la aparición de una zona o capa fuertemente diferenciada, llamada "suelo", de zonas más profundas y no afectadas o "roca madre", ambas en sentido edafológico.

Está constatado que la aparición de los mismos tipos de suelos, está únicamente ligado a una zonación latitudinal, indiferentemente del tipo de roca madre sobre la que se asienten. La roca madre, en función de su naturaleza solo influirá de forma secundaria, originando variaciones de menor orden dentro de los grandes tipos de suelos zonales.

A nuestro efecto no conviene deshechar la naturaleza del sedimento sobre el cual se van a poder producir los procesos pedológicos.

Los suelos evolucionan, se modifican progresivamente con el tiempo. Así, los suelos jóvenes o recientes presentarán características muy similares a las de la roca madre o sedimento a partir del cual se originan. Los suelos más evolucionados, que adquieren ya un equilibrio con el clima y la vegetación, pueden presentar propiedades bien diferentes de la roca madre.

La evolución normal de un suelo pasa por los siguientes estadíos:

1.- Suelos esqueléticos: Prácticamente sin evolucionar, las modificaciones de la roca ma-

dre son casi imperceptibles. Se originan en materiales con gran pendiente y en climas fríos, de forma que se van erosionando conforme se van originando.

2.- Suelos jóvenes: Han sufrido ya un principio de evolución, aunque no son muy diferentes de la roca madre, si son perceptibles variaciones entre ambos.

3.- Suelos evolucionados: En equilibrio; éstos pueden cambiar progresivamente de propiedades conforme existe una evolución del clima y vegetación, adquiriendo nuevos estados de equilibrio.

4.- Suelos muertos: Aquellos formados en unas condiciones climáticas diferentes a las que se encuentran y de forma que no pueden evolucionar para adquirir un equilibrio con estas nuevas condiciones.

Los suelos pueden quedar enterrados por sedimentos, originandose los Paleosuelos, muy importantes para aproximarse a las condiciones tanto climáticas como biológicas (vegetación) del pasado.

La evolución de los suelos resulta de la actuación de dos procesos distintos.

Una 1ª fase pedológica, correspondiente a la descomposición del sedimento (desagregación física y alteración química), y una 2ª fase de migración de elementos, es decir, de desplazamiento en el interior del sedimento de sustancias coloidales, solubles, o partículas finas. Estas sustancias que migran pueden acumularse en profundidad, por la acción de aguas de filtración, o bien hacia la superficie, por la influencia de las aguas ascendentes producto de una fuerte evaporación.

Consecuencia de éstas migraciones, es la aparicón en los suelos de una diferenciación en zonas con propiedades diferentes. Estos son los horizontes pedológicos. Al conjunto de todos éstos horizontes de un mismo suelo se le denomina "perfil".

Ciertos horizontes, en general los de la superficie, están empobrecidos en elementos finos o solubles, por el efecto de las migraciones descendentes. Estos son los horizontes "eluviales" o lixiviados, designandoseles la letra A. Si existen varios horizontes de éste tipo superpuestos se les asignan las letras A_1, A_2,... en orden descendente.

Más bajos, por consecuencia, se encuentran los horizontes enriquecidos en elementos finos y solubles. Estos son los horizontes "iluviales" o de acumulación. Se les asignan las letras B o B_1, B_2,...

Bajo los horizontes B, pueden encontrarse diversos niveles muy similares a la roca madre, designandolos con las letras C_1, C_2,... Por último, a la roca madre o sedimento en sí, sin modoficar, se le denomina con la letra C.

En climas cálidos y húmedos, en la superficie del perfil pueden encontrarse un horizonte especialmente enriquecido en materia orgánica, o casi

exclusivamente compuesto de ésta; a éste se le asgina las letras AO.

Por último hay que decir que los horizontes A y en especial el AO están raramente conservados en paleosuelos, por la erosión de los mismos en el proceso de fosilización del suelo.

5.- Arroyada.

Ya se trató con anterioridad los efectos que pueden producir éste mecanismo en relación con la sedimentación y en cierta medida fueron considerados algunos aspectos relativos a la actividad erosiva que puede ejercer la arroyada en el seno del depósito que constituye el relleno.

Aunque sea redundar en base a consideraciones ya establecidas, conviene resaltar el papel que arroyada desempeña en la modificación de los depósitos.

Un primer efecto en relación con la actividad mecánica. Las aguas de circulación superficial peden producir el lavado de la matriz y elementos finos de un depósito; como consecuencia, éste depósito quederá enrriquecido en los elementos groseros y pendiente abajo se producirá una acumulación del material arrastrado.

De otro lado, pueden quedar evidencias de ésta actividad mecánica en el seno del depósito, por la aparición de estructuras de corriente o por la fracturación de aquellos elementos más frágiles.

Si la arroyada actúa sobre un material bien diferenciado en niveles de diversa naturaleza, producto de la resedimentación de éste material, aparecerá una verdadera "melange" de todo lo anterior. Desapareciendo cualquier estructura textura originada en los mecanismos que primitivamente dispusieron el material afectado. Quedando implantadas las nuevas formas generadas producto de la arroyada.

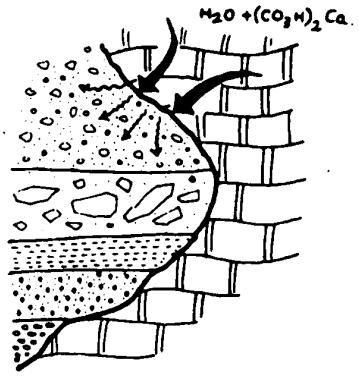
La acción de la arroyada puede quedar registrada como lagunas estratigráficas en el seno del depósito, cuando hayan tenido lugar evacuaciones totales o parciales. Habrá pués que acudir a criterios de diversa índole para cuantificar el volumen de depódito evacuado para poder aproximarnos a la historia sedimentaria global del abrigo a lo largo del tiempo, y más concretamente para poder establecer la magnitud del evento erosivo.

Un ejemplo idealizado podría ser el que se muestra en la figura Nº 4.

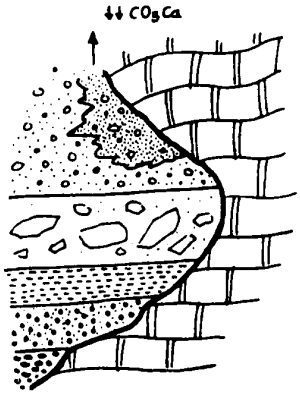
En relación con las modificaciones químicas que puede producir la arroyada, merece destacar la disolución de los cantos calizos del sedimento.

Esta disolución está en función directa de la agresividad del agua, que de un lado puede ser mayor en la medida que mayor contenido en gas carbónico contenga (a bajas temperaturas), o en relación con la cantidad de ácidos orgánicos (ácidos húmicos) que pueda haber adquirido a su

1. La circulación kárstica de agua con cierto contenido en carbonato cálcico acumula cierta cantidad de ésta por exudación en el seno del depósito. Sólo las zonas próximas a la fuente de exudación serán impregnadas. A medida que nos separamos de la pared la influencia es progresivamente menor.



2. Consecuencia de la evaporación del agua que impregna parcialmente el sedimento se produce una fijación de carbonatos que cementa localmente el material. Esta cementación es tanto más acusada en cuanto más nos acercamos a la pared, las zonas más alejadas o menos impregnadas estarán progresivamente menos cementadas.



3. En el curso de la actuación de una intensa arroyada, serán evacuados aquellos materiales de más fácil erosión. Aquellos más cementados en la fase anterior resistirán en mayor grado la acción erosiva y quedarán como registro del material preexistente. La base erosiva indica el nivel inferior del volumen de material evacuado. El nivel superior será, como mínimo la zona más alta del material preservado.

4. Continua el relleno del espacio evacuado. Los niveles que contactan con el material cementado presentarán un cambio neto en sus propiedades.

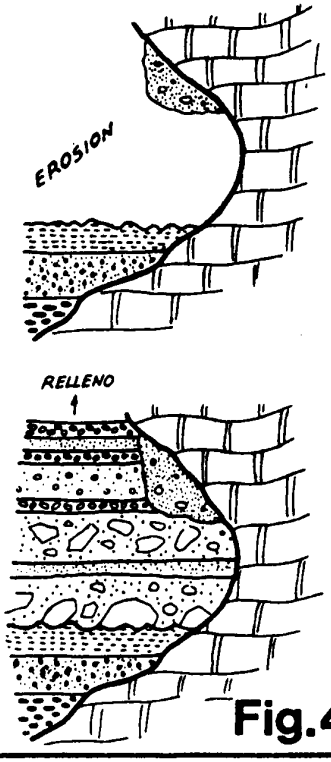


Fig.4

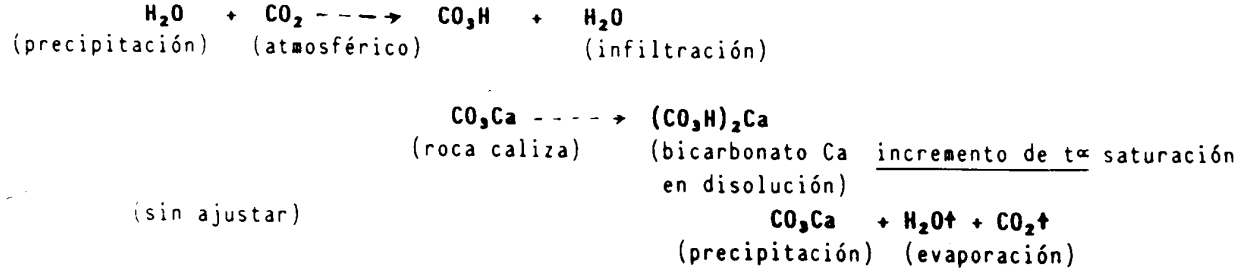
paso por zonas fuertemente enriquecidas en materia orgánica en descomposición.

Consecuencia de la disolución superficial de los elementos calizos, éstos adquirirán un aspecto romo, por pérdida progresiva de la angulosidad original. De igual forma que se descalcifican parcial o totalmente, descomponiendose y adquiriendo un aspecto más poroso y un carácter más friable (sensible al frío).

6.- Modificaciones químicas.

1.- Cementación: La precipitación de carbonatos en el seno del sedimento, se produce como consecuencia de la impregnación de éste en agua con bicarbonato cálcico en disolución, y la posterior fijación de éstos en forma de calcita.

El proceso sería el siguiente:



2.- Concrecciones carbonatadas:

2.1.- Costras carbonatadas: Teniendo en cuenta la reacción antes expuesta; en climas donde las precipitaciones no sobrepasan los 100 ó 200 mm por año como media, o donde el balance evaporación/precipitación toma valores altos, se produce una migración del agua con bicarbonatos en disolución hacia la superficie del sedimento, donde precipita el carbonato en forma de encostramientos o niveles de espesor y continuidad variables.

2.2.- Concrecciones iluviales o de acumulación en profundidad:

-Agregados cementados de granos de arena, grava, cantos, sílex o restos óseos, etc.

-Recubrimientos de calcita en torno a los cantos.

-Concrecciones grumosas en la parte inferior de los cantos preexistentes, bien visibles en algunos niveles crioclásticos.

-Nódulos o concrecciones subesféricas amorfas, a menudo zo-

nadas o huecas, con una amplia variedad de formas y aspecto superficial.

-Cristales o agregados cristalinos. Formas perfectamente cristalizadas de calcita o aragonito, en función de las condiciones particulares de cristalización.

El aragonito (CO_3Ca, rómbico) se forma, al contrario que la calcita (CO_3Ca, trigonal), a PH y Tª altas, favorecido por la presencia de cationes grandes, como Sr^{2+}, Ba^{2+}, Mg^{2+}, y materia orgánica.

El aragonito es un poliformo de alta Tª respecto a la calcita; se transforma generalmente a ésta. Es pues una forma metaestable y de difícil conservación.

3.- Concrecciones de manganeso:

El manganeso puede formar concrecciones de óxidos y/o hidróxidos insolubles, tanto en la superficie del sedimento (formando cortezas), como en profundidad, formando nódulos subesféricos. Estos tienen aspecto y dimensiones variables, se caracterizan por el color negro brillante. A menudo estan asociados a concrecciones iluviales amorfas de calcita.

Según Alimen et.al.(1959) la formación de éstas concrecciones de manganeso tienen lugar en unas condiciones de tránsito de clima húmedo a seco.

