

JUANES DURA

**PREVENCION DE RIESGOS GEOLOGICOS
EN GRANADA**

MONTEFRIO

NIVAR

LOS OLIVARES

TOMO II

Nº Sicaon: 87519

01207

MONTEFRIO

- INDICE -

1.- INTRODUCCION

2.- CLIMATOLOGIA

3.- GEOLOGIA

3.1. GEOLOGIA LOCAL

3.1.1. Litoestratigrafía

3.1.1.1. Depósitos pretectónicos

3.1.1.2. Depósitos posttectónicos

3.1.1.3. Depósitos cuaternarios

3.2. TECTONICA Y SISMICIDAD

3.2.1. Tectónica regional

3.2.2. Tectónica local - Neotectónica

3.2.3. Sismicidad

3.3. GEOMORFOLOGIA

3.3.1. Introducción

3.3.2. Rasgos geomorfológicos

3.3.3. Dinámica cortical

3.3.3.1. Erosión fluvial

3.3.3.2. Movimientos en masa

3.3.3.3. Zonas de aterramiento

4.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

5.- ESTUDIO DE RIESGOS

5.1. RIESGO DE INESTABILIDAD DE LADERAS

5.1.1. Análisis Geotécnico de los problemas de inestabilidad.

5.2. RIESGO DE INUNDACIONES

5.3. RIESGO SISMICO

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. INTRODUCCION

El sector estudiado correspondiente a la localidad de Montefrío, se sitúa a unos 35 Kms al ENE de la ciudad de Granada.

El estudio de dicho sector se ha enfocado, desde un punto de vista de sus características geológicas, toda vez que son éstas las que van a condicionar los parámetros geotécnicos de los distintos materiales existentes en la zona. En segundo lugar se ha realizado un examen en profundidad, en cuanto a la susceptibilidad del territorio a sufrir procesos catastróficos, englobados dentro de lo que se ha dado en llamar los riesgos geológicos (inestabilidad de laderas, riesgo sísmico, riesgo de inundaciones, etc.).

Para el estudio de las características comentadas, se ha partido en primer lugar, de un estudio sistemático de fotointerpretación sobre pares estereoscópicos, efectuado por un técnico especializado, en orden a determinar las áreas susceptibles al riesgo, así como la morfología de la zona y los sectores en los cuales era necesario un reconocimiento puntual más detallado.

En una segunda fase, se realizó una serie de reconocimientos puntuales del área, en los cuales se efectuó un conjunto detallado de observaciones tendentes a reflejar en los planos adjuntos todas las características observadas. Por último se redactó la presente memoria y se dibujaron los planos correspondientes a las características geo-

lógicas, geomorfológicas de riesgos de inestabilidades superficiales que se intercalan entre el texto.

2. CLIMATOLOGIA

En conjunto, puede considerarse el clima de Granada, como perhúmedo en las áreas montañosas más altas sujetas a la acción nival, húmedo en las vertientes de las sierras altas, estepario en las sierras medias y al pié de las sierras mayores, y de extremada aridez en los llanos y vegas interiores.

La temperatura media anual, oscila entre 14° y $20,4^{\circ}$ aumentando hacia los llanos situados al norte, y de las sierras a las cuencas interiores. Por otra parte, dadas las peculiaridades orográficas de la zona y su entorno, existen importantes variaciones de temperaturas de unas estaciones a otras con respecto a las temperaturas extremas medias y absolutas.

En el Cuadro nº 1 se han reflejado los distintos parámetros correspondientes a la estación de Loja, que es la más próxima al sector estudiado y la que guarda una mayor afinidad en cuanto a características topográficas y orográficas.

En el Cuadro nº 2 se comparan las precipitaciones máximas en 24 h entre la estación completa de Loja y la estación pluviométrica de Montefrío.

CUADRO N° 1
Datos climáticos de la estación de Loja **4° 03'W**
37° 10'N
800 m

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
T.MAXIMA	17,6	19,8	23,7	26,4	31,3	35,9	39,3	39,0	35,8	29,7	23,6	18,2	40,0
T.MED MAX	12,6	14,2	17,5	20,3	24,2	29,8	34,2	34,2	29,7	23,4	17,1	13,3	22,6
T.MEDIA	7,9	9,0	12,3	14,7	18,9	23,5	27,4	27,2	23,4	17,8	12,1	8,6	16,9
T.MIN.MED	3,2	3,9	7,1	9,0	13,1	17,3	20,7	20,2	17,1	12,2	7,1	3,9	11,2
T.MINIMA	-3,3	-1,7	1,7	4,5	7,6	11,7	16,3	16,2	11,7	6,0	2,2	-1,4	-4,2
PRECIPIT.	66	59	69	54	38	19	2	4	24	51	60	78	524
EVAPORINAS. POT.	13	18	37	53	91	137	180	163	114	64	28	15	913
BAL.HIDRICO	53	41	32	1	-53	-118	-178	-159	-90	-7	32	63	-389
DIAS DE LLUV.	10	8	10	8	7	3	1	1	4	7	9	10	78
LLUVIA MEDIA EN 24 H	6,60	7,37	6,90	6,75	5,42	6,33	2,00	4,00	6,00	7,28	6,66	7,80	6,72

CUADRO N° 2

**Precipitaciones máximas en 24 h. Comparación entre la
estación completa de Loja y la estación pluviométrica de
Montefrío**

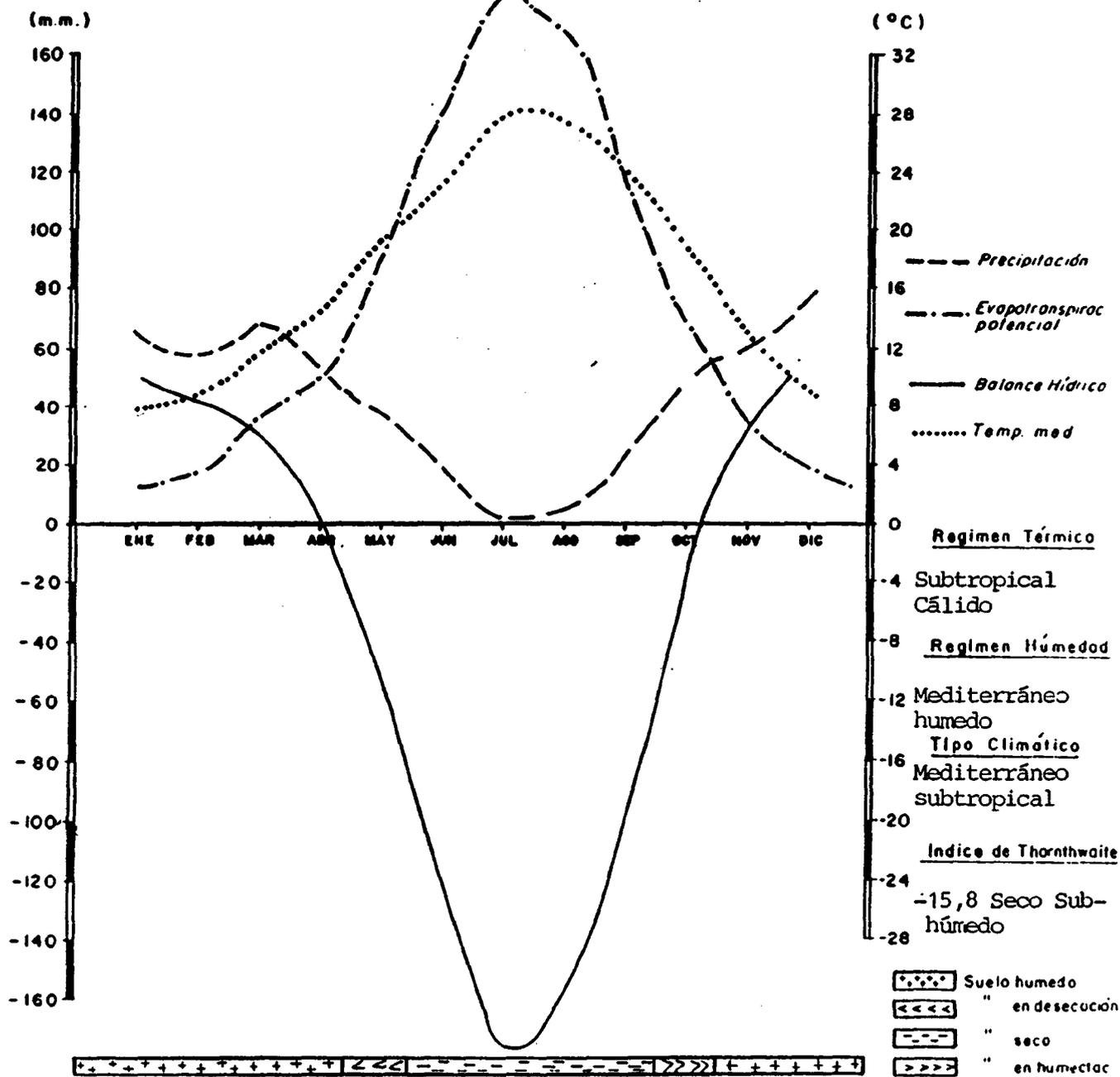
AÑO 1.9 ESTACIONES	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Loja	39,8 S	39,4 S	35,7 O	22,2 Mr	33,3 Ab	63,8 O	37,5 Ab	54,4 My	66,5 D	47,2 D	44,2 Mr	41,2 N	51,0 D	45,0 F	24,2 A	30,2 O	44,2 F	69,8 N	43,0 Mr	66,0 E	45,0 E
Montefrío	31,4 S	37,5 N	38,5 D	32,0 D	38,0 Mr	76,0 O	30,5 Ab	41,5 O	42,5 D	47,8 D	57,5 Mr	43,5 N	73,3 O	75,5 F	38,4 F	37,6 S	60,5 F	67,1 N	56,0 D	86,0 E	33,0 E

Como queda reflejado en dicho cuadro, las lluvias caídas sobre Montefrío, parecen ser ligeramente superiores a las de Loja, al menos en el aspecto torrencial, aunque pueden ser perfectamente comparables.

En cuanto a los períodos de lluvias, también se reconoce un claro predominio de las precipitaciones intensas en invierno (Diciembre-Febrero 10/21) seguidas de las correspondientes al otoño (Septiembre-Noviembre 8/21). Es en estas épocas del año o inmediatamente después, cuando pueden producirse los movimientos y reptaciones de los suelos alterados, así como los grandes deslizamientos de ladera.

En la figura 1 se ha representado el balance hídrico de la estación de Loja, que es la más próxima a Montefrío, siendo extrapolables sus datos, con las salvedades comentadas anteriormente.

ESTACION : LOJA



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	66	59	69	54	38	19	2	4	24	51	60	78	mm
Evapotranspiración media.	13	18	37	53	91	137	180	163	114	64	28	15	mm
Balance hídrico	53	41	32	1	-53	-118	-178	-159	-90	-13	32	63	mm
Temperatura media	7,9	9,0	12,3	14,7	18,9	23,5	27,4	27,2	23,4	17,8	12,1	8,6	°C

FIG. 1 - Balance hídrico y datos climáticos

3. GEOLOGIA

3.1. GEOLOGIA LOCAL

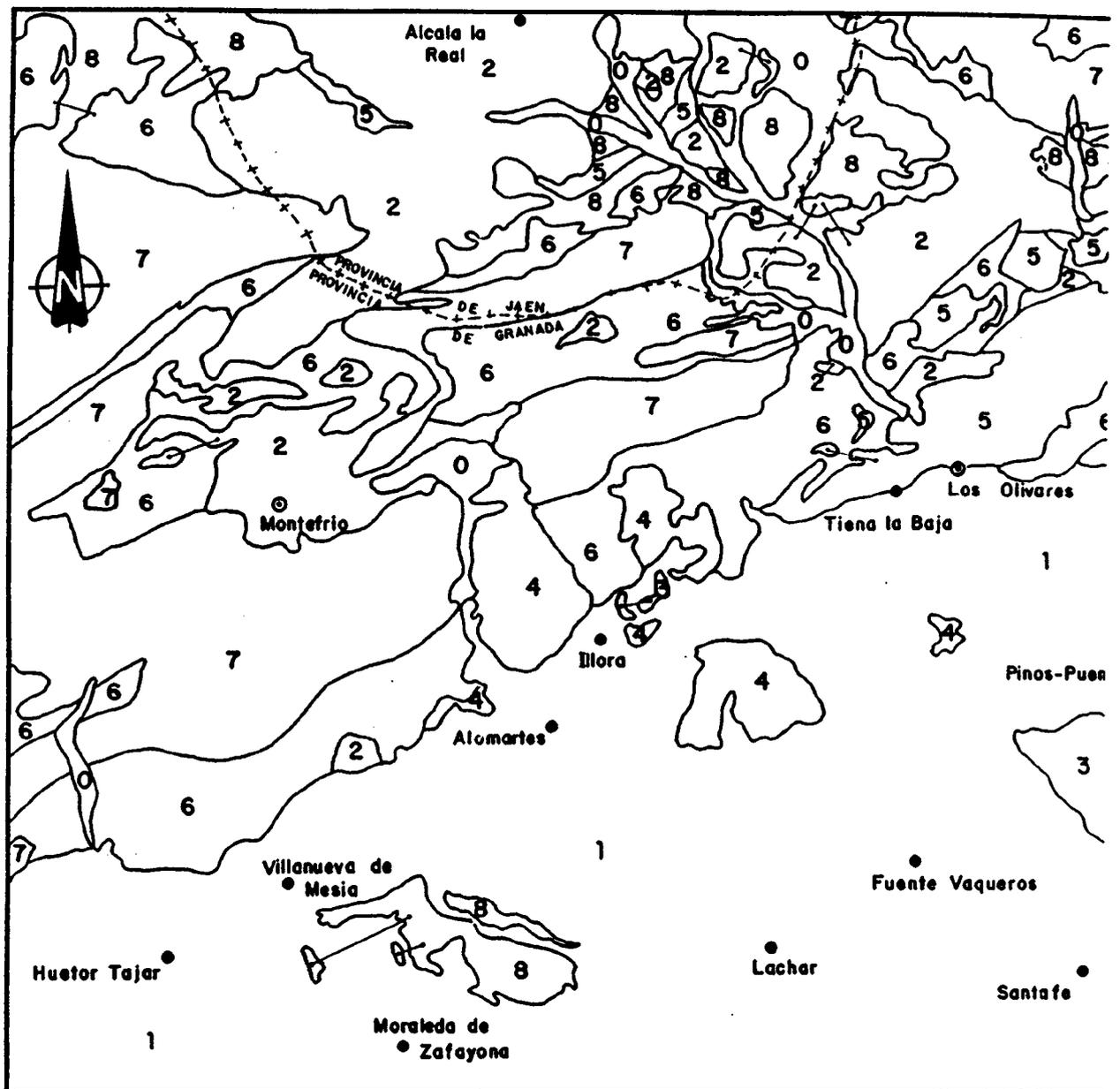
3.1.1. Litoestratigrafía

El pueblo de Montefrío se asienta en depósitos terciarios, una parte de los cuales corresponde a materiales eocénicos pretectónicos de la Zona Subbética (Dominio Subbético medio), mientras que otros, al sur, están constituidos por sedimentos neógenos postectónicos.

Consecuentemente la diferenciación y caracterización de los distintos tipos de sedimentos, debe efectuarse desde el punto de vista de depósitos pre y postectónicos, toda vez que corresponden a ámbitos paleogeográficos y de localización distintos. (Ver fig. 2).

3.1.1.1. Depósitos pretectónicos

Dentro de este conjunto de materiales eocénicos, existe una secuencia estratigráfica, bastante definida, en los alrededores de Montefrío. Dicha secuencia de abajo a arriba, presenta en primer lugar unas margocalizas rosadas, similares a las del Cretácico superior, que aflora en el sector oeste del pueblo. Sobre aquellas, se dispone un paquete de unos diez metros de potencia de calizas con *Microcodium*. Por encima de este conjunto y en contacto concordante, se sitúa un paquete de margas blanquecinas, grises o rosadas bastante plásticas, que incluyen intercala-



E: 1/200.000

- | | |
|-------------|---|
| 0 - Dominio | cuaternario. |
| 1 - Dominio | postorogénico- Formación Vega de Granada. |
| 2 - Dominio | preorogénico- Terciario pretectónico. |
| 3 - Dominio | Subbético-Formación de Sierra Elvira. |
| 4 - Dominio | Subbético-Unidad Parapanda. |
| 5 - Dominio | Subbético Sstr.-Manto de Moclín. |
| 6 - Dominio | Subbético Sstr.-Formaciones cretácicas |
| 7 - Dominio | Subbético Sstr.-Formaciones jurásicas. |
| 8 - Dominio | Subbético Sstr.-Formaciones triásicas. |

FIG.2.-ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL ENTORNO DE
MONTEFRÍO.

ciones esporádicas de arenas, conglomerados en la base, así como capas calcáreas con Numulites, Assilinas, Flosculinas, Alveolinas, etc, que datan claramente un Eoceno. El Oligoceno no se ha detectado en ningún sector del área estudiada.

3.1.1.2. Depósitos postectónicos

Los depósitos postectónicos, datados en conjunto como del Tortoniense, están formados por calcarenitas bioclásticas (moladas); en bancos gruesos que presentan intercalaciones arenosas y conglomeráticas.