4.- Compuestos de hierro: En lo que concierne al hierro, la alteración puede producir la formación de compuestos, generalmente hidratados, de diversa naturaleza.

En medio seco, el hierro se encuentra en los hidratos en forma ferrosa (Fe^{2+}), forma típica de ambientes reductores, donde sus compuestos se fijan en las arcillas dando un color gris o azul.

En función de la actividad bioquímica y de la humedad, se produce una transformación (oxidación) del hierro en estado ferroso (Fe^{2+}) a hierro férrico (Fe^{3+}). Los hidratos férricos dan un color rojo a las arcillas.

Es pues que la relación Fe^{3+}/Fe^{2+} sea un indicador del grado de alteración.

5.- Descomposición mineralógica

5.1.- Evolución de los minerales de la arcilla: La constitución mineralógica de las arcillas subterráneas es característica por una abundancia original de Illita, con cantidades menores de caolinita y sepiolitas. Una meteorización intensa provoca una transformación de los minerales originales para dar especies neoformadas. La medida del grado de transformación o evolución, se puede efectuar evaluando el grado de pérdida de potasio (elemento inestable en la estructura de los filosilicatos). Así, una cadena de evolución, puede ser:

MOSCOVITA ILLITA CAOLINITA

$K_2Al_4[Si_6Al_2O_{20}](OH,F)_4$ $K_{1,5}Al_4[Si_7Al_2O_{20}](OH)_4$ $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_4$

Pérdida de potasio



meteorización

La abundacia dominante de caolinita frente a la illita indica que las arcillas han sufrido importantes condiciones de alteración, en climas templados o cálidos y húmedos.

La presencia de montmorillonita como mineral neoformado, indica también procesos importantes de alteración. Esta evoluciona a partir de minerales ricos en magnesio.

La clorita e illita dominantes frente a otros, indica un escaso grado de evolución y por tanto de meteorización, pudiendo deducirse que la influencia climática a que han estado sometidas es típicamente fría y seca.

Del estudio de la illita en particular, también se pueden tomar consideraciones más precisas sobre los fenómenos de alteración. Así, sobre un difragtograma de rayos X en agregado de polvo orientado, la medida de la anchura del pico de 10 Å, a mitad de altura y por encima del fondo continuo en la curva del ensayo con GLICOL ha sido utilizada por numerosos autores para evaluar el grado de alteración del mineral y por consecuencia del clima a que ha estado sometido.

5.2.- Formación de minerales fosfatados: En el curso de la modificación química del sedimento aparecen a menudo diversas fases mineralógicas dentro del grupo de los fosfatos.

Estos se originan por procesos químicos o bioquímicos más o menos complejos en los que reaccionan, de un lado, y de forma constante sustancias de naturaleza orgánica, con diversos componentes inorgánicos constituyentes del sedimento.

Las diversas fases fosfatadas que se forman son generalmente microcristalinas, y para su identificación mineral es necesario acudir a métodos de rayos X.

Actualmente se conocen un gran número de fosfatos diferentes, su aparición está en gran medida condicionada por la naturaleza química de los componentes inorgánicos del sedimento con los que van a reaccionar las sustancias orgánicas.

El fosfato más abundante parece ser el Hidrxi-apatito, bien observado en sedimentos de cuevas tropicales, donde se ha podido observar cómo las estalagtitas han sido corroidas y degradadas a partir de

la orina de los murciélagos. El análisis de las zonas corroidas muestra una mezcla de calcita e Hidroxi-apatito (WHITE y DUNN, 1962).

El carbonato-apatito (francolita) aparece a menudo también ligado a rocas de naturaleza calcárea en descomposición.

Las soluciones de circulación a través de materia orgánica puede atacar y descomponer los minerales de la arcilla, para formar unos complejos fosfatos de calcio y aluminio (crandallita y taranakita). Estos se forman en el contacto del güano del murciélago con sedimentos arcillosos ricos en montmorillonita.

Otro interesante fosfato, es la leucofosfita (hierro y potasio). Se forma a partir de los óxidos de hierro por la acción de excrementos de pájaros o cabras (locas) en condiciones lluviosas.

Para conocer la posible procedencia de los elementos químicos deducidos de los análisis de difracción de rayos X o de otros métodos aplicados sobre el sedimento (fluorescencia de rayos X, secuencias analíticas, espectrografías, etc.) conviene consultar LE TENSORER (1977).

6.- El hombre: Como ya se mencionó con anterioridad, el hombre puede ser un agente importante, tanto en el aporte de elementos contituyentes del relleno, generalmente de origen exógeno (útiles de talla, deshechos de su alimentación, pieles y maderas, etc.), como en la modificación de los depósitos. El primer caso fué ya tratado ahora veamos algunos aspectos relativos a la influencia que ejerce en la modificación de los sedimentos:

-Modificaciones de la superficie (suelo de ocupación): El hombre, con objeto de adecuar el abrigo a su medio de vida provoca a menudo disposiciones peculiares de bloques de roca, tanto para construir hogares, como para enlosar el suelo, con intención de aislar la humedad del sedimento. En otras ocasiones, aplana las posibles irregularidades, o separa y acumula los cantos dispersos en las zonas menos aptas para su ocupación. También acumula haces y gabillas de leña en el piso, así como excava agujeros en el suelo para sostener los postes de cabañas que a menudo construye en el interior del abrigo.

-Alteración de las condiciones naturales en el interior del abrigo: Cuando el hombre cierra total o parcialmente la entrada, para protegerse del viento o nieve. O mantiene fuegos casi permanentes, hace que exista un desequilibrio de las temperaturas exteriores e interiores del abrigo. Así los procesos de gelivación cesarán con su sola presencia, y durante los períodos de hábitat no evoluciona ni el relleno, ni el retroceso del abrigo.

De otro lado, el grado higrométrico no será el mismo, de forma que impedirá la formación de concrecionamientos y suelos estalagmíticos. Las acu

mulaciones de materia orgánica, plantas, restos óseos, excrementos, etc., a la larga, influirán en la modificación química del sedimento.

7.- Bioturbaciones: Son numerosos los organismos, tanto animales como vegetales, que además del hombre dejan el registro de su actividad como modificaciones del sedimento.

Tienen especial importancia aquellos excavadores o moradores en el interior del sedimento. Así, numerosos gusanos excavan galerias, formando redes más o menos densas, que a menudo dificultan la observación de las características propias del material.

En otras ocasiones, son vertebrados (microrroedores, lagomorfos, etc.) los que destruyen, por la construcción de madrigeras y galerias de mayor magnitud, parte del sedimento.

METODOS Y TECNICAS.

Métodos de estudio y técnicas de análisis.

De la observación directa de los materiales que constituyen el relleno de un abrigo bajo roca, se pueden extraer importantes consideraciones en relación con las características macroscópicas del sedimento.

Así, rasgos texturales o estructurales (disposición de los niveles) como los siguientes, convienen ser retenidos para la interpretación del medio de depósito y paleoclimatología asociada:

1-Forma, disposición y continuidad lateral de los lechos.
2-Estructuras visibles en el seno o superficie de los lechos.
3-Variaciones de color, en sedimento tanto húmedo como seco, según tablas standar de comparación.
4-Estimación cualitativa de los diferentes componentes.

Los dos primeros casos pueden, en situaciones de pobre definición de las características a estudiar, ser ciertamente subjetivos en función de la persona que las observa.

El tercer caso, dado que es una técnica comparativa, ofrece resultados menos variables según el observador.

El último caso es muy interante en relación con el contenido en restos óseos, útiles de talla, restos vegetales, elementos exógenos, etc..

El siguiente paso consiste en cuantificar la naturaleza del material por métodos de laboratorio. Son numerosos los aspectos que se pueden estudiar aisladamente, para ello hay que muestrear y analizar el sedimento de forma y con técnicas diferentes en relación con el objetivo perseguido y la naturaleza del depósito.

Así se pueden emprender estudios sobre:

1.- Granulometría global:

Con ésta técnica se pretende establecer relaciones de tamaño de grano de unos a otros niveles, para ello las muestras recogidas han de ser liberadas de útiles de acción

antrópica, restos óseos, u otros elementos que no guarden relación directa con la génesis del sedimento.

Se separan 3 fracciones:
-grosera...10-1 cm.
-media.....1-0.2 cm.
-fina.....menor de 0.2 cm.

Los valores porcentuales de cada fracción, en peso, se colocarán en abcisas de una tabla en la que ordenadas se colocarán los diversos niveles analizados superpuestos.

2.- De la fracción grosera anterior se podrán emprender análisis sobre:

2.1.- Manifestaciones de gelivación.

2.1.1.- Granulometría específica de ésta gracción.

Se establece el porcentaje en peso de los siguientes tipos granulométricos:
1 a 2 cm.
2 a 3 cm.
.
.
.
.
9 a 10 cm.

2.1.2.- Estimación porcentual del contenido en plaquetas de helada.

2.1.3.- Estimación porcentual del contenido en cantos gelivados.

2.1.4.- Estimación porcentual del contenido en cantos fisurados.

De la interpretación de éstos resultados se obtendrán datos sobre la intensidad relativa de los fenómenos de gelivación.

2.2.1.- Estudio del grado de "emoussé".

Para ello se determinará para cada intervalo o nivel del sedimento el índice de redondeamineto o indice de Bonifay. El conjunto de elementos de la muestra será separado en 4 grupos:

1- No redondeados: muy angulosos, aristas vivas.
2- Poco redondeados: angulosos, aristas trabajadas.
3- Redondeados: no existen angulosidades.
4- Muy redondeados: forma original totalmente modificada, superficie completamente curva.

Cada categoría es pesada, y calculado el tanto por ciento de cada una se multiplica éste valor por el índice creciente, de la siguiente forma:

0 para 1
1/3 " 2
1/2 " 3
1 " 4

La suma de los tres valores obtenidos es el índice de Bonifay que está en relación directa con la intensidad de los fenómenos de disolución.

2.2.2.- Medida de la porosidad.

Para cada muestra a analizar se separa un lote representativo que se sumerge en agua durante 24 horas.

Muestra húmeda-muestra seca= peso de agua retenido en los poros.

El peso retenido en los poros superficiales de un canto es proporcional a la porosidad total de éste.

Se expresará el valor de

cada muestra porcentualmente y se comparará con el índice de Bonifay.

2.2.3.- Estudio de las concrecciones iluviales.

Se analizará el sedimento en función del contenido en:

-Agregados cementados de cantos calizos, silex, restos de fauna, etc..

-Encostramientos o recubrimientos superficiales de los elementos.

-Concrecciones grumosas. Localizables en la cara inferior de los cantos calizos y especialmente visibles en algunos niveles crioclásticos.

3.- Estudio de la fracción media (10-2 mm.).

Se establece el tanto por ciento en peso de las siguientes fracciones:

-Gránulos de 10 a 5 mm.

-Gravas de 5 a 5 mm.

Para cada una de éstas dos categorías se separan los elementos de los siguientes grupos:

3.1.- Elementos aportados por el hombre.

3.2.- Fragmentos de rocas calcáreas.

3.3.- Concrecciones calizas iluviales.

3.4.- Elementos de origen alóctono.

4.- Estudio de la fracción fina (menor de 2 mm.).

4.1.- Granulometría específica de ésta fracción.

Previa disgregación del material con agua oxigenada se emprenderá el análisis de éste en dos porciones separadas:

-Sedimento bruto.

-Sedimento descarbonatado.

Para cada una de éstas porciones se establece el tanto por ciento en peso de las fracciones siguientes:

- 2 a 0.05 mm.

-0.05 a 0.002 mm.

-menor de 0.002 mm.

El valor porcentual de cada uno de éstos tipos granulométricos, junto con el tanto por ciento acumulado, se dispone en abcisas y en ordenadas los niveles superpuestos.

Los resultados se transcriben en curvas acumulativas sobre el papel semilogarítmico de 4 módulos y compartiendo 23 puntos, calculados entre 2 mm. y 2 μ.

Con ésta técnica se observa la evolución granulométrica del conjunto, que da idea del medio de depósito en cada intervalo.

Las interpretaciones sobre el modo de depósito están basadas en la comparación de la morfología de las curvas acumulativas, del valor de la mediana, y de los valores de los índices Qdphi, So y Hé (índice de heterometría de Cailleux)(1).