Estos depósitos, conforman las estrechas paredes que forman el "cañón" situado al sur del pueblo, así como el cerro sobre el que se asienta el castillo y la mitad occidental de la localidad.

Dentro de este conjunto de materiales cabe destacar una discordancia angular intratortoniense muy visible y marcada, localizada en la margen derecha del cañón mencionado, justo antes del pueblo.

Dicha discordancia se ha detectado en diversos lugares de la depresión de Granada, pero fué en Montefrío en donde primeramente se localizó y describió.

3.1.1.3. Depósitos cuaternarios

Dentro de los materiales de edad cuaternaria, pueden diferenciarse diversos tipos, en cuanto a su génesis y geomorfología.

Existen depósitos de terraza compuestos por gravas redondeadas, generalmente de naturaleza calcárea, con matriz arenosa y limoarcillosa.

Así mismo merece destacarse la existencia de pequeños conos de deyección formados por arenas arcillosas y brechas calcáreas minoritarias. Los depósitos aluviales presentan la misma litología que los niveles de terraza aunque con una mayor proporción de las gravas calcáreas.

Merece destacarse también los suelos residuales de alteración así como pequeños coluviales, que no se han cartografiado dada su poca potencia relativa (en torno a un metro), y que tapizan las formaciones mencionadas.

Por último se ha cartografiado un conjunto de relleños y echadizos antrópicos localizados sobre todo al norte del pueblo, así como en las márgenes de los arroyos principales.

3.2. TECTONICA Y SISMICIDAD

3.2.1. Tectónica regional

En ningún punto de la Zona Subbética s.s., afloran materiales de edad paleozóica. Es presumible la existencia de un zócalo hercínico similar a la Meseta, muy diferente de la cobertera mesozóica-terciaria plegada.

El nivel de despegue entre el zócalo y la cobertera, se sitúa en el Triásico que es el material más antiguo afectado por la estructura de plegamiento. En general esta

Zona puede considerarse alóctona y desplazada varios kilómetros al NNW como así lo indica la vergencia de los numerosos pliegues detectados.

Con respecto al sistema de fallas presentes, cabe destacar diversas familias entre las cuales deben mencionarse las de dirección NW-SE y N-S que son singenéticas al plegamiento. Otro grupo está formado por un conjunto de fallas inversas de dirección WSW y ENE, paralelas a los ejes de los pliegues, y por último, aquellas que presentan la misma dirección anterior, pero de carácter normal.

3.2.2. Tectónica local - Neotectónica

Es evidente la actividad neotectónica del área, reflejada en las frecuentes fallas de salto reducido de los afloramientos rocosos.

Así mismo merece destacar la falla situada al sur del pueblo que con dirección ENE-WSW pone en contacto los tramos inferior y superior calcarenítico del Tortonienense.

Por otro lado, son frecuentes un gran número de diaclasas en los materiales rocosos que por procesos de gelifracción pueden hacer aumentar la apertura de labios y la profundidad de las mismas.

El conjunto de materiales tortonienses sobre los que se asienta el pueblo, se presenta bastante replegado, con buzamientos variables, entre los 10° y los 50° y con direcciones entorno a la NE-SW.

Los efectos de la neotectónica no se han reconocido en materiales modernos (Cuaternario) aunque dada la evidente actividad sísmica del área, es indudable que deben existir aquellos.

3.2.3. Sismicidad

En otro orden de cosas, con respecto a la sismicidad del área es conocido desde antiguo, la elevada actividad sísmica que presenta la provincia de Granada, que junto al sector de los pirineos y la zona de Murcia, Alicante y Almería, constituyen las áreas sísmicamente más activas de la Península Ibérica.

Los datos que se poseen actualmente para determinar la actividad sísmica de una región determinada son de tres tipos: Elementos geotectónicos regionales, estadística sísmica y elementos geofísicos complementarios. El conjunto de todos ellos permite, por una parte, predecir la máxima intensidad probable en la región, para un período de retorno suficientemente compatible con la vida media de las estructuras, y por otra, la probabilidad de que ocurra un movimiento sísmico catastrófico.

A la luz de la Tectónica de Placas que propone un modelo dinámico para la litosfera, la cual está compuesta por un reducido número de placas en continuo movimiento unas con respecto a otras, los movimientos sísmicos detectados en el entorno regional estudiado, son explicables por el choque de la placa africana con la placa euroasiática a la altura del estrecho de Gibraltar. Dichos choques y megafuerzas corticales se traducen en una acumulación

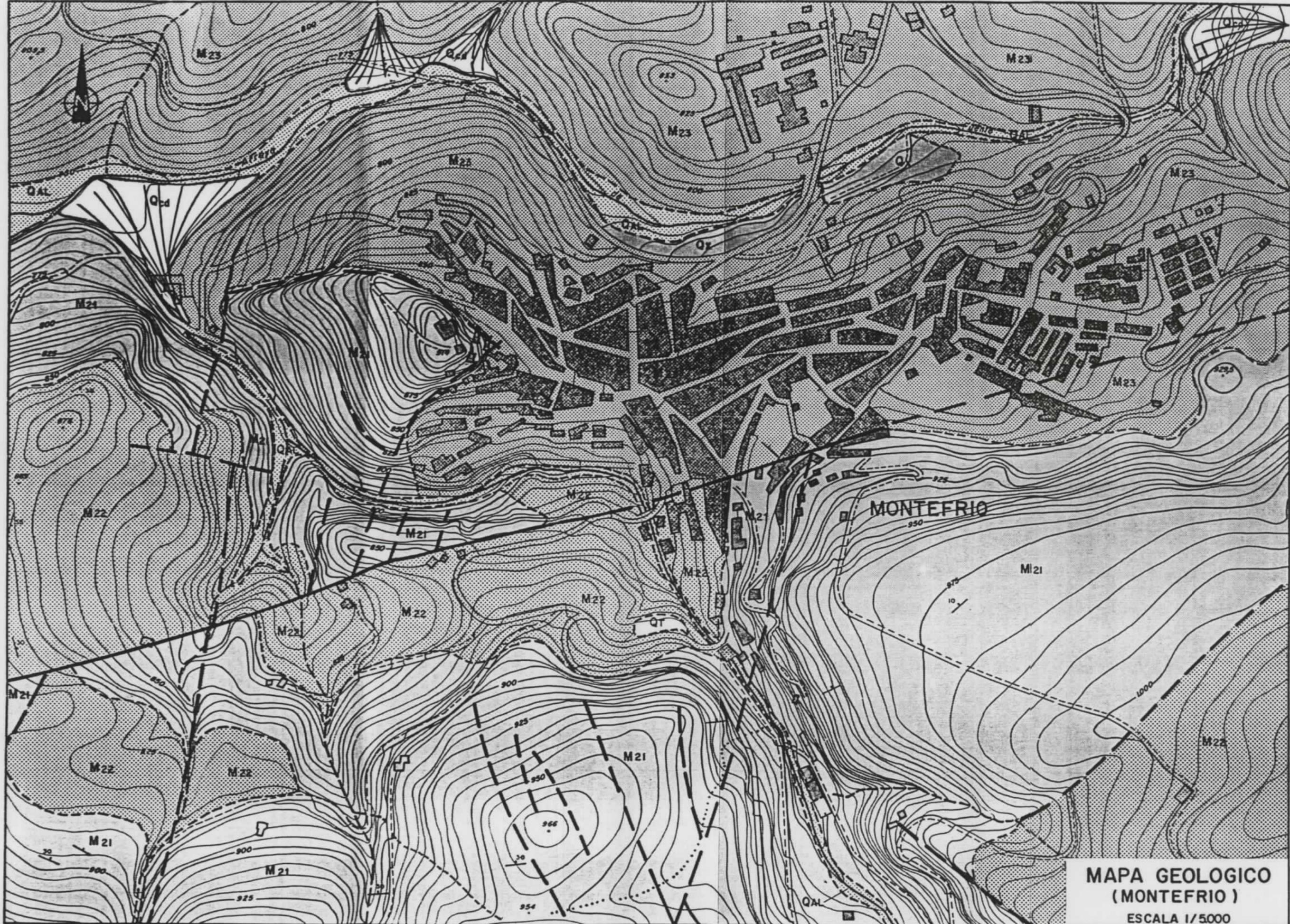
de esfuerzos de enorme energía, que se van disipando a través de fallas corticales, relativamente abundantes en el área de Granada, mediante sismos de intensidad variable.

En el Cuadro adjunto se han reflejado aquellos terremotos producidos en el entorno regional cuyos frentes de onda han llegado a Montefrío con una intensidad ≥ 4 .

FECHA			LONGITUD	LATITUD	INTENSIDAD	LOCALIDAD
DIA	MES	AÑO				
9	XII	1320	10° 40'	36° 00'	X	SW Cabo S.Vicente
24	VIII	1356	10° 42'	36° 00'	X	SW Cabo S.Vicente
14	V	1357	5° 00'	37° 39'	VIII	Andalucia
24	IV	1431	3° 40'	37° 14'	VIII	Atarfe (GR)
5	IV	1504	5° 36'	37° 24'	X+Réplicas	Carmona (SE)
4	VII	1526	3° 34'	37° 11'	VIII	Granada
18	VI	1581	4° 00'	36° 50'	VIII	Sierra de Alhama
-	-	1668	3° 53'	37° 28'	VIII	Alcalá la Real(J)
1	XI	1755	10° 00'	37° 00'	X+Réplicas	W Cabo S.Vicente
31	III	1761	10° 00'	37° 00'	IX	W Cabo S.Vicente
13	XI	1778	3° 36'	37° 12'	VII	Granada
27	X	1806	3° 40'	37° 12'	VIII	Santa Fe (GR)
24	III	1875	3° 36'	37° 12'	VI	Granada
7	VIII	1877	3° 36'	37° 12'	VI	Atarfe (GR)
12	IV	1879	3° 36'	37° 12'	VI	Granada (GR)

FECHA			LONGITUD	LATITUD	INTENSIDAD	LOCALIDAD
DIA	MES	AÑO				
20	X	1883	7° 00'	37° 00'	VIII	Golfo de Cádiz
25	XII	1884	3° 59'	36° 57'	IX+Réplicas	Arenas del Rey
16	XII	1889	3° 36'	37° 12'	V	Granada
20	X	1895	3° 36'	37° 12'	VI	Granada
13	X	1897	3° 36'	37° 12'	VII	Granada
23	IV	1909	8° 49'	38° 57'	X	Benavente(Port)
30	IV	1909	4° 06'	37° 12'	?	Loja (GR)
18	IX	1909	3° 30'	37° 24'	VI	Iznalloz(GR)
20	X	1909	3° 34'	37° 12'	V	Granada
2	I	1910	4° 09'	37° 10'	IV	Loja
5	XII	1910	3° 42'	37° 12'	VI	Santa Fe (GR)
31	V	1911	3° 42'	37° 12'	VIII+Réplicas	Santa Fe (GR)
4	VI	1911	3° 42'	37° 12'	VII+Réplicas	Santa Fe (GR)
22	II	1912	3° 37'	37° 12'	V	Granada
16	V	1912	3° 42'	37° 12'	V+Réplicas	Santa Fe(GR)
14	IX	1912	3° 36'	37° 12'	VI	Granada
6	II	1914	3° 41'	37° 11'	V	Santa Fe (GR)
10	VII	1917	3° 06'	37° 12'	VI+Réplicas	Loja (GR)
27	IV	1918	3° 41'	37° 13'	V	Atarfe (GR)
24	III	1920	4° 09'	37° 10'	V	Loja (GR)
22	X	1920	3° 34'	37° 10'	V	Granada
18	X	1924	3° 48'	37° 04'	V	Ventas de Huelva (GR)

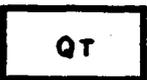
FECHA			LONGITUD	LATITUD	INTENSIDAD	LOCALIDAD
DIA	MES	AÑO				
25	VI	1926	4° 20'	37° 16'	V+Réplicas	Iznajar (CO)
12	XI	1930	3° 37'	37° 09'	V	Granada
1	VI	1943	3° 40'	37° 11'	V+Réplicas	Granada
10	III	1951	3° 49'	38° 11'	VIII+Réplicas	Linares (J)
19	V	1951	3° 56'	37° 35'	VIII+Réplicas	Alcaudete (J)
22	VI	1952	4° 06'	37° 06'	V+Réplicas	Loja (GR)
10	X	1953	3° 36'	37° 06'	V	Granada
8	I	1954	3° 53'	36° 56'	VIII	Arenas del Rey (GR)
29	III	1954	3° 36'	37° 00'	V	Durcal (GR)
4	VI	1955	3° 38'	37° 08'	VII	Zubia (GR)
19	IV	1956	3° 41'	37° 11'	VIII+Réplicas	Albolote (GR)
31	VII	1961	3° 41'	37° 11'	V	Albolote (GR)
25	IV	1962	3° 45'	37° 08'	V	Chimeneas (GR)
29	I	1964	3° 37'	37° 03'	VI	Dilar (GR)
9	IX	1964	3° 37'	37° 05'	VII+Réplicas	Otura (GR)
29	XII	1964	4° 09'	37° 05'	V	Loja (GR)
28	II	1969	10° 48'	35° 59'	VII+Réplicas	SW Cabo S.Vicente
20	III	1979	3° 48'	37° 09'	VI	Chimeneas (GR)
19	VI	1979	3° 35'	37° 14'	VI	Armilla (GR)
20	VI	1979	3° 29'	37° 14'	VI	Beas de Segura (GR)
30	VII	1979	3° 40'	37° 06'	VI	Alhendín (GR)
31	VII	1979	3° 36'	37° 07'	VI	Zubia (GR)



**MAPA GEOLOGICO
(MONTEFRIO)**
ESCALA 1/5000

LEYENDA MAPA GEOLOGICO

- MONTEFRIO -

CUATERNARIO (Holoceno)		Rellenos y echadizos antrópicos.
		Aluvial (gravas y arcillas arenosas)
		Terrazas (gravas calcáreas y arenas arcillosas)
		Conos de deyección. (arenas arcillosas y brechas)
MIOCENO (Tortonense)		Limos arenosos algo arcillosos.
		Areniscas calcáreas.
		Margas con niveles calizos.
		Falla.
		Falla supuesta.
		Dirección y cantidad de buzamiento.
		Contacto de formaciones.

3.3. GEOMORFOLOGIA

3.3.1. Introducción

Dentro del área estudiada, pueden diferenciarse dos ámbitos geomorfológicos distintos, íntimamente ligados a las características litológicas de los mismos. El primero situado en la mitad sur del plano, responde a relieves de escarpes, cantiles y frecuentes asomos rocosos correspondientes a materiales calizos y calcareníticos. El segundo ámbito localizado en el centro y norte, corresponde a aquellos materiales arcillosos y margosos fácilmente alterables y erosionables donde como resultado de procesos de alteración, dan lugar a un relieve alomado con pendientes longitudinales más o menos tendidas, o bien pronunciadas en sectores de barrancos encajados. (Ver mapa geomorfológico).

Estos dos tipos de relieves se encuentran además retrabajados por la red de drenaje, que en el primer caso se presenta muy encajada y poco diversificada, mientras que en el segundo, al ser materiales más meteorizables la red fluvial se encuentra más jerarquizada.

Puede afirmarse que los rasgos geomorfológicos y de relieve del entorno de Montefrío es de tipo estructural, regido por los factores de litología y estructura tectónica.

En este sentido, los relieves montañosos están modelados en calizas y calcarenitas más resistentes a la erosión, mientras que las áreas deprimidas, hondonadas y valles principales están compuestos, fundamentalmente, por materiales margosos y arcillosos.

Aparte de los factores mencionados anteriormente, debe tenerse en cuenta el tipo climático de la región que ha influido de manera notoria en la morfología comarcal.

Así, un clima mediterráneo como el que impera actualmente en la región, se comporta en realidad durante una parte del año con características semiáridas un tanto suavizadas, donde predomina la meteorización física, mientras que en el resto del año presenta unas características de clima templado húmedo en donde a los fenómenos anteriores, debe añadirse en consecuencia los efectos de una meteorización química.

3.3.2. Rasgos geomorfológicos

Como se ha comentado en el apartado anterior, pueden distinguirse en el área estudiada, dos ámbitos geomorfológicos bien diferenciados.

En el primero, correspondiente a los materiales calizos y/o calcareníticos, destaca la existencia de profundos barrancos y hoces, como el situado al sur y al suroeste del pueblo, así como la presencia de cantiles subverticales de elevado desnivel, cimas redondeadas y relieves tubulares formando "mesas".

En el segundo ámbito geomorfológico, el relieve se presenta más suave, con laderas tendidas y arroyos poco encajados. La erosión es importante, concentrándose en áreas determinadas, aunque la mayor parte de aquella se efectúa por arroyada laminar dando lugar a frecuentes aterramientos.

3.3.3. Dinámica cortical

A partir de las características tanto litológicas como morfológicas definidas anteriormente, se ha realizado un Mapa de inestabilidades superficiales en el que se han diferenciado los posibles procesos erosivos fluviales, áreas con movimientos en masa y las zonas de posible aterramiento.

Así mismo se han reflejado las líneas de falla tanto las comprobadas, como aquellas deducidas a partir tanto de foto aérea como en campo. Es en estas zonas donde la energía sísmica producida se libera y puede contribuir a acelerar los movimientos de ladera detectados.