(1)[La descripición del método y cálculo de los índices, junto con curvas típicas para la interpretación del medio y condiciones de depósito, se encuentran en la obra de CAILLEUX y TRICART (1963). Otras curvas e índices ya aplicados a casos reales pueden observarse en la obra de MISKOVSKY (1971).]

De otra parte la comparación de curvas acumulativas establecidas para sedimentos

con o sin descarbonatación permite apreciar fenómenos de lixiviación y acumulación, apreciaciones conjuntas al examen con la lupa binocular para ver el enriquecimiento en carbonatos secundarios.

4.2.- Calcimetrías.

Descarbonatación total de 100 gr. de sedimento por ataque con Cl H y peso residuo insoluble.

Los resultados del % de carbonatos de cada muestra se disponen en abcisas de una tabla en la que en ordenadas se dispondrían los niveles superpuestos.

La comparación de las variaciones del contenido en carbonatos, con las del índice de Bonifay, medidas de porosidad y concreccionamientos constituyen el principal argumento para la detección de fenómenos de lavado y alteración.

4.3.- Morfoscopías.

Estudio del material por su observación a la lupa binocular.

De los elementos constituyentes del sedimento se podrán tomar consideraciones sobre su morfología y abundancia relativa.

Las morfologías superficiales de los granos, están íntimamente relacionadas con el medio de transporte y condiciones de depósito. La abundancia relativa de cada uno de los componentes está en relación con la intensidad del transporte y modo de depósito.

Además, se podrán constatar fenómenos de modificación secundaria o alteración del sedimento, en base al estudio de las concrecciones carbonatadas o de otra natuleza química.

Para el análisis morfológico, se recomienda la observación de las fracciones inferiores a 2 mm., los tipos granulométricos más adecuados y sobre los cuales se han tomado la mayoría de las consideraciones, son aquellos comprendidos entre 1-0.5 mm. y 0.7 mm.

Un primer, y quizás el más primordial elemento de análisis es el cuarzo, CAILLEUX y TRICART (op.cit.), establecen 3 formas elementales, aparte de las transiciones intermedias, que son:

-Granos Emousses-Luisants.
(Romos-Brillantes).
-Granos Ronds-mats.
(redondeados mates).
-Granos Non-usés.
(no desgastados).

Cada uno responde a condiciones genéticas diferentes.

Los romos-brillantes, se interpretan como modelados en medio acuoso resultado de un largo frotamiento, con redondeamiento.

Los redondeados mates, se interpretan como típicos de transporte eólico.

Los no desgastados, son típicos de no haber sufrido transporte acuoso ni eólico importante, así como de erosión y transporte glaciar o producto de la desagregación directa.

De la observación de los granos de caliza se podrán constatar fenómenos de crio-

clástia, disolución y corrosión química.

La microgelivación libera elementos fuertemente angulosos, de aristas vivas, éstos, en el curso de su exposición a la acción de las aguas agresivas circundantes, adquiere rápidamente un aspecto emoussé y poroso, hasta el punto de poder desaparecer por disolución total.

El estudio de las concreciones carbonatadas de acumulación, es interesante para poner de manifiesto, fenómenos de iluviación. Existe una amplia gama de concreccionamientos, desde formaciones subesféricas amorfas hasta agregados cristalinos perfectos de calcita y aragonito.

Otros concreccionamientos de diferente naturaleza química, como nódulos de manganeso, o formaciones de fosfatos, pueden ayudar a la interpretación de los fenómenos secundarios específicos para cada intervalo.

Del estudio de los restos óseos, se pondrá de manifiesto la intensidad de los mecanismos de transporte; dada la fragilidad de estos restos son un valiosos índice de las condiciones dinámicas a que ha estado sometido.

4.4.- Medida del PH. (método electrónico)

Cl. THIBAULT (1968) ha establecido la relación que guarda la acidez o basicidad del sedimento, en relación con la evolución secundaria o de alteración del material.

En base a éste método de THIBAULT, se han interpretado depósitos de numerosos yacimientos por MISKOVSKY (1971) y LAVILLE (1973) op. cit.. Modelos que convienen ser comparados en el caso de ser utilizada esta técnica.

4.5.- Difracción de rayos X en arcillas.

De la interpretación de los difractogramas de rayos X por el método de polvo en agregado orientado, se pueden extraer consideraciones sobre:

-Naturaleza mineralógica, y en consecuencia una aproximación a la naturaleza química del material analizado.

-Minerales de la arcilla neoformados. Ya se planteó anteriormente este punto; conviene resaltar su gran aplicabilidad a la hora de interpretar las condiciones de modificación secundaria y procesos pedológicos, en base al estudio de la cadenas de evolución de los filosilicatos.

CONCLUSIONES

En vista de todo lo expuesto anteriormente no es la intención de estas conclusiones hacer una síntesis reincidente de forma global y condensada sobre argumentos ya emitidos, sino por el contrario dar unas ideas generales que ayuden a encontrar la clave para resolver la interpretación de los mecanismos que han incidido directamente en el relleno y evolución del abrigo bajo roca.

Son muchos los factores que hacen que cada depósito y

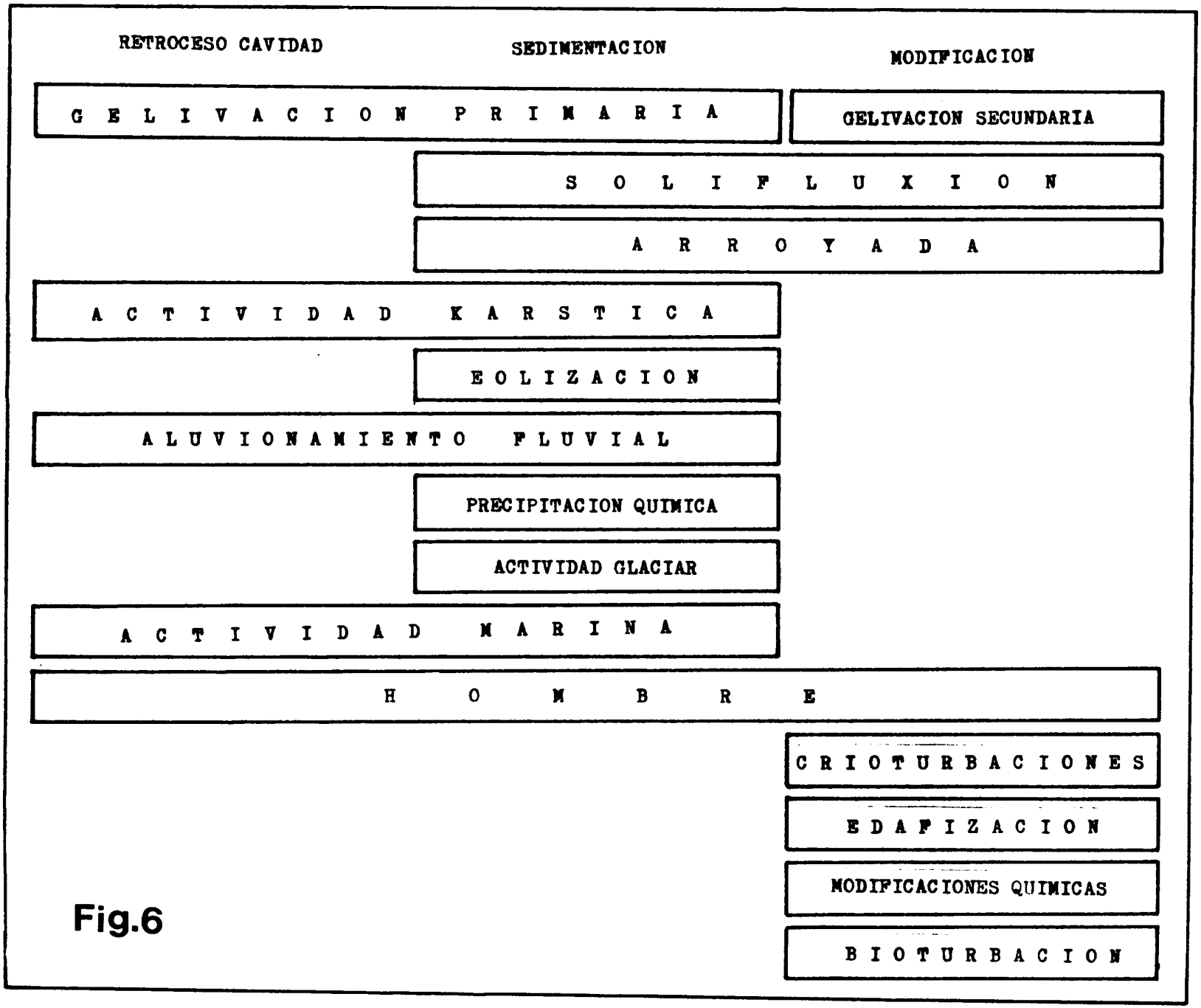
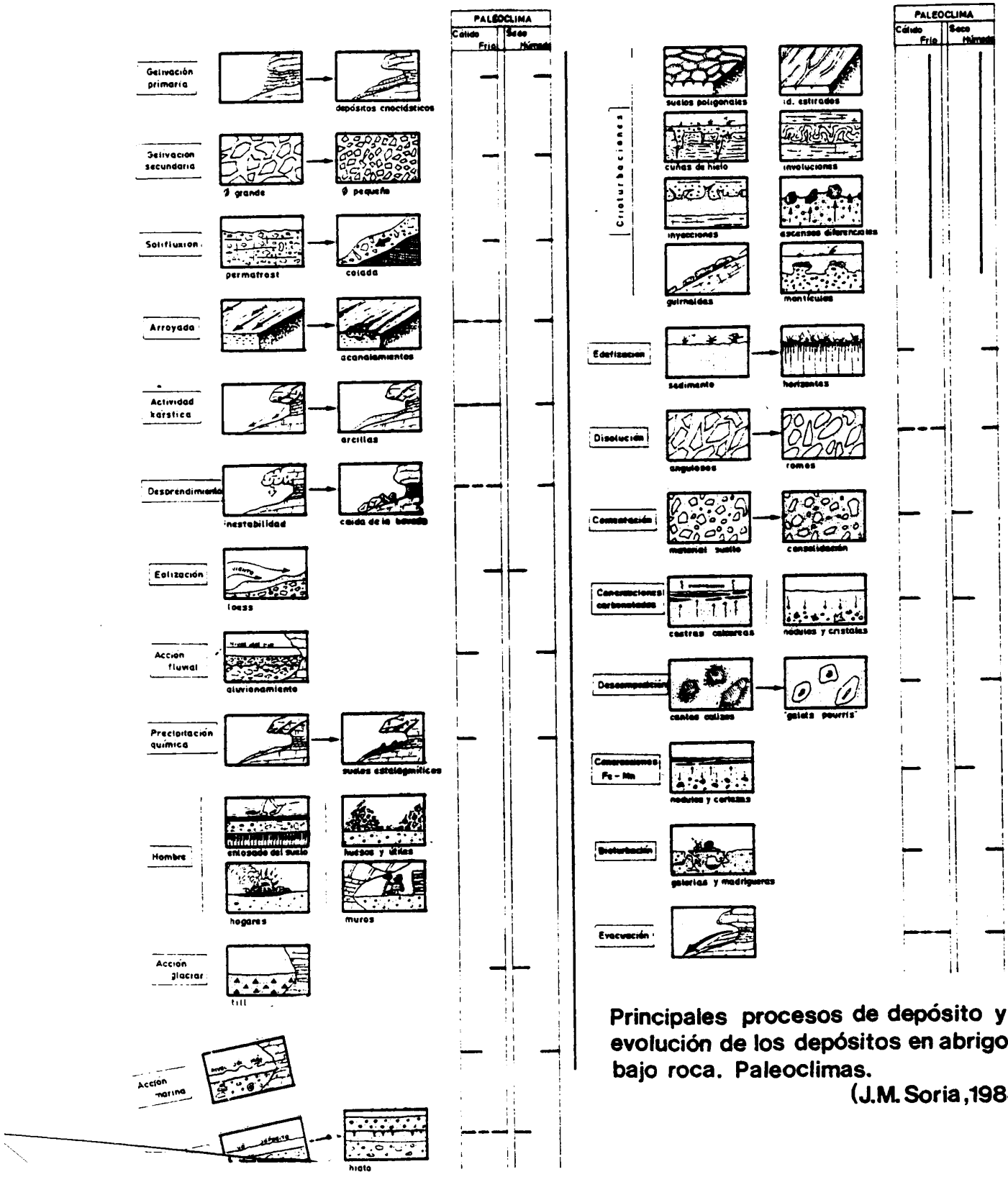

RETROCESO CAVIDAD
SEDIMENTACION
MODIFICACION
G E L I V A C I O N P R I M A R I A
GELIVACION SECUNDARIA
S O L I F L U X I O N
A R R O Y A D A
A C T I V I D A D K A R S T I C A
E O L I Z A C I O N
A L U V I O N A M I E N T O F L U V I A L
PRECIPITACION QUIMICA
ACTIVIDAD GLACIAR
A C T I V I D A D M A R I N A
H O M B R E
C R I O T U R B A C I O N E S
E D A F I Z A C I O N
MODIFICACIONES QUIMICAS
B I O T U R B A C I O N

Fig.6



Principales procesos de depósito y evolución de los depósitos en abrigos bajo roca. Paleoclimas.

(J.M. Soria, 1983)

en la evolución de cada abrigo sean diferentes entre sí. Verdaderas similitudes sólo se encontrarán de forma muy puntual, en algunos niveles o algunos caracteres de éstos.

Todas estas características variables que constituyen la pecularidad de cada relleno de un abrigo, están controladas por diversos factores, que en definitiva son los responsables del resultado final. Conviene retener los siguientes factores:

-Naturaleza (litológica y estructural) de la roca donde se abre el abrigo.
-Naturaleza litológica del entorno.
-Posición en el contexto geomorfológico circundante.
-Orientación.
-Altura (s.n.m.).
-Dimensiones.
-Morfología.
-Clima.
-Presencia humana.

BIBLIOGRAFIA

BORDES, F. (?); "Notions de Geologie du Quaternaire". Institut du Quaternaire. Univ. Bourdeaux. Inédito.

CAILLEUX, A. y TRICART, J. (1963). "Initiation a l'etude des sables et des galets". C. D. U. París.

CHALINE, J. (1972). "Le Quaternaire, l'histoire humaine dans son environement". Doin, París.

CHALINE, J. (1980)."Problemes de stratigraphie Quaternaire en France et dans les pays limifrophes". Suplement aux Bull. A.F.E.Q. Nº 1.

ESCALON DE FONTON, M. (1971). "Stratigraphies, effondrements, climatologie des gisements prehistoriques du sud de la France, du Würm a l'Holocene." Ed. Academy Press. Londres.

FORT, T. D. y CULLINGFORD, C. H. D. (1976). "The science of the speleology". Ed. Academy Press. Londres.

LAVILLE, H. (1973). "Climatologie et chronologie du Paleolithique en Perigord: Etude sedimentologique des depôts en grottes et sous abris". These Doc. etat. SC. Univ. Bourdeaux.

LAVILLE, H. et RENAUT-MISKOVSKY, J. (1977). "Aproche écologique de l'home fossile". Suplement aux Bull. A.F.E.Q. Nº 47.

LAVILLE, H. et MISKOVSKY, J. (1977). "Sedimentologie des depôts paleolithiques en grottes et sons abris. Buts et limites". Approche ecologique...

LE TENSORER, (1977). "L'analyse chí-

mique des remplissages des grottes et sons abris. Principes et limites. Approche ecologique...

LUNLEY, H. de. (1965). "Evolution des climats quaternaires d'apres le remplissage des grottes de Provence et du Languedoc Mediterraneen". Bull. A.F.E.Q. Nº 3.

MISKOVSKY, J. Cl. (1974). "Le Quaternaire du midi Méditerraneen". Etudes Quaternaires. Mem. Nº 3. Ed. du Laboratoire de Paleontologie humaine et de Prehistoire. Univ. Provenze (Marsella). Publ. CNRS.

MISKOVSKY, J. Cl. (1974). "Le remplissage des grottes". Le Quaternaire du Midi....

MISKOVSKY, J. Cl. (1971). "Stratigraphie et Paleoclimatologie du Quaternaire du Midi Mediterraneen d'apres l'etude sedimentologique du remplissage des grottes et abris sous roche". Bull. A.F.E.Q. Nº 29.

SAAS, A. et ROUDIN, R. C. (1977)."Metodologie utilisée pour l'etude chimique des remplissages des grttes". Approche écologique....

SWETING, M. (1972). "Karst landforms". McMillan Press Ltd.

SOBRE LA EXISTENCIA DE FORMAS KARSTICAS DEL TIPO "POZOS DE ACUMULACION DE NIEVE" EN EL PICO MAROMA; SIERRA TEJEDA (GRANADA-MALAGA).

JUAN JOSE DURAN VALSERO
JOSE ANTONIO MOLINA MUÑOZ

Sociedad Excursionista de Málaga.

Introducción

Se pretende dar a conocer con este artículo una serie de cavidades ("pozos de acumulación de nieve") que responden a una morfología kárstica muy peculiar, situadas en el pico de La Maroma (2.065 m.s.n.m.), cumbre del macizo, a caballo entre las provincias de Málaga y Granada, de Sierra Tejeda (o Sierra Tejea); la característica diferencial y particularmente llamativa en estas latitudes de estas cavidades reside en presentar, todas ellas, un cierto acúmulo de nieve en su interior, ya sea permanentemente o durante la mayor parte del año.

Muy pocos son los trabajos existentes al respecto, en cuanto a cavidades tan peculiares, en Andalucia; únicamente merecen destacar en relación con el tema las publicaciones de GARCIA ROSSELL y PEZZY (1975), sobre el karst supraforestal de Sierra Mágina (Jaén); de PEZZY (1975 a y b; 1977) en cuanto a las interrelaciones del karst y periglaciarismo, en el Torcal de Antequera; de GONZALEZ RIOS, et alt. (1981), con un estudio sobre las Simas de Montesinos y las Sabinas (Siera Nevada, Granada); y, por último, la breve cita de GARCIA.P. (1975) en la Sierra de las Nieves (Málaga).

Escaso material que contrata con el extenso campo de trabajo existente en los numerosos macizos de las Cordilleras Béticas, aparte de los ya citados de Sierra Nevada (Granada), Sierra de las Nieves (Málaga), y el que aquí nos ocupa; en todos ellos rigen o han regido, en mayor o menor proporción, en su historia geomorfológica reciente fenómenos análogos a los pozos de acumulación de nieve y/o relacionados con los mismos.

Situación Geográfica

Sierra Tejeda se extiende en dirección NW-SE, entre las provincias de Málaga y Granada (Andalucia, Sur de España), a corta distancia del Mar Mediterráneo, entre las poblaciones de Alhama de Granada (12 km. al NE del pico de La Maroma) y Vélez Málaga (13 km. al

SW); en el interior de la Sierra (estribaciones S y SW) se sitúan los pueblos de Salares, Sedella, Canillas de Aceituno y Alcaucín (Fig. 1).

La Sierra, en conjunto, se presenta como una gran elevación en forma de pirámide truncada, salvando un desnivel de 2000 metros en sólo 17 Km. cuadrados, y representando una gran culminación aislada de forma subplana: La Maroma.

El área objeto de este estudio se reduce precisamente a esa amplia cumbre, configurada por una meseta ligeramente descendente hacia el Norte, con unas dimensiones de 1200 metros de longitud por 500 metros de anchura y con una altitud media de 2000 m.s.n.m.. En el flanco Oeste un hito de piedras de un par de metros de altura marca el vértice, punto geodésico de 2º orden con una cota de 2065 m. (Fig. 2).

Los accesos a la Sierra son factibles desde cualquiera de las poblaciones citadas, aunque por su comodidad y corto recorrido el más utilizado es, desde el Sur, por Canillas de Aceituno (Fig. 1); desde el pueblo es necesario continuar a pie por una vereda conocida como el "Camino de la Casa de las Nieves" que, tras salvar 1300 metros de desnivel y un recorrido de 8 Kms., conduce a la Casa de las Nieves (pequeñas ruinas, junto a un pluviómetro allí existente) (Fig. 3). Desde este punto hasta la cumbre resta apenas 1 Km. de recorrido y un desnivel de 100 metros (Fig. 2).

Las Cavidades

Es necesario precisar, en primer lugar, algunos detalles:

1- Las coordenadas U.T.M. han sido deducidas del Mapa Militar de España, hoja 10-43 (1040 en su homónima del Instituto Geográfico Nacional), ZAFARRAYA, escala 1:50000, editada por el Servicio Geográfico del Ejército (1971).

2- Los criterios sobre toponimias y siglas o claves de entidad se adjuntan a lo expuesto en los normas para el funcionamiento de la Vocalía de Catálogo de la Federación Andaluza de Espeleología (GONZALEZ RIOS, 1979).

3- Los levantamientos topográficos han sido realizados utilizando Brújula y Eclímetro de la marca Suunto, con una precisión ambos de 30', para los angulos horizontales y verticales,respectivamente, así como cinta métrica para la medición de las magnitudes lineales, ajustándose la simbología a la vigente (2º Simposiun de Metodología Topográfico-Espeleológica, Barcelona, 1972), excepto algunas correcciones resultantes de la actualización y/o nuevas representaciones topográficas.

Las cavidades se describen (5 en total) no eran salvo la Sima de la Nieve (JUSTE, 1913; GARCIA, 1980) o Maroma I (CA-12) conocidas hasta fecha muy reciente, localizadas por miembros de la S.E.M. en los años 1979 y 1982, durante los meses de Abril y febrero, respectivamente.

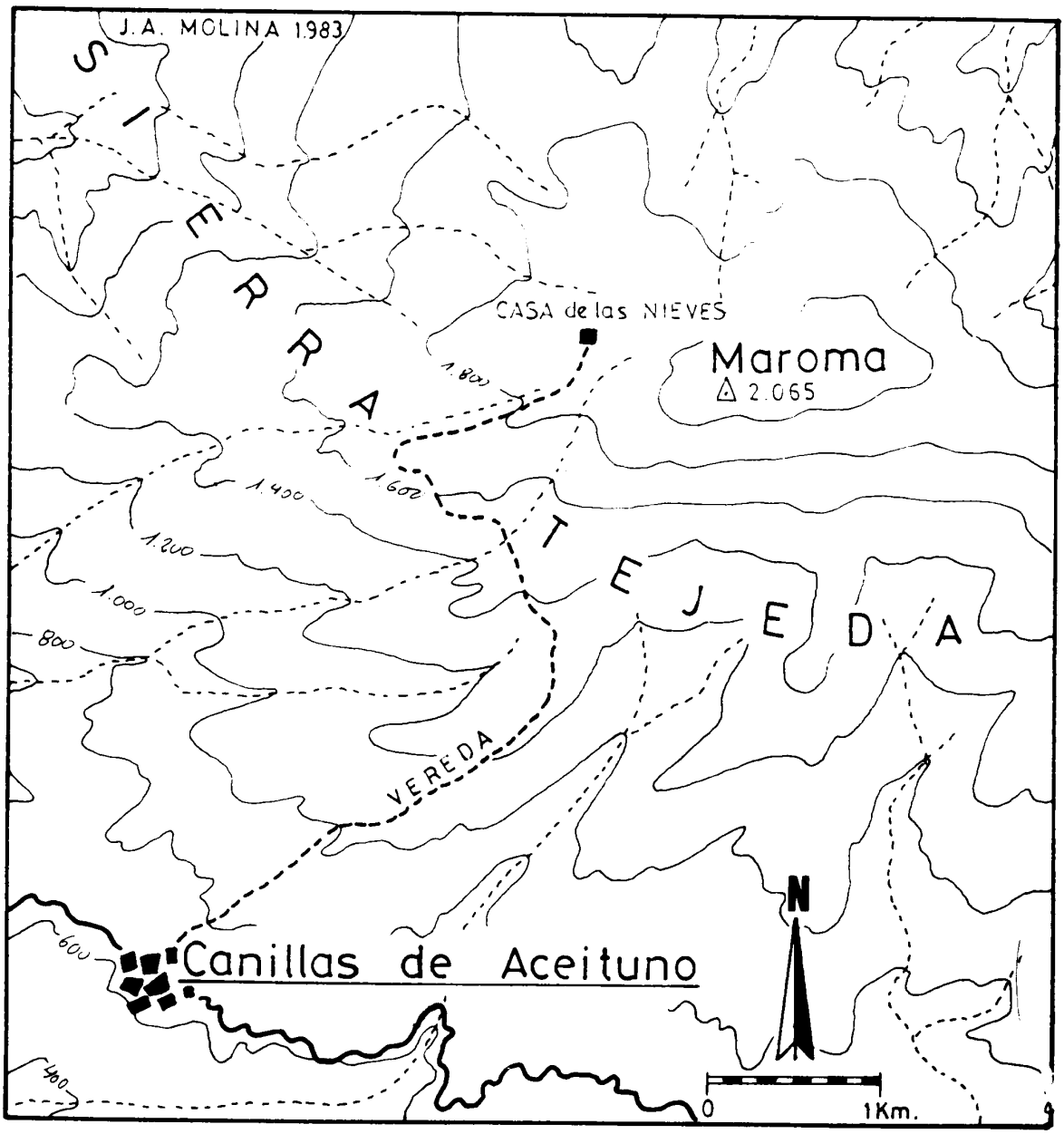


Fig. 3.- APROXIMACION AL PICO MAROMA

Estas son:

Sima de la Maroma I o Sima de la Nieve (CA-12)

Se encuentra 100 m. al SW de la cumbre de la Maroma en una suave pendiente, siendo dificultosa su localización a pesar de las dimensiones de su boca de entrada. Sus coordenadas son: U.T.M. 069 847; y a una altitud de 2050 m.s.n.m.