3.3.3.1. Erosión fluvial

El fenómeno de erosión fluvial se produce principalmente en el arroyo de la Fuente Molina, inmediatamente al norte de la población, que discurre sobre las margas y arcillas terciarias. Asimismo se ha detectado en el barranco encajado situado al sur de aquella.

En el primer caso, la erosión es de tipo físico con arrastre importante de material, al ser éste muy deleznable y, favoreciéndose el proceso, por la acción de la

arroyada laminar que vierte su carga a dicho arroyo.

En el segundo caso predomina la erosión química con el posterior arrastre en disolución de los carbonatos disueltos. Los gránulos silíceos insolubles son arrastrados por el torrente como carga de fondo en crecidas, cuando estos no pueden transportarse en suspensión.

Aunque la erosión en este caso se efectúa principalmente en la vertical, también existe una erosión lateral, la cual da lugar a la formación de cornisas y balmas que con el paso del tiempo originan desplomes importantes. Este proceso se ve favorecido por la existencia de frecuentes diaclasas que llegan a inducir bloques de varios metros cúbicos de volúmen, cuya inestabilidad se ha reconocido, entre otros lugares, en la margen derecha del cañón antes mencionado.

3.3.3.2. Movimientos en masa

Se han reconocido en el área investigada, tres tipos principales de movimientos; reptaciones y fluencias de la capa superficial, deslizamientos rotacionales puntuales, y área de desprendimientos y desplomes.

El primer tipo de movimientos, afecta a áreas relativamente extensas del este y norte de la población, poniéndose de manifiesto en la presencia de muros con grietas, calzadas abombadas, edificios con algunas fisuras, etc. En el área este además, se detecta la presencia de un nivel freático alto lo que induce un mayor riesgo de movimiento en la zona.



MAPA DE INESTABILIDADES
SUPERFICIALES
(MONTEFRÍO)

ESCALA: 1 / 5000

LEYENDA MAPA DE INESTABILIDADES SUPERFICIALES



Falla.



Falla supuesta.



Conos de deyección.



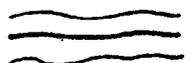
Area de desprendimientos y/o desplomes.
(activos, latentes, potenciales).



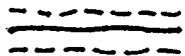
Cicatriz de deslizamientos activos.



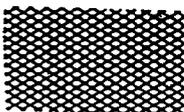
Cicatriz de deslizamientos latentes.



Area potencialmente inundable.



Limite probable del area inundable.



Area con modelado de soliflucción



Area de deslizamientos fosiles.



Lengua de flujo deslizada.



Area con deslizamientos activos.

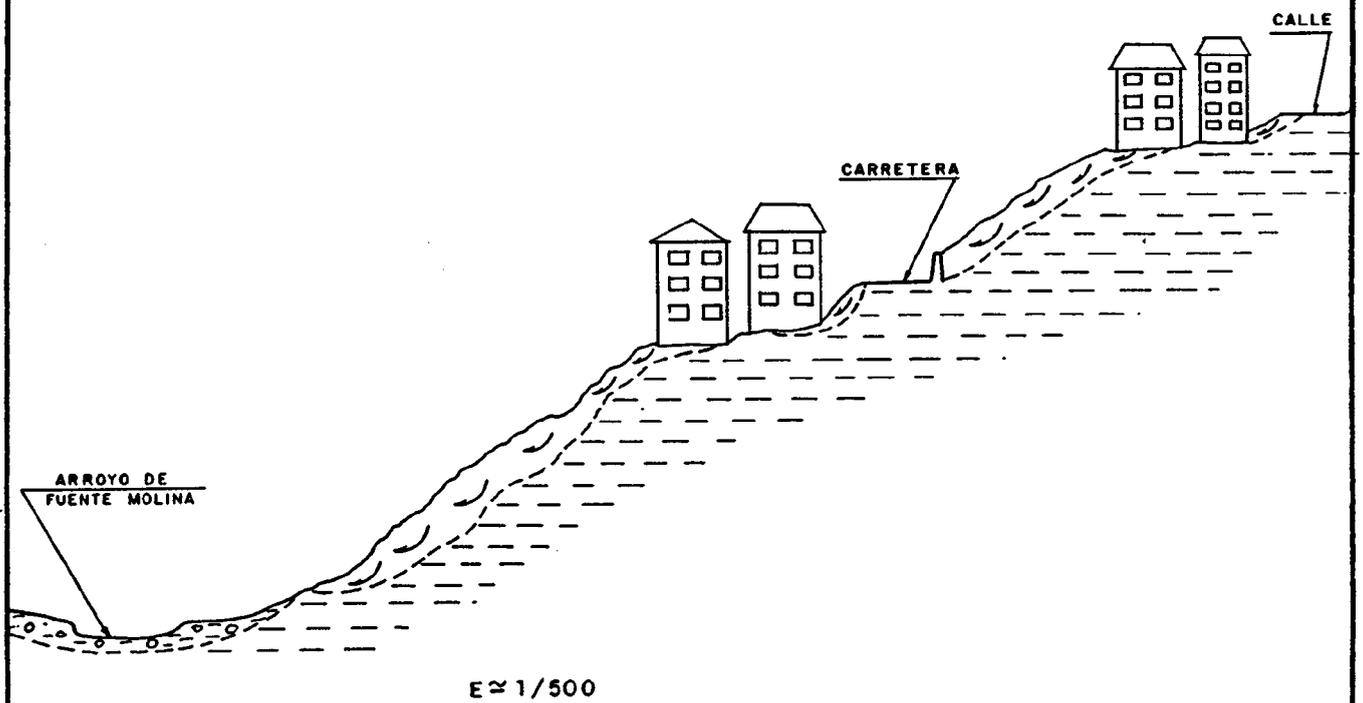
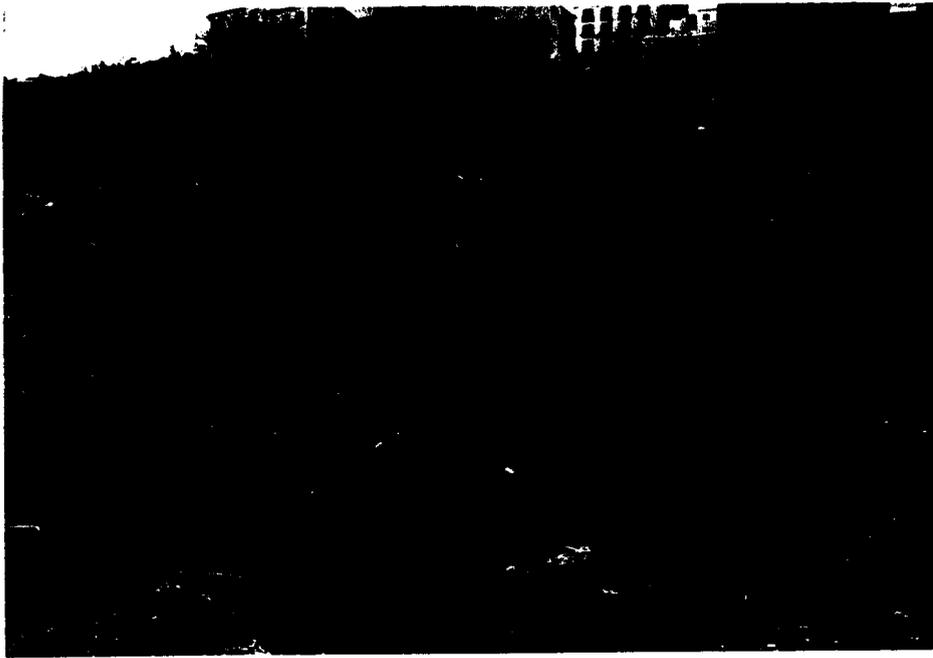


FIG. 3

El segundo tipo de movimientos se ha detectado en la carretera de acceso al pueblo por el sur. Es de destacar que prácticamente todos los años con las primeras lluvias otoñales se reavive el movimiento por lo que esta vía de acceso queda cortada. Este deslizamiento no está estabilizado y seguirá produciéndose si no se toman medidas estructurales. (Entre estas pueden ser a título orientativo la construcción de un muro, realización de drenes horizontales para evacuar agua, como pueden ser los de tipo california, rebajar el talud y gunitar, etc.). (Ver fig.4).

Los desprendimientos y desplomes se han detectado únicamente en dos zonas muy concretas. En la margen derecha del cañón, donde existe una cuña desprendible de varios metros cúbicos de volumen, y al noroeste del pueblo en un área que afecta a un cortijo aislado así como a un camino. Este área se encuentra muy diaclasada y fisurada y parece existir un manantial que sería una de las surgencias del acuífero carbonatado situado en las calcarenitas que forman el área sur del plano. (Ver fig. 5).

3.3.3.3. Zonas de aterramiento

En el mapa correspondiente, se han cartografiado distintos conos de deyección como zonas de aterramiento de carácter activo aunque intermitente.

Por otra parte, los materiales superficiales margosos y arcillosos del sector norte del plano, son fácilmente removilizables con lluvias moderadas, pudiendo aterrizar áreas de extensión importante a causa de la arroyada laminar.

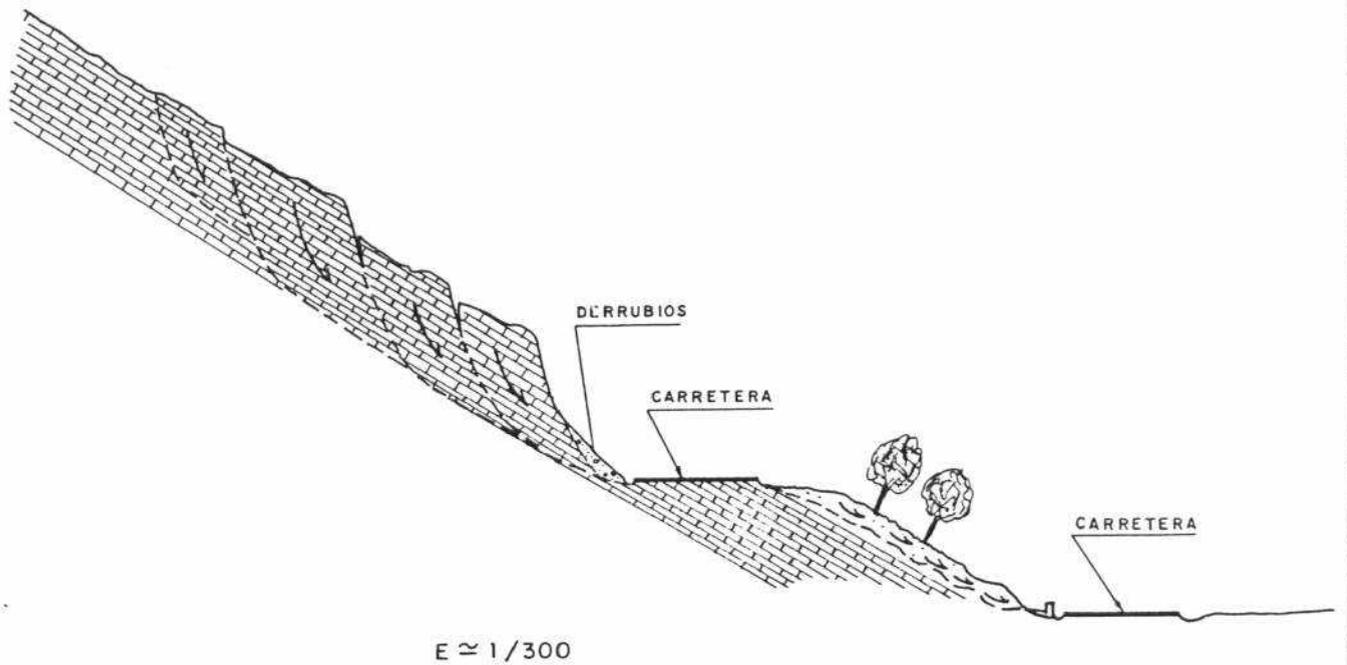
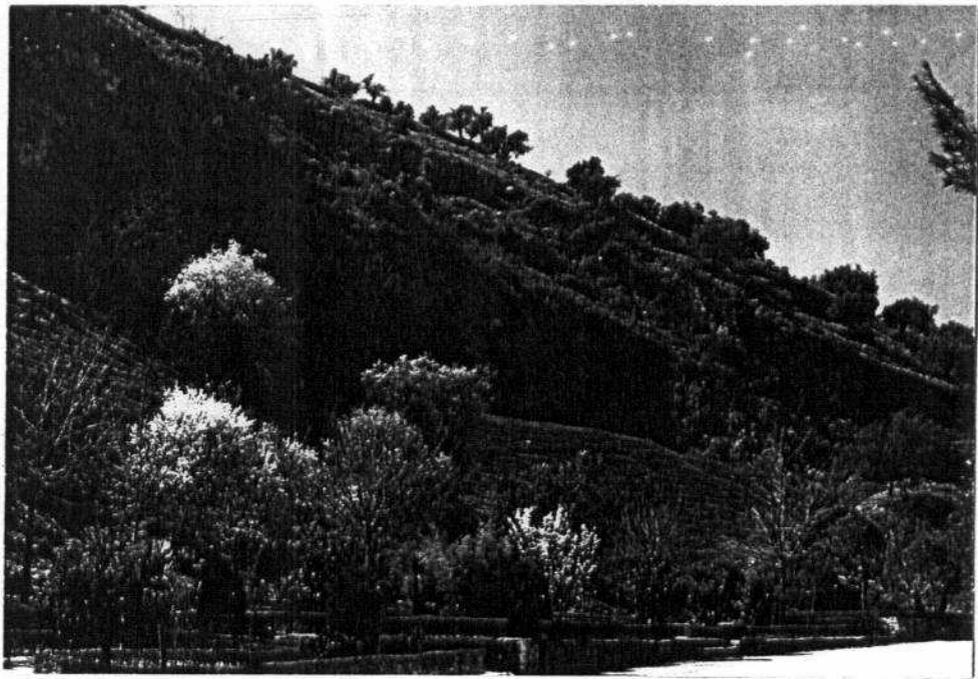
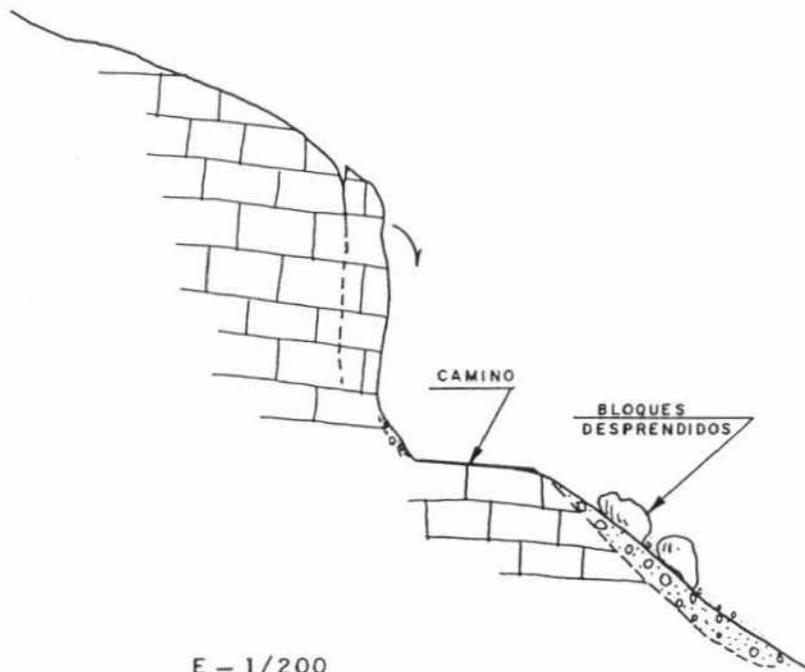
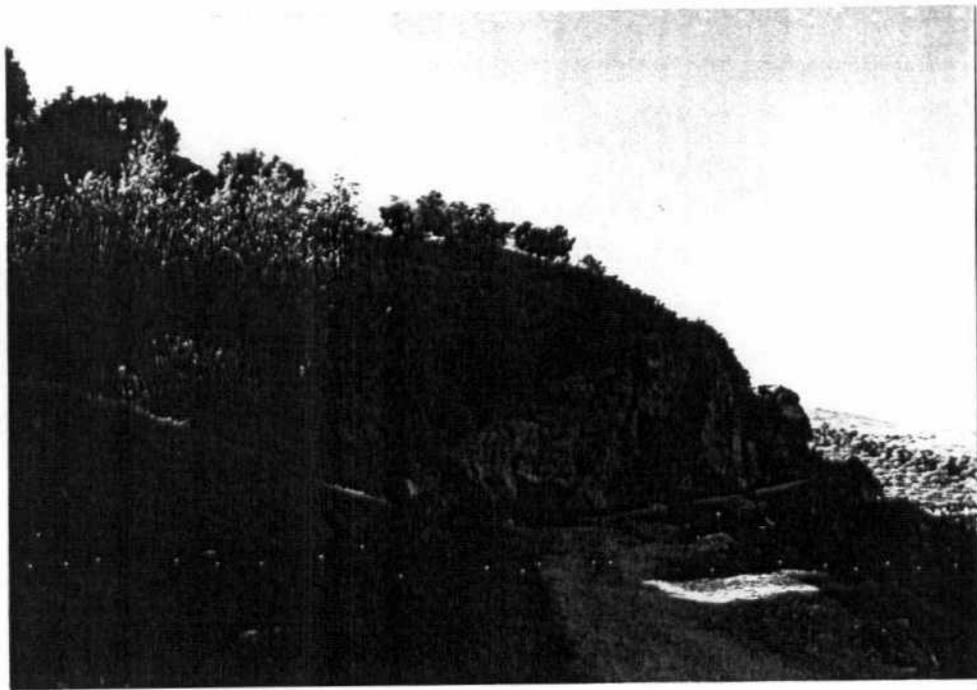


FIG. 4



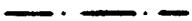
E - 1/200

FIG. 5



MAPA GEOMORFOLOGICO
(MONTEFRIO)
ESCALA. 1/5.000

LEYENDA MAPA GEOMORFOLOGICO

	Falla.
	Falla supuesta.
	Divisoria de arroyos o rios principales.
	Divisoria de arroyos secundarios.
	Divisoria aguda.
	Escarpe pronunciado o cantil.
	Linea de cambio de pendiente.
	Cuesta franca.
	Cimas redondeadas.
	Río o arroyo encauzado.
	Pedraplenes de defensa.
	Puentes.
	Pontones y pequeñas obras de paso.
	Núcleo urbano, con explanaciones y terraplenados importantes ($> 2\text{ m}$)
	Núcleo urbano, sin grandes excavaciones. ($< 2\text{ m}$)
	Río o arroyo de curso perenne.
	Río o arroyo de curso estacional.
	Arroyo o vaguada de curso esporádico.
	Barranco encajado.
	Rellenos y escombros.
	Colector entubado.
	Sumidero.
	Drenaje artificial.