Está formada por un pozo en campana de -33 m. con boca en forma ovalada de 3x7'5 m. y 4'5x10 m. en su fondo, encontrándose éste ocupado por un depósito de nieve endurecida (localmente hielo) de 12 metros de altura, durante la topografía de la cavidad (Abril 1979). En las paredes del pozo se observan cornisas ocupadas por nieve y/o cantos angulosos. El depósito de nieve forma una fuerte rampa en dirección Este que, tras un corto recorrido, acaba en un pequeño muro artificial, dando acceso

a otro pozo de forma irregular y una profundidad de 12 m., encontrándose durante el descenso un arco o puente de roca. De la base de este pozo se accede a dos divertículos, ambos con un diámetro de 6 metros; el situado al Sur presenta una altura de 2 a 3 metros y el Noroeste 11 metros y un pequeño conducto a 4 metros del suelo, inexplorado por falta de medios. Ambos divertículos presentan el suelo ocupado por cantos y bloques angulosos desordenados, ubicándose en el punto más bajo la cota más profunda de la cavidad con -45'14 metros.

Para el descenso de la cavidad es necesario el uso de técnica artificial (escalas o Técnica Alpina).

Espeleometría.-
Recorrido: 66'75 metros
Distancia horizontal: 29'59 metros
Desnivel máximo: -45'14 metros

Sima de la Maroma II (CA-10)

Está ubicada a media pendiente, 500 metros al Este de la "Casa de las Nieves" o a 200 m. al Noroeste de la cumbre, siendo difícil su localización por el reducido tamaño de su boca. Sus coordenadas son U.T.M. 067 850; y a una altitud de 2020 m.s.n.m. (fig. 2).

Es una pequeña sima configurada por un único pozo de -8'20 m. con boca de forma ovalada de 0'90x0'60 m., localizándose a los -3'20 m. una pequeña cornisa tras la cual continua el pozo de forma cilíndrica con un diámetro medio de 1'40 m.. Durante su topografía (Abril, 1979) presentaba en su fondo un depósito de nieve.

Espeleometría.-
Recorrido: 8'20 metros
Distancia horizontal: 0 metros
Desnivel máximo: -8'20 metros

Sima Maroma III (CA-11)

Se encuentra apenas 100 metros al Sureste de la anterior cavidad (CA-10), en el cruce de las coordenadas U.T.M. 067 849 y a una altitud de 2035 m.s.n.m. (Fig. 2).

Está formada por un único pozo cilíndrico de reducidas dimensiones (1'50 m. de diámetro por 3 m. de profundidad) encontrándose el fondo colmatado por nieve durante su levantamiento topográfico (Abril 1979).

Espeleometría.-
Recorrido: 3'00 metros
Distancia horizontal: 0 metros
Desnivel máximo: -3'00 metros

Sima Maroma IV (SE-2)

Está situada en el extremo Este de la meseta que configura La Maroma, concretamente en su vertiente Sureste, siendo igualmente difícil su localización por el reducido tamaño de su entrada. Sus coordenadas son: U.T.M. 079 849 y altitud 2040 m.s.n.m. (Fig. 2).

Presenta una boca de forma irregular con un ancho de 0'80 metros por 2'20 metros de lar-

go. Esta da acceso a una fuerte rampa que culmina a los 4 metros en un pequeño pozo circular (1'7 m. de diámetro) de -2'5 m., en el que se observan en sus paredes claras marcas corrosión y una total colmatación del fondo del pozo por nieve (Abril, 1979).

Sima Maroma V (CA-46)

Se localiza 250 metros al Sureste de la cumbre, junto al borde o escarpe de la pared Sur de La Maroma, siendo muy dificultosa de localizar. Coordenadas: U.T.M. 071 847 y altitud 1970 m.s.n.m. (Fig. 2).

La boca de entrada es de forma ovalada y reducidas dimensines (1'20 m. por 0'70 m.) dando acceso a un pozo semicampaniforme de 7'70 m., presentando la planta forma alargada con 5'70 m. de longitud y 2m. de ancho, ocupado por un cono de nieve de 5 metros de altura (Febrero, 1982)
Espeleometría.-
Recorrido: 9'10 metros
Distancia horizontal: 5'72 metros
Desnivel máximo: -7'70 metros

Geología

En el sector de la Maroma afloran exclusivamente mármoles dolomíticos con algunas intercalaciones de micaquistos, asignados a la formación de Mármoles de Malas Camas (GARCIA DUEÑAS et alt., 1979); ésta pertenece, junto con otras formaciones metapelíticas inferiores que configuran el resto de la Sierra, a la Unidad de Tejeda, la cual se considera a su vez englobada en el Manto de la Herradura (GARCIA DUEÑAS et alt., op. cit.), (Complejo Alpujárride), situado en las Zonas internas de las Cordilleras Béticas.

Estos mármoles dolomíticos constituyen una potente formación de más de 1000 metros, incluyendo numerosas intercalaciones de micasquistos, calcosquistos y niveles brechoides. Su composición mineralógica se reduce a los carbonatos (Dolomita principalmente, y Calcita) y minoritariamente cuarzo, mica y tremolita, como productos del metamorfismo alpino.

Estos mármoles, por su posición en un manto Alpujárride y analogía con otras formaciones carbonatadas correlacionables y datadas, hacen suponer que pertenezcan al Trías (aunque pueden contener términos desde el Anisiense al Lías Inferior (?) (DURAN y SORIA, 1982).

Estructuralmente, es preciso destacar la conformidad del relieve, en general, con el gran antiforme que dibuja Sierra Tejeda; en la zona de La Maroma es generalizado el buzamiento suave (0°-20°) hacía el Norte que presenta la formación carbonatada, disturbado por pequeñas fallas y diaclasas. Estas últimas, se orientan en sectores cercanos según las directrices N25°E, N-S y N155°E, principalmente

(DURAN, 1981).

El clima y su evolución

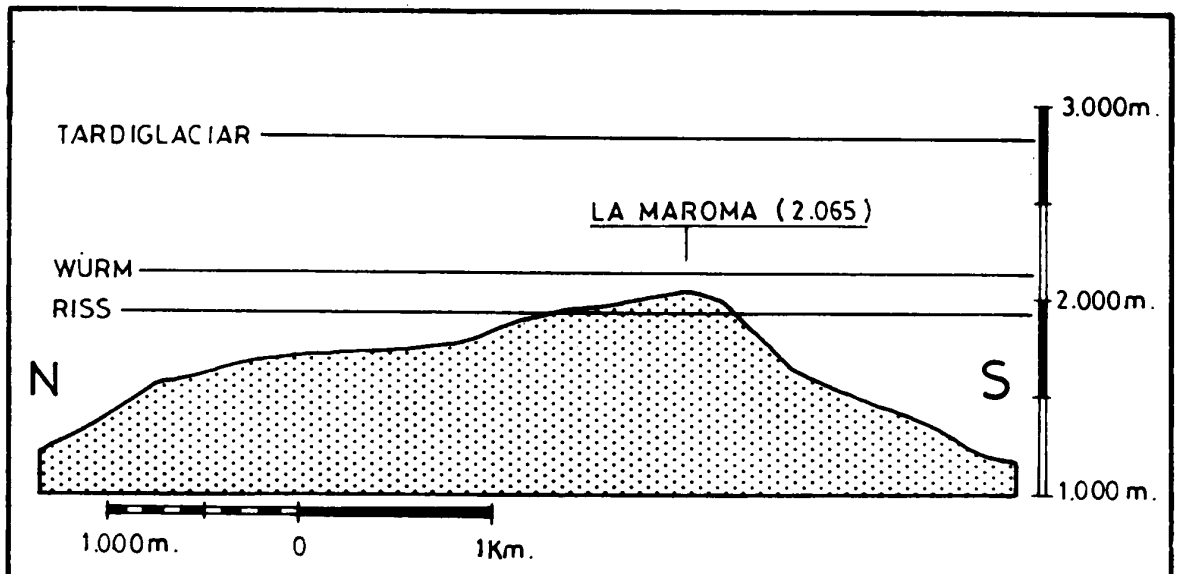
Morfoclimáticamente (WILSON, 1969), el sector de La Maroma se encuentra en la actualidad afectado por el Sistema Templado-Húmedo (PEZZY, 1975), aunque debido a su altitud (del orden de 2000 m.s.n.m.) durante los meses más frios del periodo invernal llega a serlo también por el Periglaciar.

Sin embargo, estas condiciones han variado fuertemente a lo largo del Cuaternario:

Durante el Tardiglaciar, el límite inferior de las nieves perpetuas debió situarse (HEMPEL, 1960) en Sierra Nevada hacía los 2850 m., (MESSERLI 1965) da valores para el mismo periodo de 2600 a 2700 metros. La acción del periglacismo llegaría hasta los 1200 metros (GARCIA ROSSELL y PEZZY, 1975), cubriendo una extensa zona de Sierra Tejeda (Fig. 4).

En el Würm, el límite de las nieves se situa para (MESSERLI op. cit.) entre 2100 y 2200 metros (Fig. 4); soslayando la posibilidad del establecimiento de un sistema morfogenético nival durante esta etapa glaciar que ponen en duda (GARCIA ROSSELL y PEZZY op.cit.), en Sierra Mágina, con 2167 m. de altura es claro que el periglaciarismo debió actuar fuertemente.

Separado por un periodo Interglaciar, El Riss representa la glaciación más importante. El límite de las nieves descendió, según (MESSERLI op. cit.), a los 1900-2000 metros



— Fig. 4 —

CORTE TOPOGRAFICO N-S DE SIERRA TEJEDA, CON INDICACION DE LOS LIMITES ESTIMADOS (VER TEXTO) PARA LAS NIEVES PERPETUAS DURANTE LOS ULTIMOS PERIODOS GLACIARES.

(Fig. 4); las morfologías glaciares descritas por (VON KLEBELSBERG, 1928) y puestas en duda por (SERMET, 1934), podrían constituir pruebas de que, al menos, condiciones próximas a las glaciares se dieron en Sierra Tejeda.

Con anterioridad al Riss, y debido a la falta de evidencias morfológicas aunque sí palinológicas, con oscilaciones climáticas en las Cordilleras Béticas de las glaciaciones restantes, estas pudieron corresponderse con períodos lluviosos, más o menos frios (GARCIA ROSSELL y PEZZY, op. cit.).

Rasgos Espeleomorfológicos

En primer lugar, encontrar una terminología idónea para las "simas con nieve" (denominación entre las gentes del lugar) no resulta fácil debido a la variedad de nombres usados por los diversos autores para éstas o análogas morfologías ("Neveros" o "pozos de nieve", MAIRE, 1980; "Ventisqueros subterráneos", GEZE, 1968; "Heleros", TROMBE, 1974; etc...), produciéndose confusiones con otras formas exokársticas.

La denominación más acertada para el tipo de cavidades que se dan en La Maroma parece ser la de "pozos de acumulación de nieve" o "Tesereft" (LLOPIS, 1970) al iniciar el cometido que cumplen éstas en la actualidad, sin aludir a la génesis.

A pesar del reducido número de pozos estudiados, éstos presentan destacados rasgos morfológicos en común:

1- Inexistencia de "Jous", dolinas y embudos asociados a las cavidades.

2- Tendencia de los pozos a formas circulares u ovaladas en el sentido horizontal y cilíndricos o campaniformes en el vertical.

3- Deformación en la zona de la entrada, junto con las formas de corrosión preexistentes, por los efectos de la gelifracción.

4- Presencia en la zona más profunda de los pozos, principalmente en las proximidades de los depósitos de nieve, de formas de corrosión-disolución (lapiaces, acanaladuras y, principalmente, cúpulas de corrosión).

5- Presencia de sedimentos autóctonos monogénicos (procedentes de la gelifracción), presentados por cantos y bloques angulosos desordenadamente depositados.

6- Inexistencia de reconstrucciones litoquímicas de interés.

Y, claro está, el rasgo que caracteriza a este tipo de cavidades:

7- La presencia de nieve en el fondo de los pozos, procedente de las precipitaciones en el exterior, bien permanentemente (CA-12/46 y SE-2) o durante la mayor parte del año (CA-10/11) dependiendo de las condiciones topográficas y morfológicas de los pozos.

Génesis y Evolución de los pozos: Su papel en el Karst de Sierra Tejeda

Para intentar establecer la génesis de los pozos de acumulación de nieve, hemos de analizar detenidamente algunos de los datos ya expuestos y confrontarlos con otros de carácter regional.

Así, por ejemplo, es interesante destacar que la orientación preferencial de los pozos, cuando poseen alguna galería desarrollada o del eje mayor de la representación topográfica en planta de los mismos (N45°E, N25°E, N70°E y N105°E), no parecen coincidir generalizadamente entre sí, ni tampoco con las direcciones de diaclasado en áreas cercanas en idénticos materiales (las ya citadas N25°E, N-S y N155° E), ni aún con las direcciones de las fracturas regionales (N40°W, N-S, E-W y N60°E). Sin embargo, si ofrecen más similitud con los máximos observados en la orientación de los cauces en la red de drenaje (N-S, E-W y N45°E).

Parece, pues, en principio, que el origen de estos pozos no está ligado a directrices importantes de fracturas.

Tampoco parece estar relacionado con la orientación geográfica respecto al macizo, ya que algunos se encuentran situados al Norte y Noroeste de La Maroma, mientras que otros se sitúan hacia el Sur y Sureste. En franca oposición, la mayoria de los "jous" y nichos de nivación de Sierra Mágina se encuentran al Norte de los relieves importantes, como refleja la cartografía geomorfológica de (GARCIA ROSELL y PEZZY, 1975).

Es destacable que en Sierra Tejeda sin embargo, no aparezcan "jous", nichos de nivación, paredes extraplomadas (en "surplomb"), ni acumulaciones potentes de brechas, caracteres todos ellos típicos en sistemas morfogenéticos periglaciares.

Los pozos de acumulación de nieve se sitúan, con cierto "desorden", a alturas comprendidas entre los 1970 m. y 2020 m.s.n.m.; en la actualidad, el límite inferior del periglaciarismo se estima alrededor de los 2000 m., en las Cordilleras Béticas (GARCIA ROSSELL y PEZZY, 1977).

Estas aparentes contradicciones apuntan a que estos pozos no se han originado bajo un sistema morfogenético periglaciar, sino glaciar; posiblemente durante el Riss, en concordancia con lo expuesto al analizar las condiciones climáticas actuales y pasadas.

Bajo unas condiciones estructurales favorables, que responden a un anticlinal dolomítico con posibilidad de creación de diaclasas tensionales locales en la zona de charnela y estratos poco buzantes así como topográficos (superficie subhorizontal), y bajo una capa de nieve (y/o hielo) permanente, se daría "... una corrosión por fusión de la nieve, interviniendo la gelifracción secundariamente,

especialmente en la zona de entrada..." (MAIRE, 1980).

Esto vendría apoyado por la forma puntual y cilíndrica de los pozos, no originandose bajo la capa continua de nieve formas absorbentes más o menos troncocrónicas ("Jous", por ejemplo), sino que aprovechando pequeñas discontinuidades muy localizadas, percolaría el agua de fusión por incremento del calor, cedido por la roca y/o suelo, por el aumento de presión debido a la sobrecarga, etc. o alóctona, que normalmente circula por la parte inferior de las capas heladas. La acción disolutiva debió ser escasa, dada la verticalidad, en los primeros metros, pudiendo influir de manera notable la acción mecánica, cuñas de hielo, sobre todo en las etapas periglaciares posteriores que, aún en la actualidad, los retocan, principalmente en la boca de los pozos, incluyendo entre sus efectos el taponamiento de las probables continuidades de los pozos, por continuos aportes de materiales gruesos (y finos, por ejemplo "terra rossa" de los periodos interglaciares) que los cegarían.

En otros aspectos, es posible que el papel de estos pozos haya sido muy importante en la hidrología de Sierra Tejeda, teniendo en cuenta que es muy frecuente observar fuertes interrelaciones entre los cauces superficiales, cauces hipógeos, pérdidas y surgencias del macizo; quizás el condicionamiento de la red de drenaje superficial por los aportes provenientes de estos pozos explicaría la coincidencia de sus directrices.

Asimismo, la red subterránea podría estar en estrecha relación, incluso actual, con los pozos de acumulación de nieve, que putrirían de aportes hídricos durante todo el año a surgencias tan importantes como la Cueva de la Fájara, situada en la falda de la Sierra, a pocos metros del contacto de los mármoles con la formación esquistosa infrayacente (GANFORNINA, et alt.; 1982).

Agradecimientos

Varias personas han contribuido directa o indirectamente a la realización de este artículo: nuestros compañeros A. Vela Torres, A. Moya Vallejo y J. F. Ganfornina Moreno, del Grupo de Exploraciones Subterráneas de la Sociedad Excurcionista de Málaga, especialmente el último, por sus charlas, comentarios y experiencias de campo sobre algunos de los aspectos aquí abordados; y, por último, el Profesor D. Luís García Rossell, del Departamento de Geotectónica y Geomorfología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, con la revisión del manuscrito.

A todos ellos, nuestro agradecimiento.

* * *

BIBLIOGRAFIA

Duran, J.J. (1981). La Cueva de Nerja III. Rasgos Geográficos. IV. Sintesis geológica de los alrededores de Nerja. Soc. Exc. de Málaga. pp. 13-32. (inédito).

Duran, J.J. y Soria, J.M. (1982). El Triásico en las Cordilleras Béticas. p. 33. (inédito).

Ganfornina, J.F.; Duran, J.A. y Duran, J.J. (1982). La Cueva de la Fájara. Canillas de Aceituno. Conm. 75 Aniv. Soc. Exc. de Málaga (1906-1981). pp. 71-76.

Garcia, G. (1980). Vocalía de Expediciones. Andalucía Subterránea, 3. pp.4-5.

Garcia-Dueñas, V.; Elorza, J.J.; Matas, J. y Martin, L. (1979). Memoria de la hoja de Zafarraya del mapa Geológico de España, E=1:50.000, del I.G.M.E. Ministerio de Industria y Energía.

Garcia, P. (1975). Expedición Sima GESM 1975. Monografias Espeleológicas, 1. pp. 2-5.

Garcia-Rossell, L. y Pezzi, M. C. (1975). Un karst mediterráneo supraforestal en Sierra Mágina (Jaén). Condicionamientos geológicos y geomorfológicos. Cuad. Geog. de la Univ. de Granada, S. M. 1. pp. 19-57.

Gèze, B. (1968). La Espeleología Científica. Col. Microcosmos, 13. p. 192.

Gonzalez Rios, M.J. (1979). Normas conceptos para el funcionamiento de la Vocalía de Catálogo. Andalucía Subterránea, 1-2. pp. 6-27

González RIos, M.J.; Martin, G. y Quijano, J. (1982) La Sima de las Sabinas y la Sima de Montesinos (Sierra Nevada, Granada). Spes, 1. pp. 38-42.

González, C. y Molina, J.A. (1982). Pared Sur del Maroma (2.065 metros). Sierra Tejeda (Granada-Málaga). Montañas del Sur, 15 pp. 7-15.

Hempel, L. (1960). Límites geomorfológicos altitudinales en Sierra Nevada. Est. Geograf. vol. 78.

Juste, J. (1913). Sierra Tejea. Málaga. Bol. Inf. de la Soc. Exc. de Málaga, 2.

Klebelsberg, R. von (1928). Beitrage zur geologie der Sierren Swichen Granade und Malaga (Andalusien). Zeitschifc Deutschen Geologischen Gisellsche ft., Bd. 80, Abhd, 4. pp. 535-616.

Llopis, N. (1970). Fundamentos de Hidrogeología Kárstica. Ed. Blume. p. 269.

Maire, R. (1980). Eléments de karstologie physique. Spelunca (especial núm 3), 56 p.

Messerli, B. (1965). Beitrage zur Geomorphologie del Sierra Nevada (Andalusien). Zurich.

Pezzi, M.C. (1975a). Algunas observaciones sobre sistemas morfoclimáticos y karst en las cordilleras Béticas. Cuad. Geog. de la Univ. de Granada. Ser. Monog. 1. pp. 59-83.

Pezzi, M.C. (1975b). Le Torcal d'Antequera. Un karst structurel retouché par le periglaciarisme. Mediterrannée, 2.

Pezzi, M.C. (1977). Morfología kárstica del sector central de la Cordillera Subbética. Cuad. Geogra. Univ. de Granada, Ser. Mon. 2, 289 p,.

Sermet, J. (1934). Sobre un vestigio

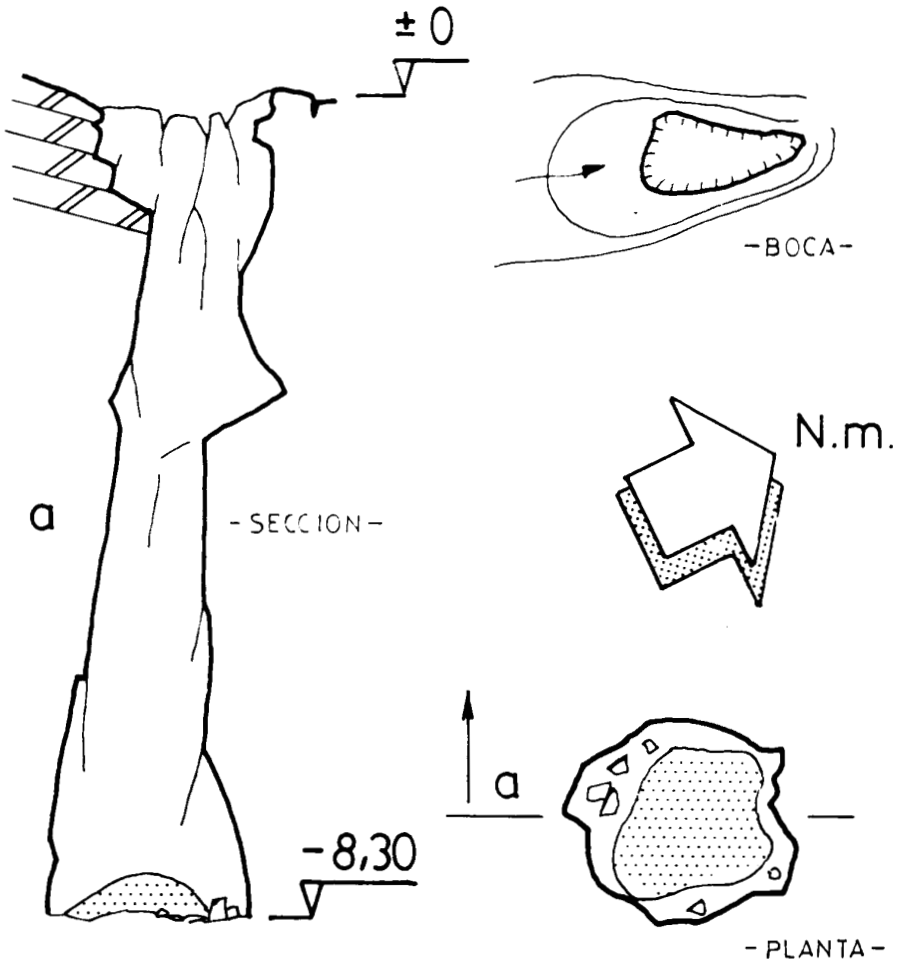
de topografía glaciar en la Sierra Tejeda (Andalucía). Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. 34, 2-3, pp. 187-192.