3.4. HIDROGEOLOGIA

Desde un punto de vista hidrogeológico, las calcarenitas bioclásticas correspondientes a los materiales que conforman las paredes del "cañón", pueden dar lugar a acuíferos importantes por karstificación y fracturación. Poseen una elevada transmisividad y permeabilidad tanto en la vertical como en la horizontal. Uno de los lugares de descarga de este acuífero lo constituye el sector de la población, en donde el nivel freático se encuentra superficial favoreciendo los movimientos. Otro de los puntos de descarga se localiza en el área de desprendimientos situada al suroeste de Montefrío, en donde existe una gran cantidad de diaclasas y fracturas, a través de las cuales se produce la descarga del acuífero carbonatado.

Los niveles margosos y margocalizos situados al norte deben considerarse como impermeables. Al disponerse estructuralmente por debajo de los tramos calcareníticos definidos anteriormente, originan algunas surgencias en el contacto entre dichos materiales o bien dan origen a un nivel freático alto.

Los pequeños aluviales de los arroyos así como los conos de deyección, dan lugar a acuíferos de escaso volumen, cuya recarga se efectúa por los propios arroyos, y con oscilaciones estacionales importantes.

4. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Los materiales tanto del propio pueblo como de los alrededores, poseen una serie de características geotécnicas que se indican a continuación.

Los depósitos carbonatados y calcareníticos que conforman el sector sur y oeste de la población, presentan una elevada capacidad portante en superficie, excepto en aquellas áreas donde exista un intenso diaclasado, o bien una karstificación importante. En los cantiles de esta zona, pueden originarse importantes desprendimientos sobre todo cuando convergen en una misma área un diaclasado notable con una karstificación acusada que pueden o no presentar manantiales o surgencias de agua.

En los tramos más areniscosos, ésta capacidad portante y resistencia a compresión puede rebajarse notablemente. Puede incluso ser ripable con un escarificador de baja potencia.

Los depósitos margosos y arcillosos situados en el centro y norte del plano, poseen una baja capacidad portante en los niveles superficiales, aunque aquella mejora grandemente con la profundidad.

En general son inestables y pueden dar lugar a deslizamientos superficiales y reptaciones de la capa alterada más somera, en aquellas zonas donde se supere el ángulo de rozamiento interno, que suele ser del orden de 18° .

Estos depósitos son fácilmente removilizables por arroyada laminar o difusa por lo que son muy proclives a la erosión, así como al aterramiento en zonas donde se produzca una disminución brusca de la pendiente.

Los materiales cuaternarios, están constituidos en general por depósitos arcillosos y limosos con algo de arenas en los conos de deyección y por gravillas y gravas arenosas en los aluviales del sur de la población. En general son flojos en superficie, con abundante contenido en materia orgánica e inundables en avenidas.

5. ESTUDIO DE RIESGOS

Dentro del presente apartado se van a estudiar los riesgos en sentido geológico, es decir en cuanto a probabilidad y localización espacial de un hecho catastrófico.

Los riesgos geológicos que se originan en Montefrío son básicamente de tres tipos: Riesgo de inestabilidad de laderas, riesgo de inundaciones y riesgo sísmico.

El primero de ellos, se ha estudiado tanto en función de los distintos tipos reconocidos, como del área afectada y de la peligrosidad de los movimientos observados.

El riesgo de inundaciones, se ha circunscrito a los distintos arroyos y barrancos del área, así como los diversos conos de deyección, intentando cuantificar aquellas zonas donde previsiblemente pueden sufrir estas catástrofes.

El riesgo sísmico se ha enfocado en orden a caracterizar los distintos parámetros sísmicos para aplicarlos a las diferentes estructuras a construir en el área y así intentar minimizar los efectos destructivos, toda vez que se sabe con certeza que tarde o temprano se producirá un sismo de elevada intensidad.

Otros tipos posibles de riesgos geológicos como pueden ser el riesgo de subsidencia, riesgo eólico en cuanto a erosión y aterramientos, riesgo volcánico, etc., no han

sido considerados ya que no son, en principio, posibles se produzcan en el tramo estudiado.

5.1. RIESGO DE INESTABILIDAD DE LADERAS

Los deslizamientos de ladera, o movimientos gravitacionales, son impredecibles en el tiempo, por cuanto no es fácil conocer previamente, ni el volúmen removilizado ni el momento de su movilización. No obstante si son diferenciables aquellas zonas o sectores con riesgo, a través de una serie de factores desencadenantes del proceso que hacen aumentar la probabilidad de que se produzca el movimiento.

Entre dichos factores principales pueden citarse, la saturación del suelo tras lluvias intensas (que hacen rebajar la cohesión), el zapado basal de torrentes y ríos, (que rebasa el ángulo de rozamiento del material), la intensidad de la fracturación de una roca, la anisotropía de los materiales, etc., y en general, cualquier factor que de una u otra forma modifique las condiciones de equilibrio del sistema.

Los distintos tipos de deslizamientos se han analizado en el apartado correspondiente a movimientos en masa del capítulo de Geomorfología. Debe sólo comentarse que en el entorno de la población existen determinadas áreas, las cuales sufren procesos de reptación, como es la situada a unos 1.500 m al oeste de Montefrío en la margen izquierda del arroyo de la Fuente Molina dispuesta fuera ya del territorio estudiado. (Ver fig. 6).

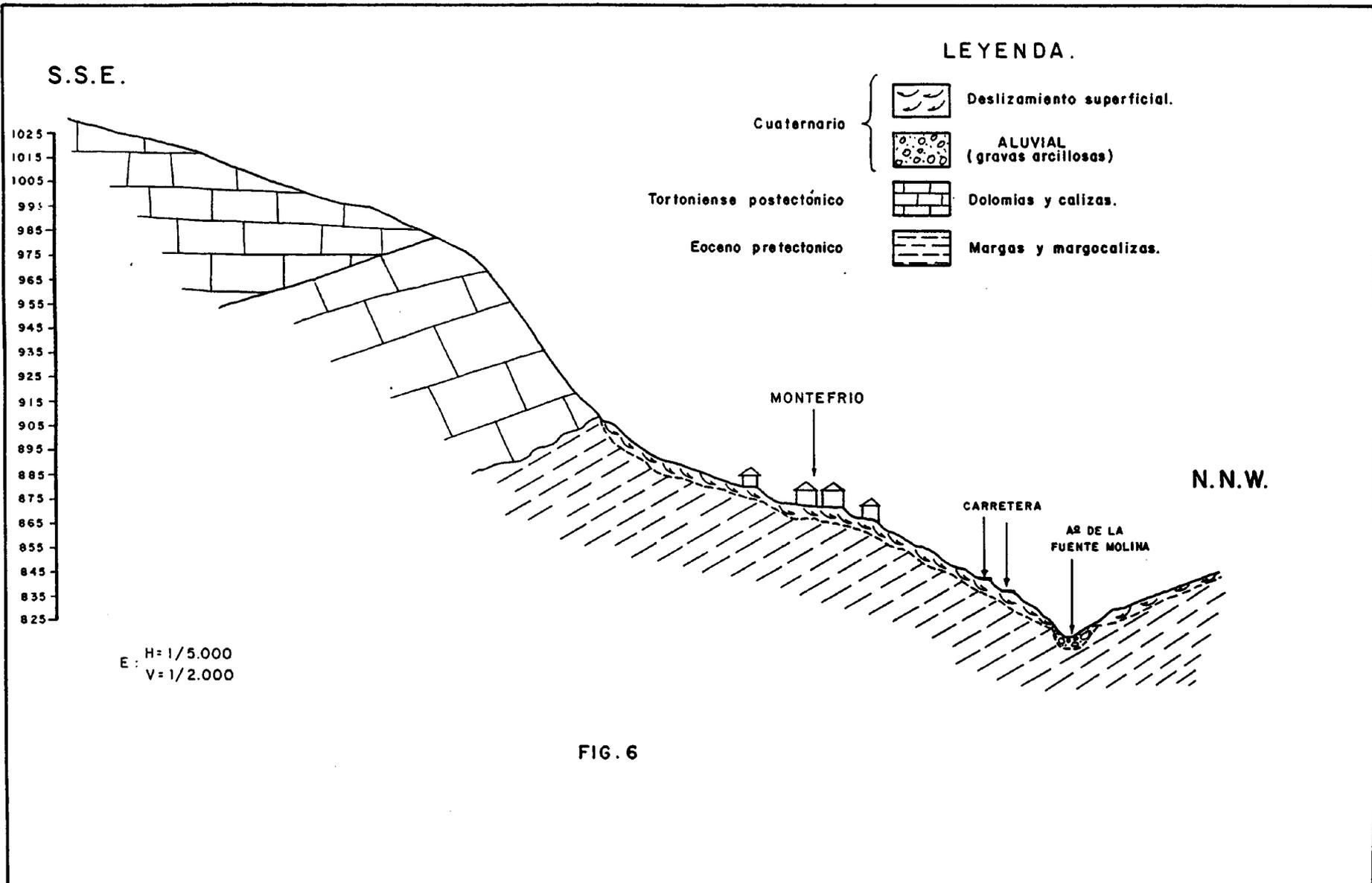


FIG. 6

5.1.1. Análisis geotécnico de los problemas de inestabilidad

a) Desprendimientos del Tortoniense (ver fig. 5)

Afectan a las calizas y calcarenitas del macizo situado al sur y al sureste de la localidad, en unos cortados de alturas entre 8 y 20 m.

La génesis de estos desprendimientos se debe fundamentalmente a la erosión por infiltración a favor de las fracturas naturales del macizo, eventualmente abiertas por fenómenos sísmicos o movimientos de tectónica reciente, e incluso por la progresiva descompresión de las laderas.

Esta erosión arrastra las zonas menos cementadas de las calcarenitas y produce la degradación progresiva del macizo. El fenómeno se ve agravado en las zonas de concentración de la escorrentía de la parte superior de los taludes o en las zonas afectadas por socavación antrópica, excavaciones, cuevas, etc.

Los desprendimientos de grandes cuñas o balmas se originan al quedar éstas separadas por fracturas abiertas y apoyadas únicamente en una estrecha base con importante concentración de tensiones. Estas se ven incrementadas por la excentricidad de las cargas y las presiones de agua en las discontinuidades verticales.

b) Deslizamientos del Tortoniense (fig. 4)

Corresponden a una zona al sur de la localidad donde la ejecución de una carretera ha cortado la formación miocena con taludes subverticales, descalzando la ladera.

Dada la fuerte pendiente de la misma ($\sim 30-50^\circ$) el corte al pie ha producido una concentración de tensiones importante así como la apertura de cuñas de rotura que dan lugar a escarpes escalonados por lo que se favorece la infiltración del agua.

La resistencia de las calcarenitas inalteradas es bastante elevada, con

$$c' = 1 - 5 \text{ Kp/cm}^2$$

$$\phi' = 28^\circ - 32^\circ$$

Ello explica el mantenimiento en el frente de taludes superiores a 60° , con alturas de 6 - 8 m.

Sin embargo la fracturación en profundidad y la concentración de tensiones ha favorecido el desarrollo de roturas progresivas arrancando desde el pie del talud; según el esquema mixto que se indica en la fig. 4.

Una vez fracturado verticalmente el macizo, la resistencia desciende al valor residual de ϕ' , con pérdida progresiva de la cohesión hasta que se inicia el movimiento de bloques.

Al ser ϕ' res muy próximo a la inclinación media de la ladera la estabilidad es muy precaria y puede verse afectada periódicamente por las condiciones del agua infiltrada.

c) Deslizamientos superficiales del casco urbano (fig. 3)

Se producen en las laderas que dan al Arroyo de Fuente Molina y obedecen a fenómenos diversos.

En unos casos se trata de acumulaciones de rellenos y derrubios que no soportan las fuertes pendientes de vertido y fluyen al saturarse.

En otros casos, los más frecuentes, lo que desliza es la capa superficial, más alterada y degradada de la formación margosa miocena.

En estado inalterado estas margas, de plasticidad media a baja ($W_L \approx 40$) poseen unos parámetros de resistencia del orden siguiente:

$$c' = 1 - 2 \text{ t/m}^2$$

$$\phi' = 22^\circ - 26^\circ$$

Sin embargo al alterarse por ciclos sucesivos de humedad-sequedad la resistencia desciende a valores residuales del tipo:

$$c'_{\text{res}} = 0$$

$$\phi'_{\text{res}} = 20^\circ - 22^\circ$$

Se comprende por tanto que, si en estado inalterado un talud de unos 15 m de altura podría mantenerse con $\alpha = 30^\circ - 35^\circ$ (valores de algunas laderas naturales de la zona), poseyendo un coeficiente de seguridad de

$$F = 1,3$$

(según ábacos de Hoek y Bray, para $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$ y talud sin agua), en cuanto la resistencia descienda a los valores residuales dicho talud será inestable.

5.2. RIESGO DE INUNDACIONES

El riesgo de inundación, derivado de una crecida en los niveles de agua, se circunscribe a los distintos arroyos y torrentes presentes en el entorno inmediato del pueblo, así como a las áreas consideradas impermeables de la zona este de aquél, debido al efecto de la arroyada laminar no encauzada.

En este sentido, destacan las áreas inundables del arroyo de La Fuente Molina, al norte del pueblo, y con trama roja en el mapa correspondiente de riesgos.

Así mismo, son áreas inundables los distintos conos de deyección del tramo, debido a que pueden cambiar de curso los distributarios principales.

El torrente situado al sur de la población también presenta una superficie inundable a lo largo del mismo. Los puentes que cruzan a éste, son en su gran mayoría insuficientes para dejar pasar crecidas importantes, con lo cual estas obras de paso, actuarán como represas cuando éstas se taponen, aumentando la superficie de inundación aguas arriba de las mismas, y mayorando los efectos destructivos aguas abajo cuando se desmorone la represa, aumentando tanto el área de inundación, como las cotas alcanzadas, toda vez que la onda de crecida subirá a mayor altura.



MAPA DE RIESGOS
MONTEFRIO
ESCALA 1 / 5.000

LEYENDA

AREAS CON ALTO RIESGO DE INESTABILIDAD:



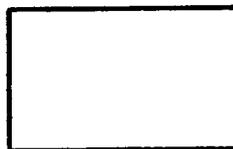
FORMACIONES POTENCIALMENTE INESTABLES CON MORFOLOGIA MUY ACUSADA. Las pendientes sobrepasan el ángulo de equilibrio para la formación saturada en el caso de deslizamientos, las cornisas son frecuentes y profundas en el caso de desprendimientos. También incluye las zonas de inundación torrencial y los conos de deyección con riesgo de aterramiento.

AREAS CON RIESGO MEDIO DE INESTABILIDAD:



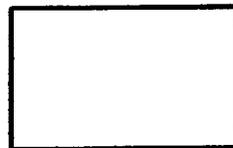
FORMACIONES POTENCIALMENTE INESTABLES CON MORFOLOGIA ACUSADA. Las pendientes están próximas o localmente sobrepasan el ángulo de equilibrio propio por lo que una ligera modificación es suficiente para desencadenar la inestabilidad. Incluye también áreas de riesgo de inundación secular.

AREAS DE INESTABILIDAD POTENCIAL:



FORMACIONES POTENCIALMENTE INESTABLES CON MORFOLOGIA MUY SUAVE. Pueden inestabilizarse si se produce en ellas una notable transformación morfológica con claro aumento de la pendiente.

AREAS ESTABLES:



FORMACIONES ROCOSAS SIN PENDIENTES PRONUNCIADAS.

5.3. RIESGO SISMICO

Es conocido el hecho, de que la provincia de Granada presenta, junto con otras regiones como Almería, Murcia, Alicante y Pirineos, la mayor intensidad sísmica de toda la península.

El seismo más importante sufrido por la ciudad fue el llamado terremoto de Andalucía del año 1884 con epicentro en Arenas del Rey junto con el terremoto de Lisboa del año 1755.