Trombe, F. (1974). La Espeleología. Col. Que sé?, núm. 106, 124 p.

Wilson, L. (1969). Les relations entre les processes geomorphologiques et le climat moderne comme méthode de paleoclimatologie. Rev. Geograf. Physique et Geol. Dyn., Vol. XX, fasc. 3, pp. 303-314.

* * *

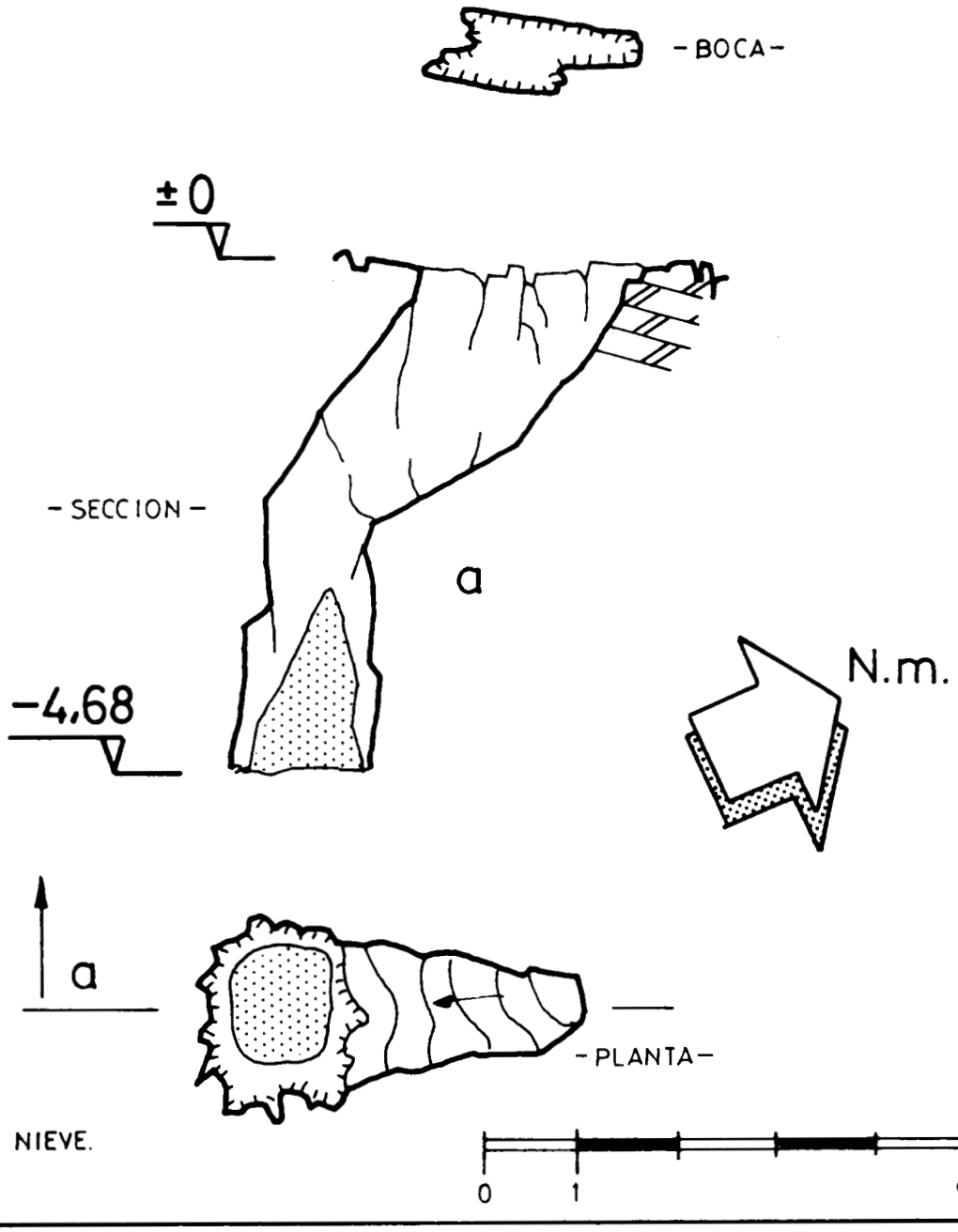
TOPOGRAFIA (N)



SIMA MAROMA II

SIERRA TEJEDA		SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MALAGA
U.T.M. 067 850	Z- 2.020m.	
D- 8,30m.	DH - 0,00 m.	± Z- 8,30m.
TOPOGRAFIA 30-IV-79 J.A. MOLINA.		CR
DIBUJO 11-VII-82 J.A. MOLINA.		CE CA-10

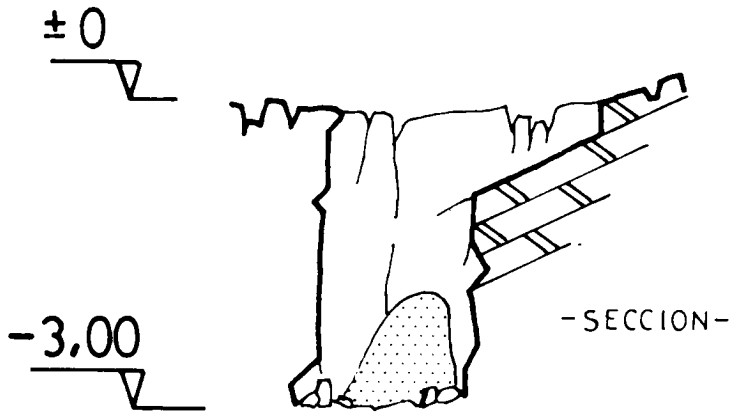
TOPOGRAFIA (N)



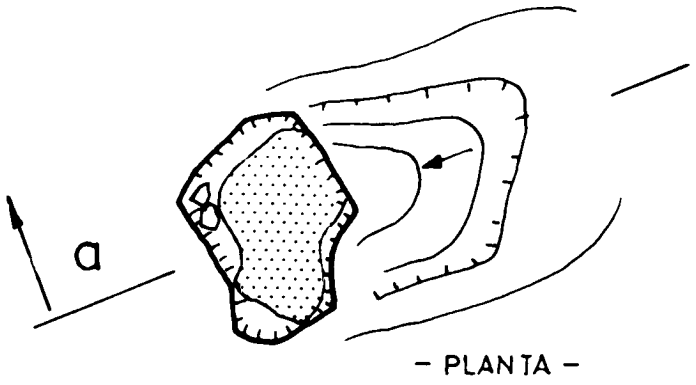
SIMA MAROMA IV

SIERRA TEJEDA			SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MALAGA
U.T.M. 079 849		Z- 2.040m.	
D- 5,90m.	DH- 2,06m.	±Z- 4,68 m.	
TOPOGRAFIA	30-IV-79	J.A. MOLINA.	CR
DIBUJO	11-VII-82	J.A. MOLINA.	CE SE-2

TOPOGRAFIA (N)



a



N.m.

NIEVE

0 1 5m

SIMA MAROMA III

SIERRA TEJEDA

U.T.M. 067 849 | Z- 2.035m.

D- 3,00 m. | DH- 0,00 m. | ± Z- 3,00 m.

SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MALAGA

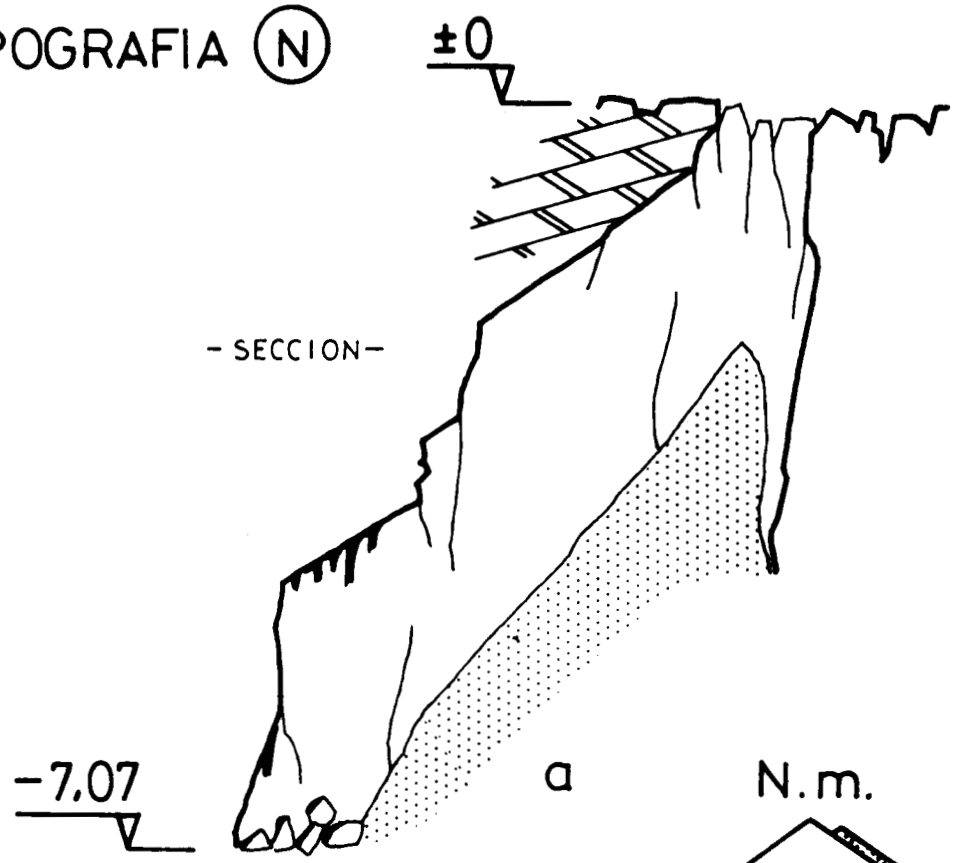
TOPOGRAFIA 30-IV-79 J.A. MOLINA.

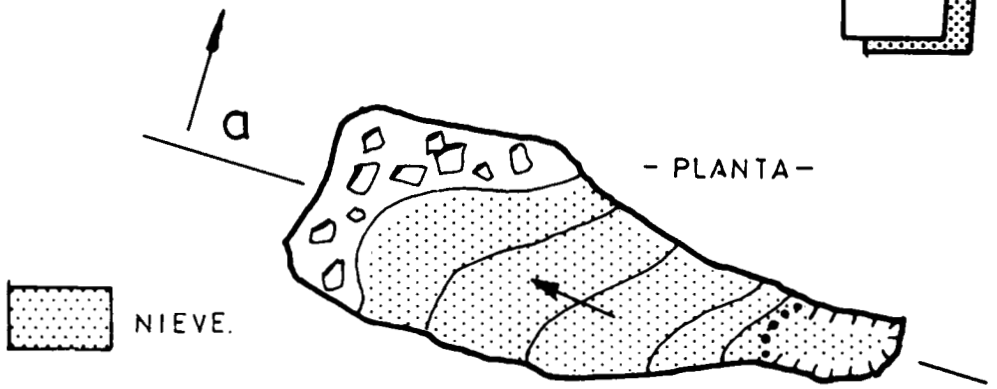
DIBUJO 11-VII-82 J.A. MOLINA.

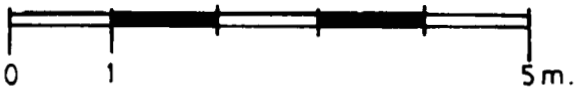
CR

CE CA-11

TOPOGRAFIA (N)







SIMA MAROMA V

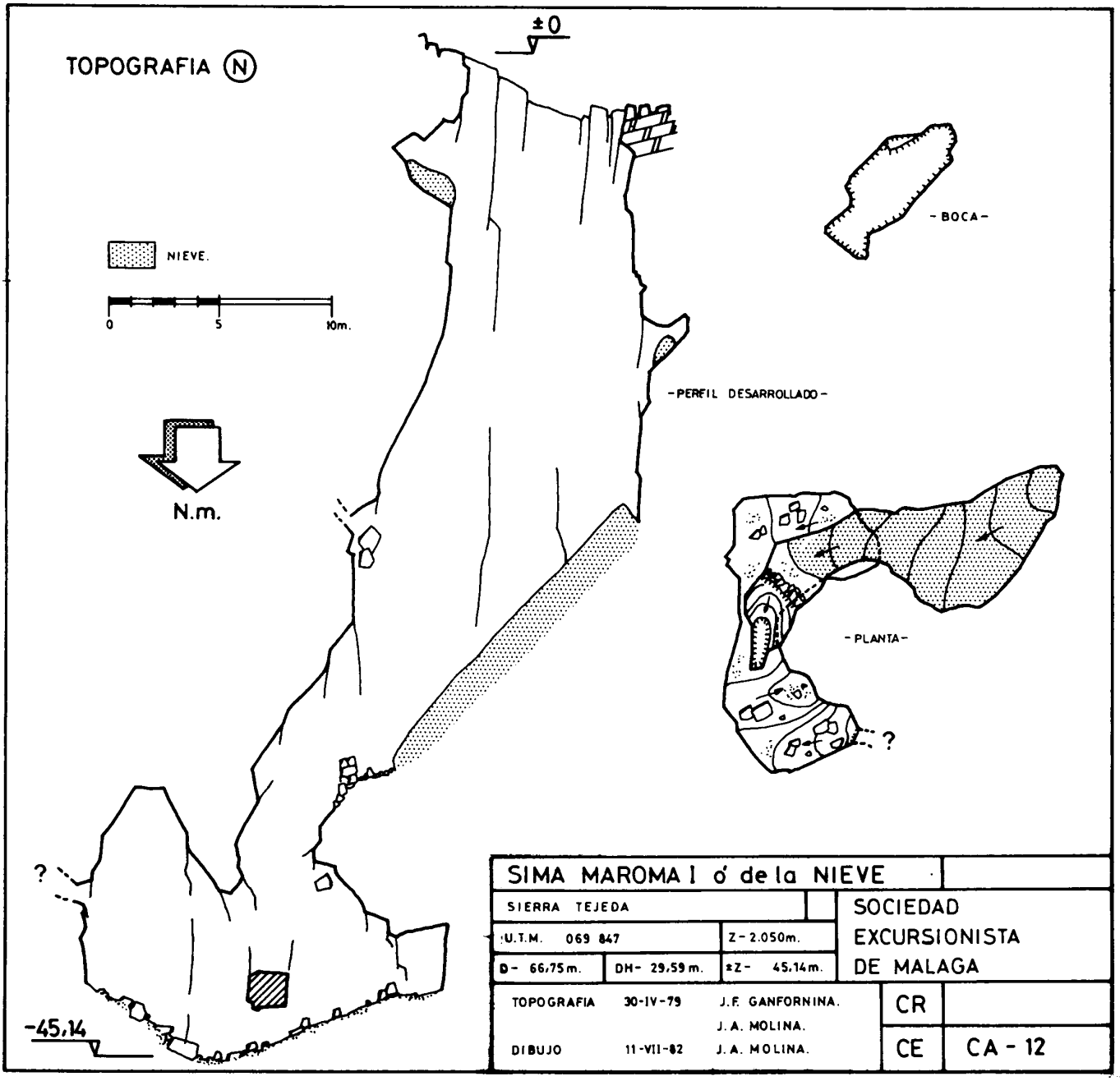
SIERRA TEJEDA

U.T.M. 071 847 | Z- 1.970m.

D- 9,10m. | DH- 5,72m. | ±Z- 7,07m.

SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MALAGA

TOPOGRAFIA	7-II-82	J.A. MOLINA.	CR	
DIBUJO	11-VII-82	J.A. MOLINA.	CE	CA-46


TOPOGRAFIA (N)
±0
NIEVE.
0
5
10m.
N.m.
-PERFIL DESARROLLADO-
-BOCA-
-PLANTA-
?
?
-45,14
SIMA MAROMA I ó de la NIEVE
SIERRA TEJEDA
U.T.M. 069 847
Z- 2.050m.
D- 66,75m.
DH- 29,59m.
±Z- 45,14m.
SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MALAGA
TOPOGRAFIA 30-IV-79 J.F. GANFORNINA. J.A. MOLINA.
DIBUJO 11-VII-82 J.A. MOLINA.
CR
CE
CA - 12

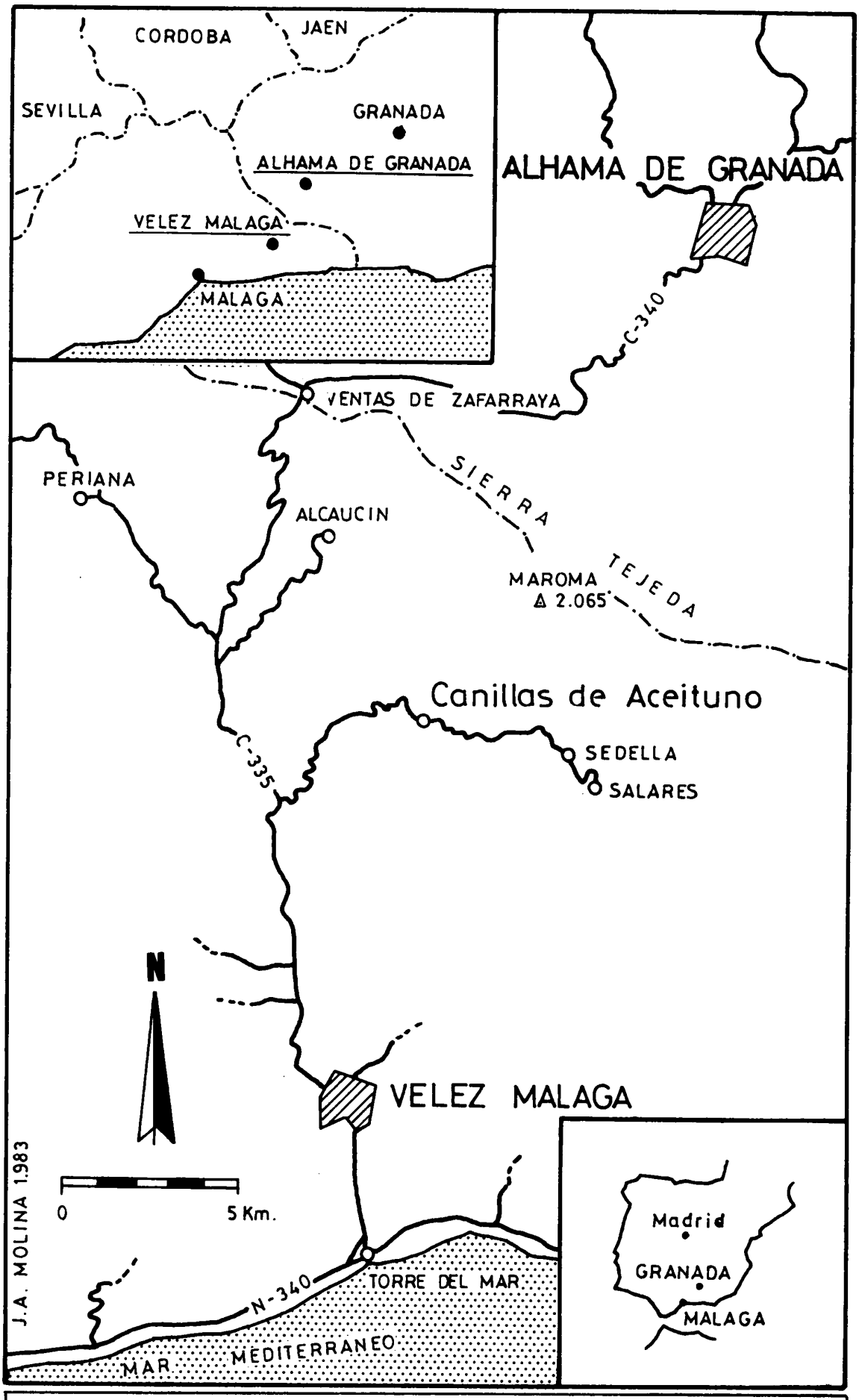
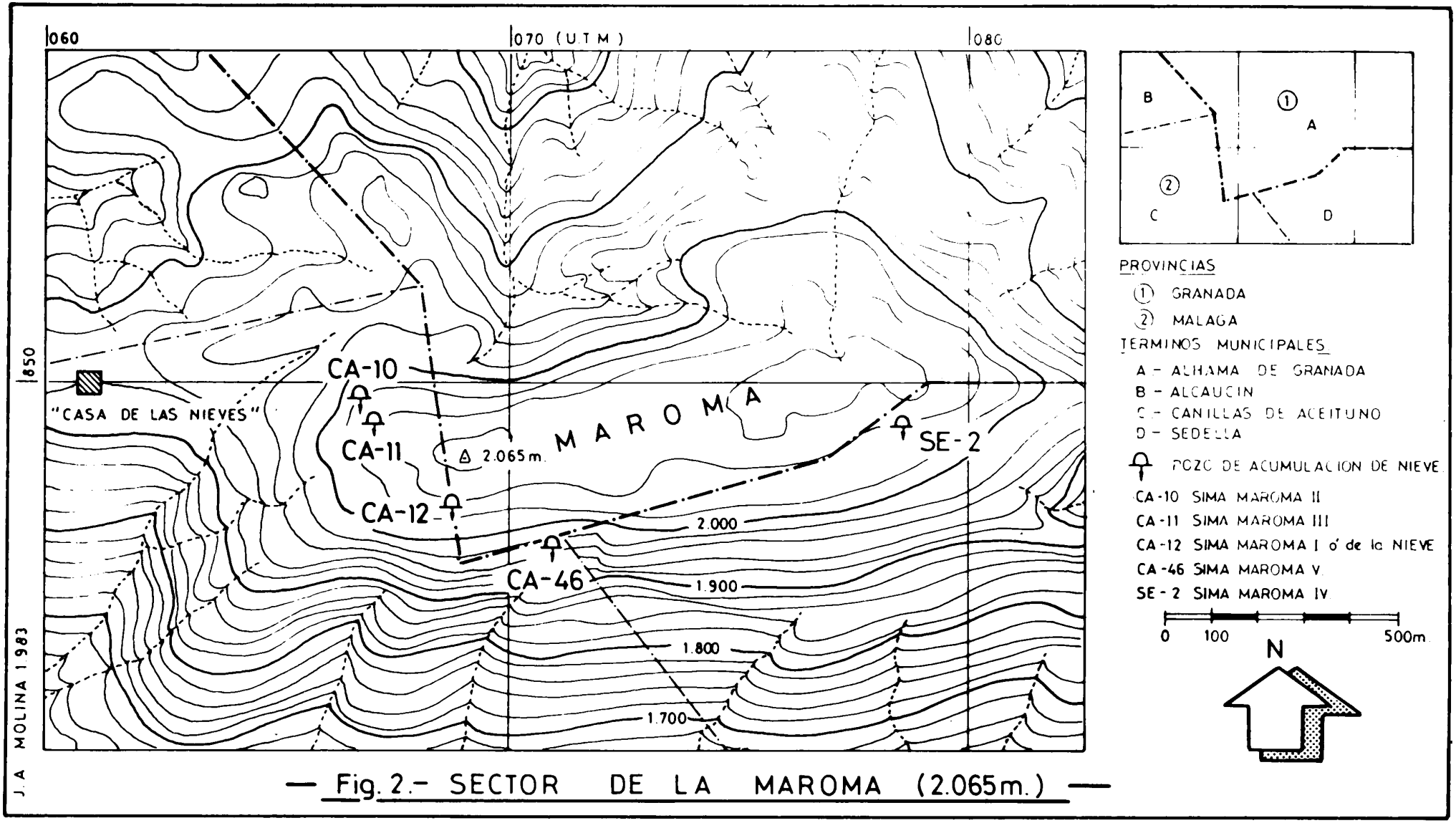
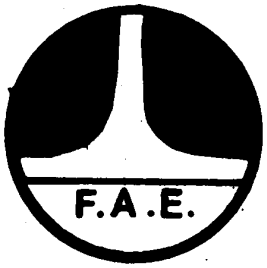


Fig.1.- SITUACION GEOGRAFICA Y ACCESOS A SIERRA TEJEDA



— Fig. 2.- SECTOR DE LA MAROMA (2.065m.) —



FEDERACION ANDALUZA DE ESPELEOLOGIA

Depósito Legal: GR-587-1986. Imprime: T. Gráficos ARTE, S.A. - MARACENA (Granada)