El riesgo de sufrir un terremoto catastrófico de alta intensidad (\geq VII) es muy elevado en el área de Montefrío.

Consecuentemente aunque no pueda evitarse el efecto sísmico, sí debería tomarse en consideración la Norma Sismorresistente en cuanto a evitar en lo posible, daños a las estructuras a construir.

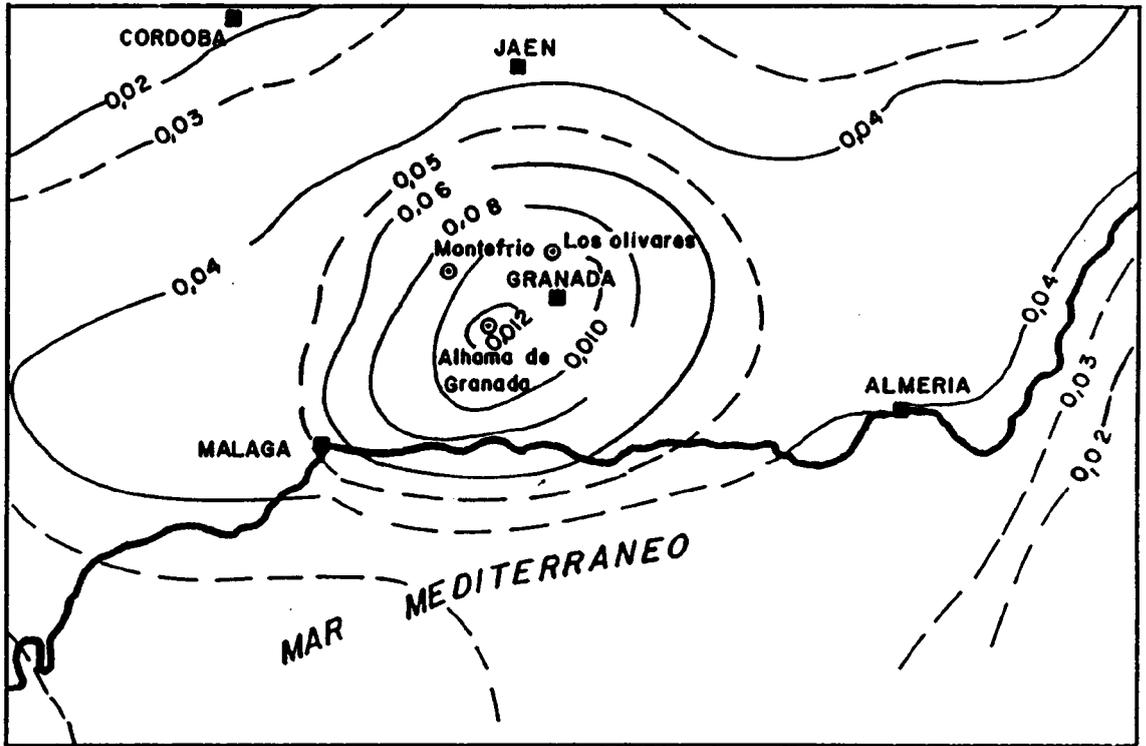
En este sentido, los parámetros característicos con que pueda contarse para un sismo de grado IX (máximo previsible en este área) son los siguientes:

Velocidad	24,0 cm/sg
Aceleración	301,4 cm/sg ²
Desplazamiento	1,91 cm

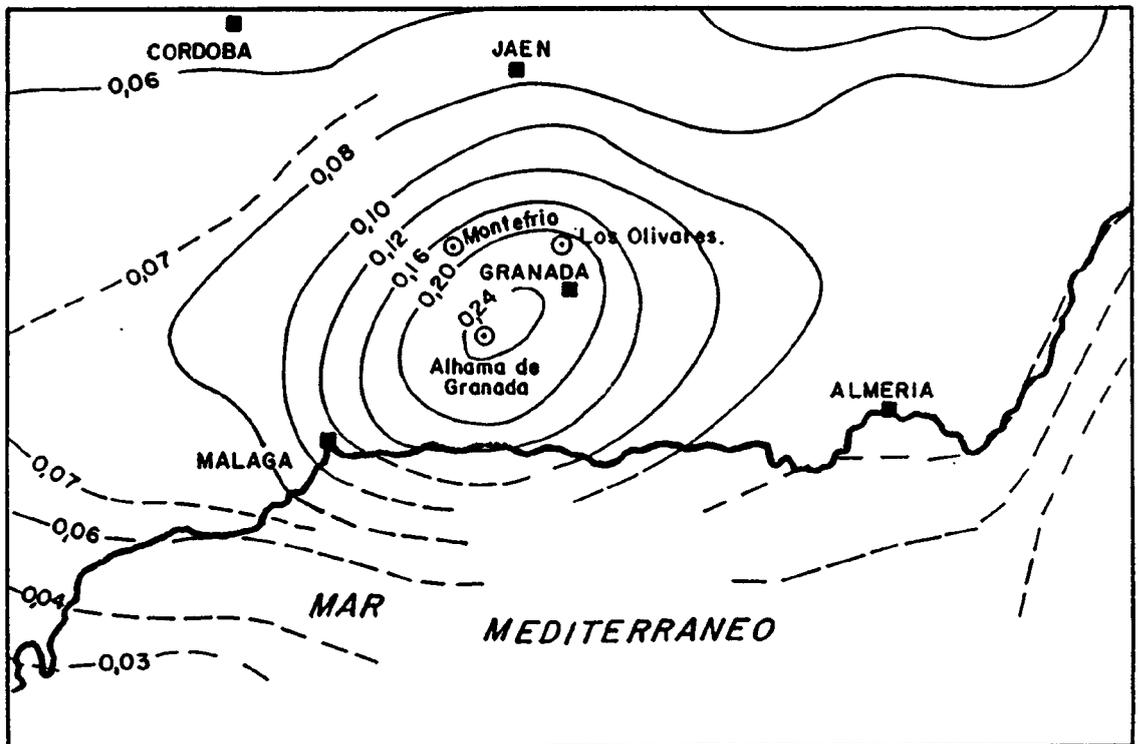
Para un período $T = 0,5$ sg el coeficiente sísmico básico (c) correspondiente será:

$$c = 0,30$$

Por otra parte, en los esquemas adjuntos tomados de la comisión encargada de la redacción de la futura Norma Sismorresistente, (in litt), se reflejan las curvas de aceleraciones horizontales para períodos de retorno de (T) de 100 y 500 años, en donde se denota que la probabilidad, en el entorno de Montefrío, de sufrir un terremoto de intensidad mayor de VII cada 100 años, es de uno.



PERIODO DE RETORNO 100 años
 PROBABILIDAD ANUAL 0,001



PERIODO DE RETORNO.. 500 años
 PROBABILIDAD ANUAL ..0,002

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del estudio realizado en el sector del pueblo de Montefrío y alrededores, y analizados los datos climáticos, geomorfológicos, geológicos, geotécnicos, hidrogeológicos, etc., se ha realizado un mapa de riesgos geológicos del área, en el cual quedan reflejados un conjunto de zonas de distinta peligrosidad en cuanto a su estabilidad. Este mapa puede ser útil para la ordenación territorial del municipio desde el punto de vista geomorfológico y geológico del sector afectado.

Se han detectado un conjunto de áreas localizadas, con desprendimientos o deslizamientos, en donde se ha recomendado realizar medidas de tipo estructural, (colocación de un muro gunitado del frente del deslizamiento previo saneo del mismo, bulonado, realización de drenes horizontales, etc.).

Para determinar las medidas estructurales a realizar, se recomienda efectuar un análisis exhaustivo de las áreas inestables, con realización de sondeos, investigación geofísica, ensayos de laboratorio, etc., con el fin de determinar los parámetros reales de los distintos materiales afectados por dichas áreas.

Por otra parte, se han recogido en diversas tablas, los distintos terremotos sufridos por el área, en orden a intentar determinar el riesgo sísmico de la zona, siendo

uno de los más altos de la Península y que puede originar una aceleración de los procesos de inestabilidad ya iniciados.

N I V A R

- INDICE -

1.- INTRODUCCION

2.- CLIMATOLOGIA

3.- GEOLOGIA

3.1. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL

3.2. ESTRATIGRAFIA

3.2.1. Sustrato Bético

3.2.1.1. Alpujárride (Trías Medio-Superior)

3.2.1.2. Maláguide (Paleozoico)

3.2.2. Materiales Neógenos-Cuaternarios, Depresión de Granada

3.2.2.1. Calizas, Calcilutitas y Arenas. (Mioceno Superior)

3.2.2.2. Arcillas rojas y conglomerados (Turolense terminal-Límite Pleistoceno Medio Superior)

3.2.2.3. Calizas y margocalizas lacustres. (Límite Pleistoceno Medio Superior-Pleistoceno Superior indiferenciado)

3.2.2.4. Brechas de pendiente. (Pleistoceno Superior)

3.2.2.5. Bloques

3.2.2.6. Travertinos

3.2.2.7. Derrubios recientes (Holoceno)

3.2.2.8. Suelos

3.2.2.9. Materiales deslizados

3.3. TECTONICA-SISMICIDAD

3.4. GEOMORFOLOGIA

3.4.1. Introducción

3.4.2. Dinámica de vertientes

3.4.3. Movimientos en masas

3.4.3.1. Deslizamientos de carácter rotacional

3.4.3.2. Deslizamientos de carácter solifluidal

4.- AREAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS

4.1. ANTECEDENTES

4.2. AREAS CRITICAS

4.3. ANALISIS GEOTECNICO

5.- ESTUDIO DE RIESGOS

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.- BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCION

La localidad de Nívar, según el último censo realizado el 1 de Abril de 1986, cuenta con una población permanente de 492 habitantes, que se incrementa en los meses de verano hasta una cifra que ronda los 700 habitantes, dado el carácter vacacional de la zona. El pueblo, en sí es de reducidas proporciones, si bien sus alrededores, y especialmente el borde de la Sierra de la Yedra, se encuentran bastante habitados, con viviendas aisladas, de poca alzada y zonas en vías de urbanización turística. La economía básica consiste en el aprovechamiento del suelo para la agricultura de regadío y el cultivo del olivar.

El presente informe tiene por objeto establecer una infraestructura geológica básica, para la prevención de riesgos de inestabilidad de vertientes, que puedan poner en peligro, tanto al pueblo en sí, como a las áreas próximas habitadas, así como a sus comunicaciones y vías de acceso.

Es de resaltar nuestro agradecimiento a la Excelentísima Diputación de Granada, por el apoyo recibido, entre el que cabe destacar la base topográfica, usada para las cartografías.

Igualmente es de agradecer la información desinteresada remitida por el Real Observatorio de la Cartuja, sobre la red sísmica de Granada.

Los datos geotécnicos empleados en los cálculos de estabilidad, han sido gentilmente aportados por Geotécnica del Sur S.A., dada su experiencia de trabajo en la zona, al no realizarse para este estudio análisis de laboratorio de los materiales involucrados.

2. CLIMATOLOGIA

En el tipo de materiales que ocupan nuestra área estudiada es de resaltar, la gran afinidad de absorción de agua sobre todo, en periodos de lluvias que siguen a periodos de sequedad, en los que son frecuentes la producción de grietas de desecación, en ocasiones profundas y que aumenta de modo considerable, el poder de infiltración.

A partir de los datos disponibles se pueden señalar ciertas situaciones anómalas en la distribución anual de las precipitaciones. Existen intervalos desde uno a cuatro meses en los que el valor total de lluvias excede a valores de todo un año, como puede verse en las tablas adjuntas en los que resaltan los periodos de Mayo de 1959, Marzo de 1960, Febrero y Diciembre de 1963 y Enero de 1970 donde las precipitaciones registradas excedieron de 200 l/m², para una región donde la media se sitúa en una cifra que ronda los 500 l/m² año.

NIVAR. PRECIPITACIONES EN mm.

	<u>1.950</u>	<u>1.951</u>	<u>1.952</u>	<u>1.953</u>	<u>1.954</u>	<u>1.955</u>	<u>1.956</u>	<u>1.957</u>
E	40,9	124,0	-	37,0	17,1	116,8	57,1	64,0
F	43,4	126,4	18,8	20,5	63,3	114,9	31,0	37,7
Mz	17,7	83,7	32,8	-	118,7	31,2	78,8	51,6
A	44,3	45,3	-	19,3	57,1	22,2	172,3	82,9
My	105,4	37,8	123,9	6,6	17,3	1,3	11,7	85,6
Jn	0,0	3,5	-	2,4	1,5	10,7	8,7	15,9
Jl	0,0	0,0	15,9	2,4	-	-	0,0	1,2
A	46,7	0,0	61,0	0,0	-	2,4	7,4	0,0
S	29,8	77,8	2,2	16,2	0,0	9,0	32,5	7,3
O	51,5	15,3	45,1	58,0	5,5	72,6	9,2	63,8
N	32,9	140,0	57,8	4,8	67,3	32,2	23,4	72,3
D	<u>122,6</u>	<u>14,2</u>	<u>111,6</u>	<u>85,5</u>	<u>84,6</u>	<u>80,0</u>	<u>34,4</u>	<u>69,0</u>
	535,2	623,0	469,1	252,8	432,4	501,3	466,5	551,3

	<u>1.958</u>	<u>1.959</u>	<u>1.960</u>	<u>1.961</u>	<u>1.962</u>	<u>1.963</u>	<u>1.964</u>	<u>1.965</u>
E	43,2	-	68,4	33,6	27,4	123,3	7,6	41,9
F	27,8	55,3	124,3	0,0	31,8	204,2	-	32,9
Mz	75,8	41,9	250,1	9,4	124,0	19,2	43,3	45,5
A	76,4	42,9	45,6	35,1	51,1	47,1	39,0	9,3
My	6,3	204,6	13,7	29,5	43,1	80,6	0,6	7,8
Jn	-	0,0	15,6	30,9	9,2	21,2	34,4	12,5
Jl	0,0	-	0,0	0,0	-	0,7	0,0	0,0
A	1,6	10,5	0,0	0,0	1,5	1,8	2,9	0,7
S	1,3	31,5	3,4	48,0	3,6	78,3	0,0	85,2
O	-	56,5	-	12,7	164,8	15,3	10,1	53,7
N	13,3	42,2	52,2	117,9	132,5	106,1	57,6	105,5
D	<u>173,8</u>	<u>106,7</u>	<u>98,5</u>	<u>118,8</u>	<u>-</u>	<u>294,5</u>	<u>261,7</u>	<u>443,7</u>

	<u>1.966</u>	<u>1.967</u>	<u>1.968</u>	<u>1.969</u>	<u>1.970</u>	<u>1.971</u>	<u>1.972</u>	<u>1.973</u>
E	98,4	22,1	0,0	116,5	246,8	87,4	84,1	59,1
F	52,8	56,0	111,0	95,8	5,0	12,3	79,4	18,1
Mz	0,0	37,4	69,7	84,4	69,9	110,9	66,7	42,0
A	51,2	44,9	65,7	51,8	43,1	90,8	19,1	25,7
My	27,4	29,5	16,4	50,2	24,2	111,6	53,7	63,0
Jn	9,1	-	22,8	15,9	34,1	11,2	17,8	126,5
Jl	0,0	0,0	0,3	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0
A	0,0	0,0	5,3	10,7	0,0	0,0	0,4	2,6
S	28,0	0,0	1,8	51,3	0,0	17,4	30,2	0,0
O	76,3	35,5	0,0	102,8	20,1	0,3	116,5	68,8
N	18,5	104,5	148,4	59,0	33,0	42,8	27,6	20,4
D	<u>0,0</u>	<u>5,8</u>	<u>117,0</u>	<u>59,7</u>	<u>21,4</u>	<u>25,4</u>	<u>37,5</u>	<u>89,6</u>
	361,7	335,7	558,4	702,2	497,6			

	<u>1.974</u>
E	32,7
F	50,2
Mz	28,9
A	112,4
My	11,1
Jn	50,1
Jl	0,0
A	31,8
S	39,8
O	35,8
N	18,6
D	<u>0,9</u>

Promedio años 1950 a 1970 - 504,92 l/m2

CALICASAS PRECIPITACIONES EN mm

	<u>1.950</u>	<u>1.951</u>	<u>1.952</u>	<u>1.953</u>	<u>1.954</u>	<u>1.955</u>	<u>1.956</u>	<u>1.957</u>
E	-	-	-	-	-	149,2	-	-
F	29,2	92,5	-	-	-	146,4	-	-
Mz	-	82,5	-	14,0	-	-	-	-
A	29,2	-	-	-	-	7,3	91,3	-
My	89,6	28,9	85,9	-	-	-	-	35,1
Jn	-	-	-	-	-	-	-	-
Jl	-	-	-	-	-	14,6	-	0,0
A	-	-	50,0	-	-	-	-	-
S	29,5	-	-	-	-	9,6	-	0,0
O	-	15,4	32,5	45,1	-	-	-	-
N	-	-	-	-	-	-	-	38,2
D	<u>74,0</u>	<u>-</u>	<u>80,6</u>	<u>74,3</u>	<u>71,0</u>	<u>97,3</u>	<u>23,2</u>	<u>67,6</u>
	251,5	219,3	249,0	133,4	71,0	424,4	114,5	140,9
	<u>1.958</u>	<u>1.959</u>	<u>1.960</u>	<u>1.961</u>	<u>1.962</u>	<u>1.963</u>	<u>1.964</u>	<u>1.965</u>
E	15,2	43,0	75,0	-	30,4	130,4	0,0	61,2
F	-	50,0	162,4	0,0	38,8	133,7	-	33,3
Mz	59,5	20,5	263,3	0,0	-	0,0	-	42,2
A	-	24,3	17,3	-	-	41,2	-	0,0
My	-	83,0	0,0	36,5	-	52,7	-	0,0
Jn	21,5	0,0	-	15,2	0,0	50,5	-	11,5
Jl	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0
A	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	30,0	0,0
S	-	2,0	0,0	18,8	0,0	30,2	0,0	-
O	10,0	-	174,8	19,5	191,6	-	0,0	76,2
N	0,0	37,0	54,8	117,9	84,0	168,9	69,1	99,4
D	<u>173,5</u>	<u>104,3</u>	<u>44,0</u>	<u>119,6</u>	<u>134,9</u>	<u>227,5</u>	<u>66,7</u>	<u>29,7</u>
	279,7	364,1	791,6	387,5	479,7	835,1	165,8	366,2

Promedio años 1958 a 1967 - 431,48 l/m2

	<u>1.966</u>	<u>1.967</u>	<u>1.968</u>	<u>1.969</u>	<u>1.970</u>	<u>1.971</u>	<u>1.972</u>	<u>1.973</u>
E	113,1	49,1	0,0	114,3	330,0	125,3	183,3	50,8
F	83,6	50,1	-	142,8	5,0	20,5	181,8	27,2
Mz	0,0	39,0	84,6	119,0	-	81,0	154,4	36,8
A	57,2	-	66,8	30,8	52,8	200,8	8,4	23,5
My	28,9	-	17,0	58,0	30,0	144,9	182,0	114,5
Jn	6,7	-	-	-	39,0	10,5	21,0	205,5
Jl	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0
A	0,0	-	-	0,0	0,0	10,0	0,0	10,0
S	0,0	0,0	0,0	120,0	0,0	15,0	33,0	0,0
O	62,5	-	0,0	60,6	11,0	0,0	180,9	56,3
N	28,2	126,7	-	67,2	23,0	12,6	33,0	-
D	<u>0,0</u>	<u>-</u>	<u>115,6</u>	<u>69,6</u>	<u>58,0</u>	<u>70,6</u>	<u>-</u>	<u>109,7</u>
	380,2	264,9	284,0	782,3	548,8	691,2	1046,4	381,5

1974

E	40,0
F	60,0
Mz	67,0
A	185,0
My	0,5
Jn	40,3
Jl	0,0
A	0,0
S	0,0
O	27,9
N	15,5
D	<u>-</u>
	435,7

Promedio años 1979 a 1970 - 665,55 1/m2

3. GEOLOGIA

3.1. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL

El área estudiada se encuentra en el Sector nororiental de la Depresión de Granada, en el contacto de ésta con los materiales del Sustrato Bético.

La Depresión de Granada, constituye una cuenca intramontañosa rellena de materiales marinos en la base que pasan paulatinamente a continentales, y comprendida entre el Mioceno Medio Superior y la actualidad. En nuestro sector aparecen únicamente sedimentos continentales, no aflorando los términos marinos subyacentes.

El Sustrato Bético, está constituido por dos grandes dominios estructurales: el Complejo Alpujárride, esencialmente dolomítico y el Complejo Maláguide, mayoritariamente de carácter detrítico. Tanto en uno como en otro caso, nuestros afloramientos sólo muestran parte de las series tipo de estos Complejos.

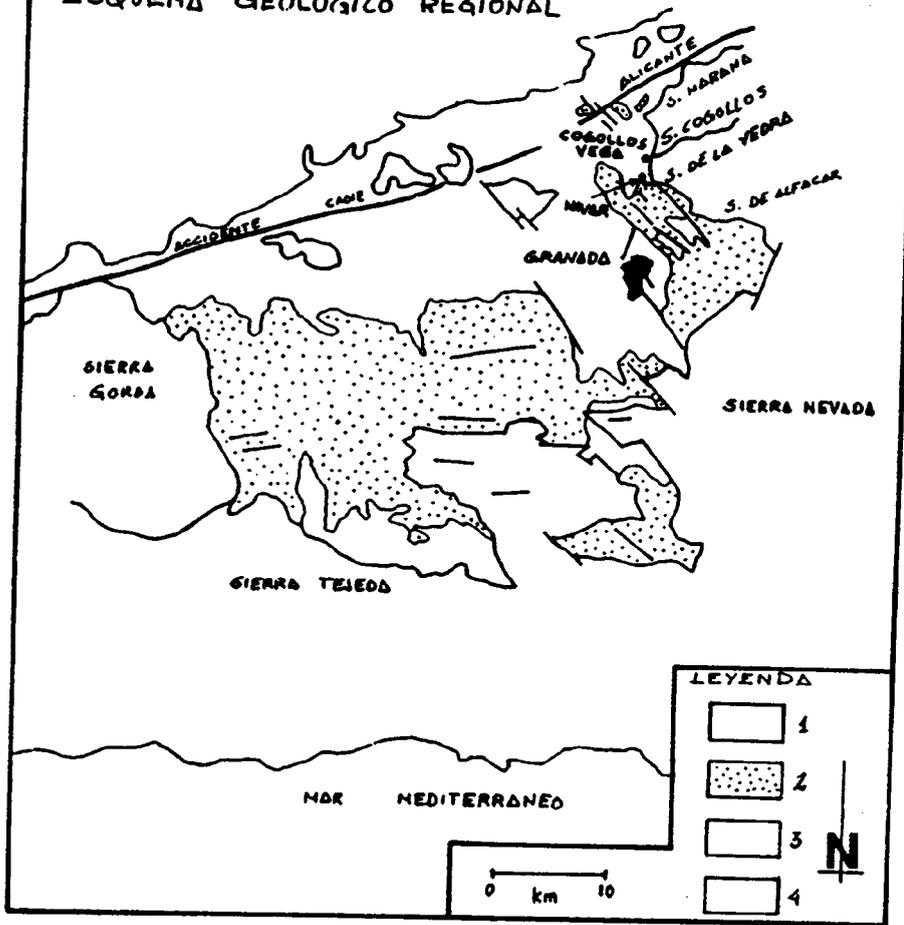
3.2. ESTRATIGRAFIA

La figura adjunta muestra a modo de síntesis la sucesión litológica completa del sector estudiado y que son descritos a continuación.

3.2.1. Sustrato Bético

3.2.1.1. Alpujárride (Trías Medio-Superior)

ESQUEMA GEOLOGICO REGIONAL



Aflora aproximadamente a 1 km al Este de Nívar, en las estribaciones orientales de la Sierra de la Yedra. Está constituido de forma mayoritaria por dolomías grises de aspecto brechoide, bien estratificadas. Su potencia es difícil de precisar dado que en nuestro sector sólo aflora parte del conjunto. No obstante, es presumible que superen los 300 m de serie dolomítica. FOUCAULT (1976) definió estas dolomías como Unidad de la Alfaguara.

3.2.1.2. Maláguide (Paleozoico)

Se encuentra situado al norte del Conjunto Alpujárride, sobre el que cabalga.

Litológicamente está constituido por limolitas rojas y violáceas; localmente presenta niveles metapelíticos alternantes con calizas grises alabeadas. En base a la división del Conjunto Maláguide establecida por GARCIA DUEÑAS y NAVARRO VILLA (1976), los afloramientos que aparecen en nuestro sector corresponderían a la Unidad 2, de edad Devónico-Trías?.

La potencia de los afloramientos es métrica.

3.2.2. Materiales Neógenos-Cuaternarios, Depresión de Granada

3.2.2.1. Calizas, Calcilutitas y Arenas. (Mioceno Superior)

En esta apartado se recogen dos conjuntos lacustres coetáneos que se corresponden entre sí por cambios de facies laterales, dentro de la misma cuenca.

Conjunto A).- Constituido por la alternancia centimétrica de calizas oquerosas con limos micáceos grises. Localmente se presentan facies mixtas (calcilutitas oscuras) finamente laminadas y con abundantes gasterópodos, óxidos de hierro y niveles centimétricos enriquecidos en materia orgánica.

Un buen corte de este conjunto se observa en el Sur de Nívar, en el escarpe sobre el que se asienta esta localidad.

A medida que nos desplazamos hacia el Este, esta serie (Conjunto A) pasa a presentar un mayor contenido en elementos detríticos groseros pudiéndose definir otro conjunto equivalente en el espacio y en el tiempo pero de facies diferentes que denominamos Conjunto B.

Conjunto B).- Está compuesto por margas claras con yeso entre las que se intercalan lechos de arenas y gravas del orden métrico. Los niveles margosos no presentan buenos afloramientos. Los detríticos, con afloramientos de mejor calidad, presentan laminación horizontal y oblicua y son frecuentes las tonalidades rojizas que adquieren de forma local los materiales de este tramo.

Ambos conjuntos, se pueden correlacionar regionalmente a las Calizas de Páramo, y corresponderían al cambio lateral de facies de borde. Sus afloramientos transcurren a lo largo de una cota topográfica, siempre debajo de unos característicos términos rojos suprayacentes. Su edad por criterios de correlación a escala regional, corresponde al Turoliense Superior (Mioceno Superior Continental).

La potencia total de estos conjuntos excede de los 60 m.

3.2.2.2. Arcillas rojas y conglomerados (Turolense terminal -Límite Pleistoceno Medio Superior)

Este nuevo tramo destaca en el paisaje por su típica coloración roja. Está compuesto de forma mayoritaria por arcillas y limos arenosos rojos con intercalaciones conglomeráticas.

En las facies arcillosas es constante la presencia de paleosuelos rojos-ocres, responsables del color del conjunto, y de esporádicos niveles margosos carbonatados. Los niveles detríticos, de escasa continuidad lateral, muestran un predominio de gravas y arenas gruesas canalizadas con muros erosivos y estructuras de acreción lateral (epsilon cross-bedding).

A escala local la transición con los materiales infra-yacentes parece ser conforme, pero las observaciones efectuadas por FERNANDEZ y SORIA (1986) han llevado a una ruptura estratigráfica a la base de este conjunto.

La potencia, si bien muy variable de unos puntos a otros, puede estimarse entre 20 y 70 m. en función de la proximidad a los bordes de la cuenca.

3.2.2.3. Calizas y margocalizas lacustres. (Límite Pleistoceno Medio Superior-Pleistoceno Superior indiferenciado)

Sobre el tramo anterior aparecen una serie de afloramientos calizos aislados que resaltan por su coloración clara y relieve en el paisaje. Se trata de calizas micríticas grises y margocalizas blancas en conjunto muy cementadas. La estratificación es buena y los espesores medios de los bancos oscila entre los 10 y 40 cm. aumentando de forma sensible hacia el techo del conjunto, hasta llegar a alcanzar valores que superan los 2 m de potencia.

En detalle se presentan facies de calizas micríticas con cantos negros, calizas oncolíticas, niveles de oncoides redepositados, calizas travertínicas, margocalizas con gasterópodos, etc. y toda una gama de facies lacustres intermedias entre los tipos antes expuestos.

Este conjunto llega a superponerse sobre el sustrato Alpujárride, lugar donde la estructura interna de los estratos muestra un dispositivo en discordancia progresiva, ESTEVEZ y SANZ DE GALDEANO (1983). Este hecho no se aprecia hacia el interior de la cuenca, donde los materiales infrayacentes a este conjunto son los descritos en el epígrafe 3.2.2.2.

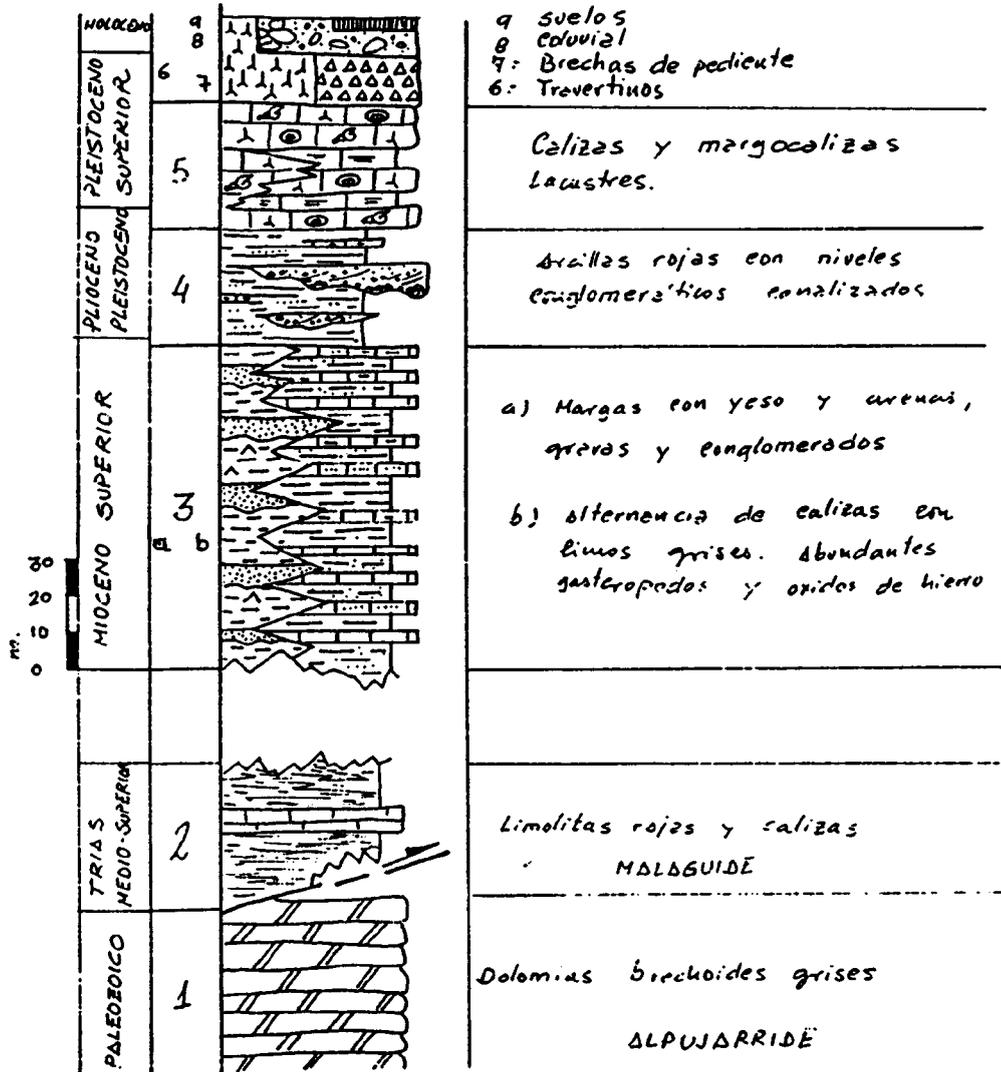
La potencia media de este conjunto oscila en torno a los 30 m.

Con estos materiales lacustres termina el relleno y colmatación de la cuenca; los que describimos a continuación están relacionados con la dinámica erosiva reciente y actual evacuación de la misma.

3.2.2.4. Brechas de pendiente. (Pleistoceno Superior)

Afloran siempre en relación con los relieves de las formaciones carbonatadas alpujárrides. Se trata de auténticas brechas en las que se observa una alternancia decimétrica de niveles con diferente proporción de matriz fina. Los tipos granulométricos extremos serían de un lado las brechas autosoportadas (clast-supported), con matriz minoritaria o sin ella (openwork), y de otro las brechas soportadas por la matriz (Gms-Gravel matrix supported) o bien niveles exclusivamente integrados por matriz fina.

Columna Estratigráfica de los materiales aflorantes.



La génesis de estos depósitos estaría en relación con las oscilaciones climáticas del Pleistoceno Superior en nuestra región. Serían el producto de una degradación termocrioclástica de escarpes, en ocasiones activos, de roca gelivable.

3.2.2.5. Bloques

Con esta denominación, se recogen ciertos afloramientos, cuyo aspecto exterior es desorganizado y caótico y sin conexión entre ellos.

Están en relación con porciones deslizadas de rocas compactas, que han sufrido una fracturación, posiblemente durante el movimiento.

Merece entresacar el ejemplo que nos muestra el afloramiento estudiado en el sector A. En este caso los fragmentos pueden alcanzar la decena de metros cúbicos. Estos bloques en su mayoría están constituidos por calizas lacustres (3.2.2.3.) y por brechas muy cementadas de estas mismas calizas.

Sobre el origen de estas últimas brechas existe la posibilidad de que se traten en su origen de alguna formación detrítica grosera, nutrida a expensas de los afloramientos calizos que originariamente orlaban el borde de la cuenca.

Su edad, sería posterior a la edad de las calizas lacustres, si bien, es difícil de relacionar con la de las brechas o con la de los travertinos.

Otros afloramientos menores de bloques se nos muestran en el sector D. En este caso, son de naturaleza exclusivamente calizos y están en relación con procesos graviclásticos que destruirían parcialmente los escarpes de calizas, producto del propio deslizamiento.

3.2.2.6. Travertinos

Se trata de masas travertínicas-detríticas relacionadas con drenajes actuales o subactuales de los macizos carbonatados del borde Este del sector estudiado.

En el extremo nororiental de la cartografía, se observa como bordean el sustrato Alpujarride, donde se ubican varias surgencias actualmente activas.

3.2.2.7. Derrubios recientes (Holoceno)

Se trata de depósitos coluviales muy desorganizados que muestran elementos de cualquiera de las litologías antes expuestas, incluyendo travertinos y suelos. Si se representaran cartográficamente en su totalidad, abarcarían más del 90% del área estudiada, por lo que se han separado sólo aquellos afloramientos con cierto espesor o bien cuando recubren e impiden la observación del material subyacente.

En otras ocasiones parecen estar en relación con los propios deslizamientos, siendo la porción desorganizada de un movimiento en masa.

3.2.2.8. Suelos

Al igual que ocurría en el apartado anterior, los suelos actuales se sitúan sobre cualquier término de la serie, allí donde la topografía sea adecuada. Se trata de suelos rojos que en ocasiones hacen difícil su separación del tramo descrito en el apartado 3.2.2.2.

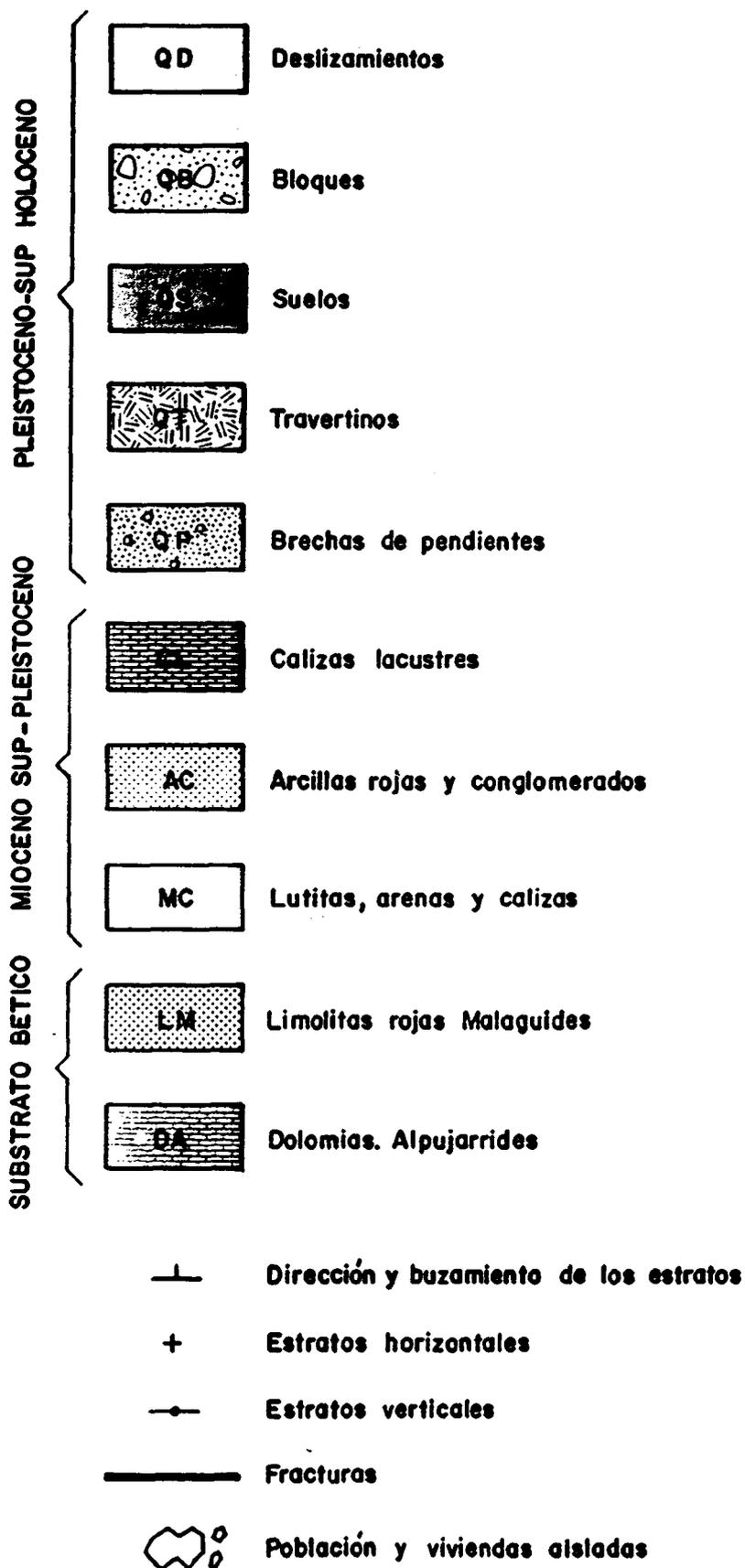


**MAPA GEOLOGICO
(NIVAR)**

ESCALA 1/5.000

LEYENDA MAPA GEOLOGICO

- NIVAR -



3.2.2.9. Materiales deslizados

Se presentan con una gran difusión en el área estudiada. Se trata de movimientos en masas fundamentalmente rotacionales que han remodelado notablemente gran parte del área. Serán tratados de forma específica en el apartado de geomorfología.

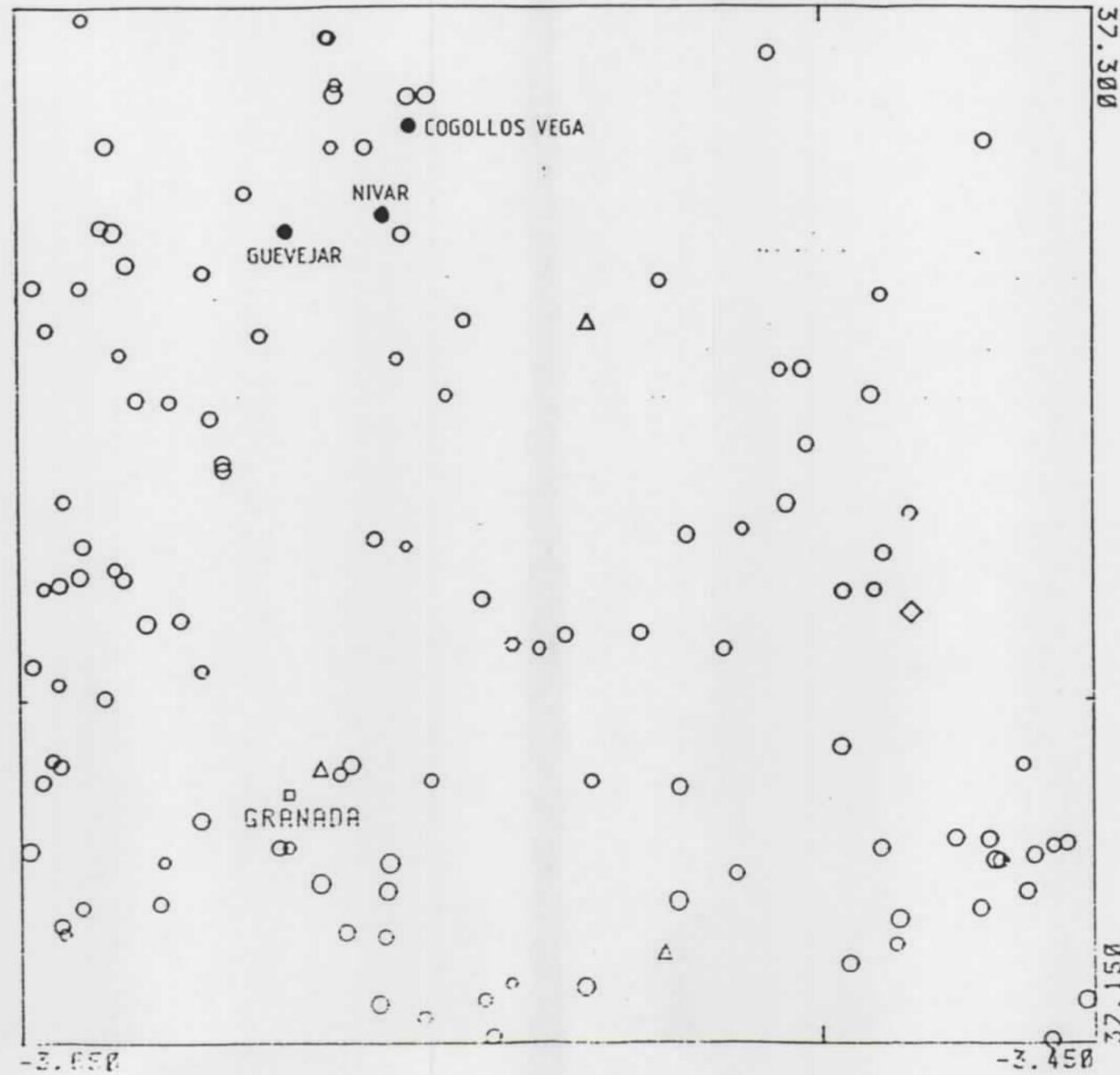
3.3. TECTONICA-SISMICIDAD

Regionalmente uno de los rasgos tectónicos más sobresalientes, es la presencia de un sistema de fracturación N 10-30 W, bien expuesto en nuestro sector y puesto de manifiesto tanto en el resto de la Depresión de Granada como en otros puntos de la cordillera por SAN DE GALDEANO (1983). Estas fallas son las que han jugado más recientemente y en gran medida responsables de la sismicidad del sector.

Este sistema delimita en muchos puntos el sustrato Alpujarride de la Depresión de Granada, afectando incluso a materiales del Pleistoceno Superior durante la sedimentación, dando origen a discordancias progresivas en las calizas lacustres (3.2.2.3). La actuación de este sistema ha provocado el levantamiento de los bordes de la cuenca y la generación de áreas subsidentes en el seno de la misma.

Otro sistema que afecta igualmente a materiales recientes es el de dirección N 30-60 E, congruente con el trazado de una de las líneas tectónicas más activas de la Cordillera (Accidente de Cádiz-Alicante) localizado varios kilómetros al norte de Nívar. La actuación de este accidente coincide con el de una zona de falla, de carácter dextroso que en gran medida ha controlado el juego tectónico del borde norte y nornordeste de la Depresión de Granada.

RED SISMICA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA



MAGNITUD

- - 2.5
- - 3.5
- - 4.5
- - 5.5

PROFUNDIDAD

- < 20 Km
- < 40 Km
- ◇ > 40 Km

△ Estacion sismica

0 2 4 Km

83/ 1/ 2 86/ 6/30
 14:19: 5.8 18: 3: 4.1

GUEVEJAR - NIVAR

Tanto un sistema como otro han modificado de forma local el dispositivo estratigráfico original de los términos estudiados; es frecuente encontrar buzamientos de 45° e incluso bloques subverticales en los materiales 3.2.2.1 y 3.2.2.3. Como hecho significativo hay que señalar que las deformaciones son más importantes en las proximidades del sustrato (Sector de Nívar) y a medida que nos alejamos de éste, es frecuente encontrar en disposición horizontal gran parte de la serie en su conjunto.

En cuanto a los datos sísmicos de que disponemos y que han sido suministrados por el Real Observatorio de Cartuja, dependiente de la Universidad de Granada, puede observarse la alineación de sismos según una orientación N30W que se describió al principio de este capítulo y que coincide con la traza de la falla que atraviesa la localidad de Nívar. No obstante, el valor de la intensidad registrado en esta etapa de observación instrumental, es pequeño para los sismos representados.

3.4. GEOMORFOLOGIA

3.4.1. Introducción

En el área estudiada se pueden diferenciar dos grandes dominios morfológicos: el Sustrato Bético y la Depresión de Granada.

El primero mayoritariamente dolomítico configura las elevaciones entre 1.100 y 1.400 m de la Sierra de la Yedra. En éste, los rasgos morfológicos principales son: de un lado, aquellos relacionados con procesos de karstificación, un lapiaz de medianas proporciones pero bastante repartido. De otro, los relacionados con la intensa fracturación que afecta

a estas dolomías, así nos quedan numerosos escarpes como reflejo morfológico de fracturas. Localmente se presentan ciertas vertientes -Laderas Richter- que vienen a coincidir con los afloramientos de brechas descritas en el epígrafe 3.2.2.4, sobre las que cabe pensar que su extensión original debió ser mucho mayor, quedando en la actualidad sólo pequeños testigos que han resistido a una erosión hídrica bastante incisiva, a la que están sometidas todas las laderas de material suelto en la Sierra de la Yedra. Los afloramientos de limolitas rojas maláguides, fácilmente erosionables, originan vaguadas y relieves deprimidos; sus afloramientos frecuentemente se restringen al fondo de valles.

El segundo dominio, la Depresión de Granada, se encuentra siempre por debajo de la cota de 1.150 m. El rasgo más destacado es la gran profusión de movimientos de vertientes que serán tratados con detalle posteriormente.

El contacto de los materiales de la Depresión con el Sustrato Bético es en muchos puntos rectilíneo, condicionado por fracturas de borde y sus escarpes asociados. En la orla periférica al sustrato aparecen frecuentemente depósitos coluviales recientes, en forma de un amasijo de cantos con una matriz muy suelta. En otros puntos, en relación con las calizas lacustres (3.2.2.3) se modelan pequeñas mesetas que parecen, falsamente, prolongaciones dolomíticas hacia el interior de la cuenca. En las áreas somitales de los interfluvios (Barranco del Tejarillo y Barranco de la Acequia) aparecen otras mesetas de pequeñas proporciones, en relación también con los afloramientos in situ de las calizas lacustres terminales del relleno de la cuenca.

3.4.2. Dinámica de vertientes

Las características litológicas, geomorfológica y tectónicas del contorno de Nívar, hacen que sean los mecanismos del movimiento de vertientes el fenómeno más singular dentro de su evolución morfológica actual.

En relación con las características litológicas y en consecuencia mecánicas, tenemos los siguientes hechos:

- a) Presencia de materiales plásticos: margas y lutitas lacustres (3.2.2.1) y arcillas rojas (3.2.2.2)

Estos, alternan con otros de mayor competencia, -limos, niveles de calizas o conglomerados- pero la proporción de estos últimos no reduce el carácter plástico al conjunto.

- b) Presencia de materiales altamente competentes: calizas micríticas grises (3.2.2.3) que van a ocupar posiciones estratigráficas siempre superiores a los descritos en el apartado a).

En relación con las características morfológicas y a efecto de la dinámica de vertientes cabe señalar el profundo encajamiento de la red fluvial. Esto ha condicionado la disposición de los términos más competentes a cotas topográficamente más altas que los materiales plásticos. Ello ya de por sí es un dispositivo inestable, la continua socavación fluvial a la base de las calizas (3.2.2.3) ha hecho que éstas se deslicen en grandes bloques. De otro lado, la propia naturaleza del material plástico (3.2.2.1, 3.2.2.2), unido a las pendientes que presentan las laderas en él modeladas, hacen que no sea necesaria la presencia del material competente a techo para que éstas deslicen por sí mismas.

La actividad sísmica del área termina por completar el panorama de inestabilidad. La sismicidad, en ocasiones unida a la meteorología, como ya ocurrió en 1755 y 1884, fue la clave para desencadenar el deslizamiento del caserío de Güevejar. Sin duda estos sismos lo que hicieron fue movilizar una vertiente que era previamente inestable, como las que actualmente presenta el área.

No en todas las ocasiones, la naturaleza plástica del material o el alto gradiente de la vertiente, o ambas conjugadas como ocurre en el Tajo de Nívar, genera situaciones inestables. En este caso puede entrar en juego la relación geométrica entre la estratificación y la pendiente. En el Tajo de Nívar, inmóvil en la catástrofe de 1875, la estratificación buza 15° a contra pendiente, lo que le confiere una mayor estabilidad gravitacional.

3.4.3. Movimientos en masas

3.4.3.1. Deslizamientos de carácter rotacional

Estas son las manifestaciones de inestabilidad mayoritariamente representadas en los alrededores de Nívar.

Se trata de grandes porciones de material de diversa índole que se ha desplazado con la generación de superficies definidas de deslizamiento. En ellas, se puede localizar una cicatriz de arranque, un talud y la masa deslizada para cada conjunto movido.

En planta las cicatrices son siempre curvas (alabeadas, semicirculares, elipsoides, etc.), lo que obviamente condiciona la morfología de los taludes y masas deslizadas. La magni-

En otras ocasiones, los deslizamientos solifluidales son el resultado de la evolución distal de un deslizamiento rotacional, perdiendo paulatinamente este último sus características; las cicatrices están cada vez peor definidas y originan cuerpos muy desorganizados. Un ejemplo de este último se puede observar al Oeste de Nívar, en las partes bajas del Valle del Río Bermejo.

tud de los desplazamientos, como puede observarse en el plano geomorfológico, está condicionada por la amplitud de cada valle.

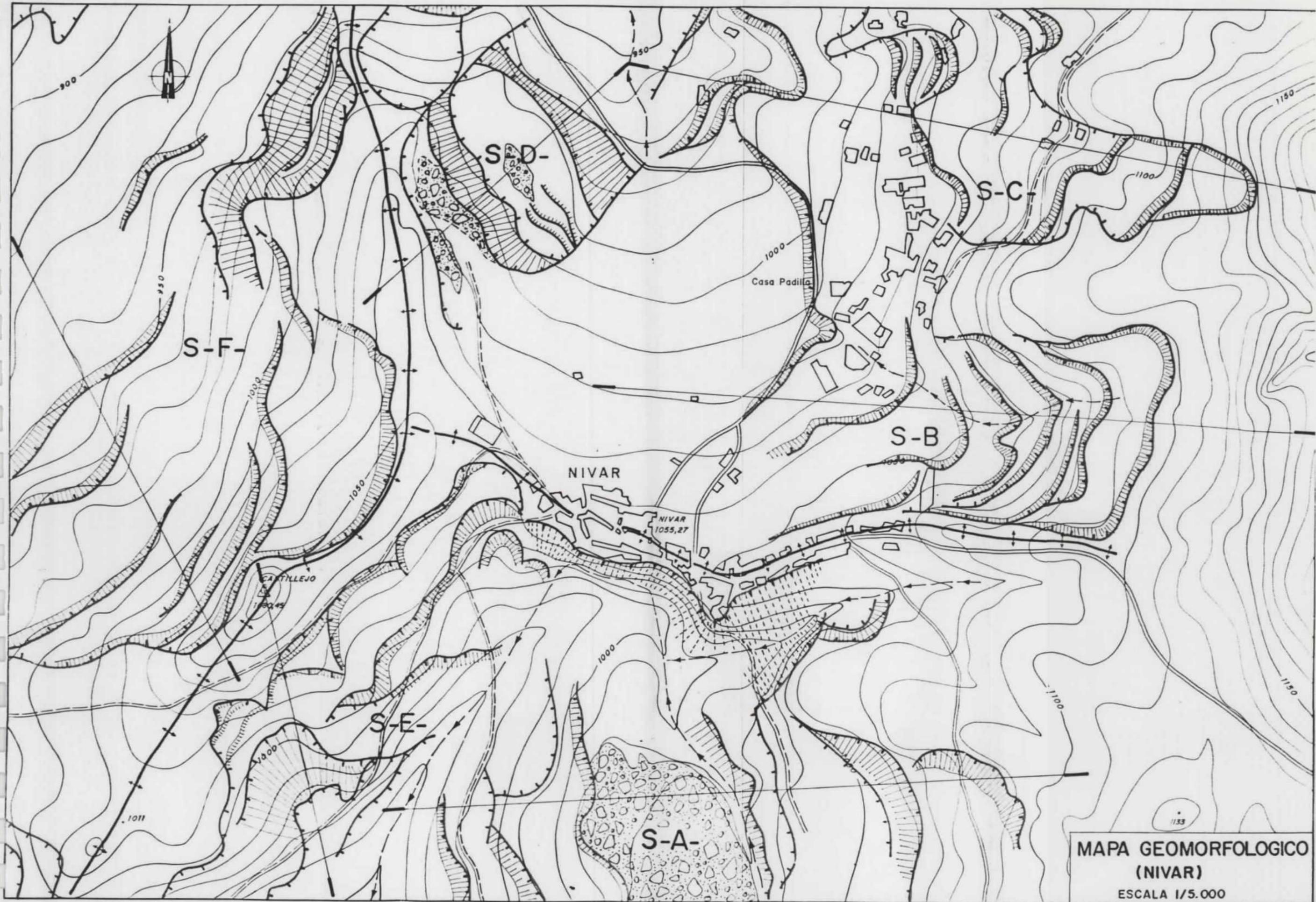
En el valle de mayores proporciones -Río Bermejo- el desplazamiento excede los 1.000 m de recorrido. En otros valles menores -Barranco de la Acequia- éste queda reducido a menos de 100 m.

En el interior de los grandes deslizamientos aparecen asociadas de forma frecuente una serie de estructuras menores, como reptaciones superficiales y grietas decimétricas abiertas especialmente en las áreas más húmedas.

La observación detallada de la disposición de las diferentes cicatrices a lo largo de una vertiente permite suponer que los deslizamientos rotacionales son remontantes. Originados en principio en porciones bajas del valle, progresan en sucesivos estadios a cotas más altas. Esto nos lleva a plantear que en todos los casos estudiados en Nívar, quedan áreas potenciales de deslizamiento condicionadas por la generación de otros previos.

3.4.3.2. Deslizamientos de carácter solifluidal

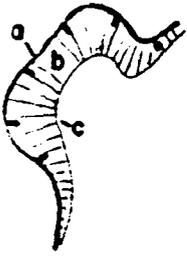
Se han considerado como tales, aquellos en los que no existe una estructuración neta de bloques en el conjunto, o bien, cuando presenta una característica morfológica externa lobular. Su representación es minoritaria en el sector estudiado; merece destacar el ejemplo que se muestra al Sur de Güevejar, donde una lengua de margas lacustres de colores claros ha avanzado sobre otras margas más oscuras dando unas sensibles diferencias en las características del suelo. En el interior de esta lengua aparecen pequeñas reptaciones superficiales.



MAPA GEOMORFOLOGICO
(NIVAR)
ESCALA 1/5.000

LEYENDA MAPA GEOMORFOLOGICO

DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES



a.- Cicatriz

b.- Talud

c.- Masa deslizable



Escarpe



Bloques



Curso fluvial



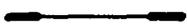
Principales divisorias de vertientes



Nucleos de poblacion y viviendas aisladas

S.-A-

Sectores aislados



Localización de los cortes

4. AREAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS

4.1. ANTECEDENTES

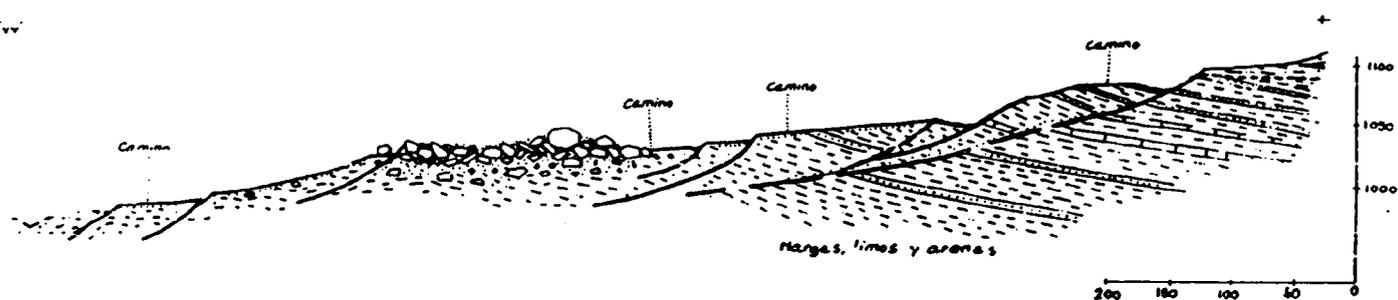
En este área estudiada disponemos sólo de una reseña histórica debida a NAVARRO NEUMANN (1924), quien pone en relación el deslizamiento de Güevejar, con el Sismo de Lisboa del 1 de Noviembre de 1755. En esta catástrofe, los edificios se desplazaron con lentitud, lo que evitó consecuencias humanas. El pueblo tuvo que volver a edificarse por completo pero construyéndose en el mismo sitio, con lo que un nuevo sismo en el 25 de Diciembre de 1884 volvió a destruirlo, esta vez con víctimas humanas. Ante este panorama se decidió trasladar la población a su enclave actual.

En esos tiempos, el "Caserío de Güevejar", estaba situado a menos de 1 km al noroeste de Nívar.

4.2. AREAS CITRICAS

En este epígrafe pasamos a describir un conjunto de sectores que en nuestra opinión reúnen las características suficientes como para considerarlas como áreas de especial atención y que son las siguientes:

SECTOR A



Características.-

Longitud: 1000m.

Anchura media: 280m. (dentro del area)

Superficie: 0.28 km.²

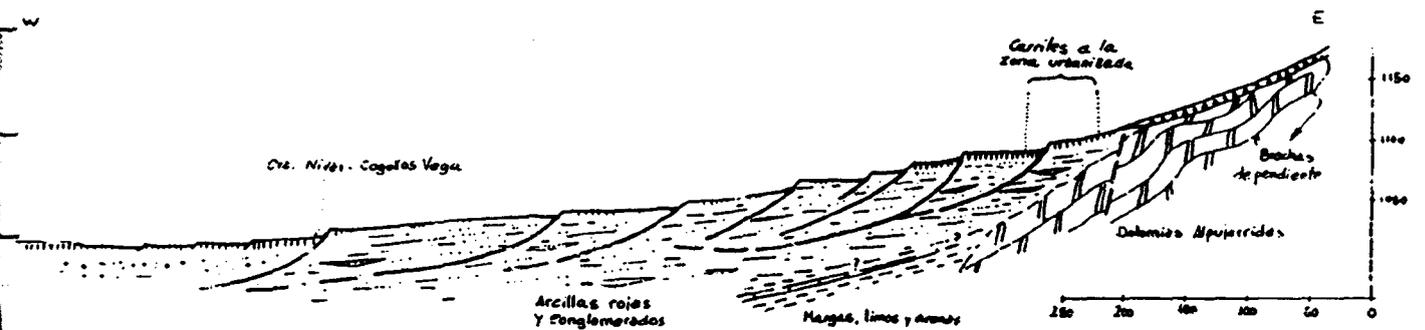
Litología: Margas limos y arenas

Otras características: Abundante reptación superficial

Morfología poco definida.

Peligrosidad: Segun los nativos del pueblo es una zona de quiebras

SECTOR B



Características.-

Longitud: mínima 650m.

Anchura: 325m.

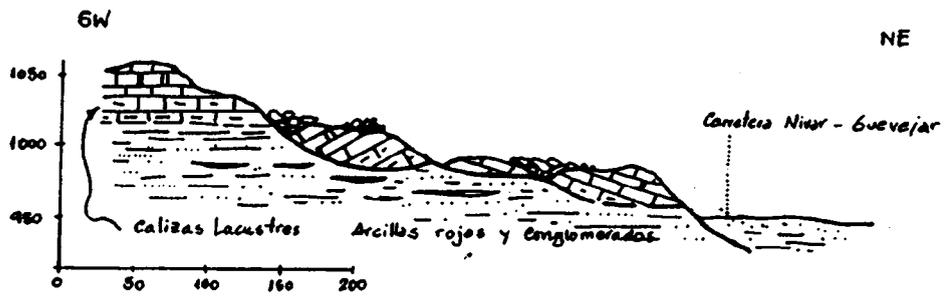
Superficie: 0.21km².

Litología: Arcillas rojas, a la base margas lacustres.

Características: Conecta en áreas distales con otro deslizamiento proximo (sector C).

Peligrosidad: Puede afectar a la urbanización y a los accesos a Cogollos.

SECTOR D



Características:

Longitud: 500 m.

Anchura: 1.625 m.

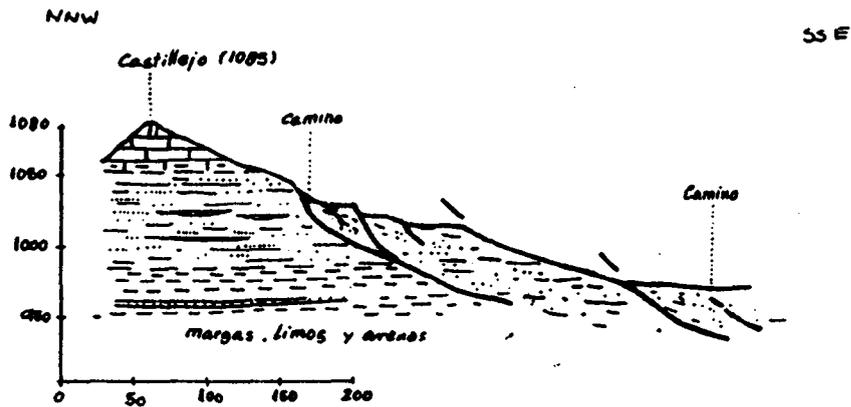
Superficie: 0,80 km².

Litología: Calizas compactas deslizaoas sobre arcillas rojas.

Características: Grandes bloques basculados de calizas, conecta a la base con otros deslizamientos. Magnifico ejemplo de deslizamiento de tipo rotacional.

Peligrosidad: Puede afectar a los accesos a Cogollos y Güevejar.

SECTOR E



Características:

Longitud: 350m.

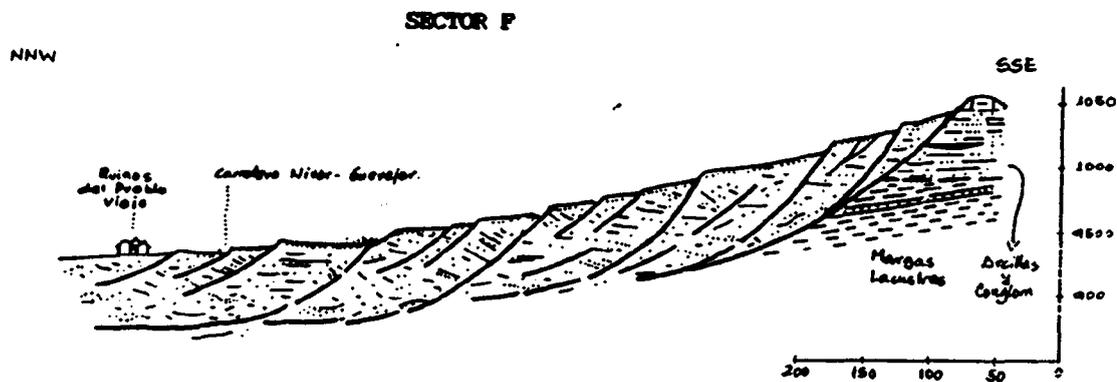
Anchura: 800 m. .

Superficie: 0,28 km².

Litología: Arcillas rojas y limos y arcillas
lacustres.

Características: Ocupa toda la ladera NW del
barranco de la Acequia.

Peligrosidad: Puede obturar el propio barranco



Características:

Longitud: 1.000m. (dentro del área)

Anchura: No se precisa dado el valor reducido que se aprecia en el área estudiada. Es el de mayor envergadura de la zona

Litología: Arcillas rojas, margas lacustres y calizas.

Características: Responsable de las catástrofes de 1985 y 1774.

Peligrosidad: Puede afectar a los accesos a Cogollos Nivar y Guevejar.

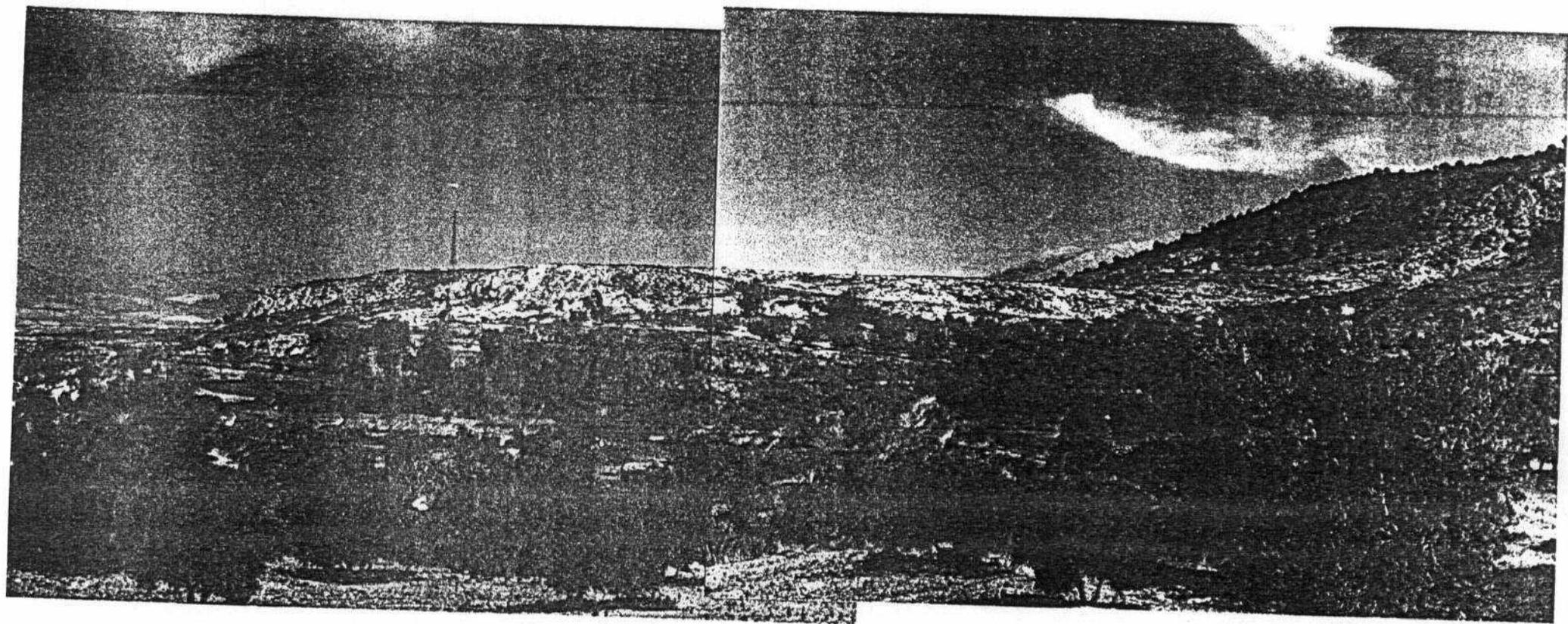


FOTO N°1 Sector B. Flanqueado por el escarpe calizo CL

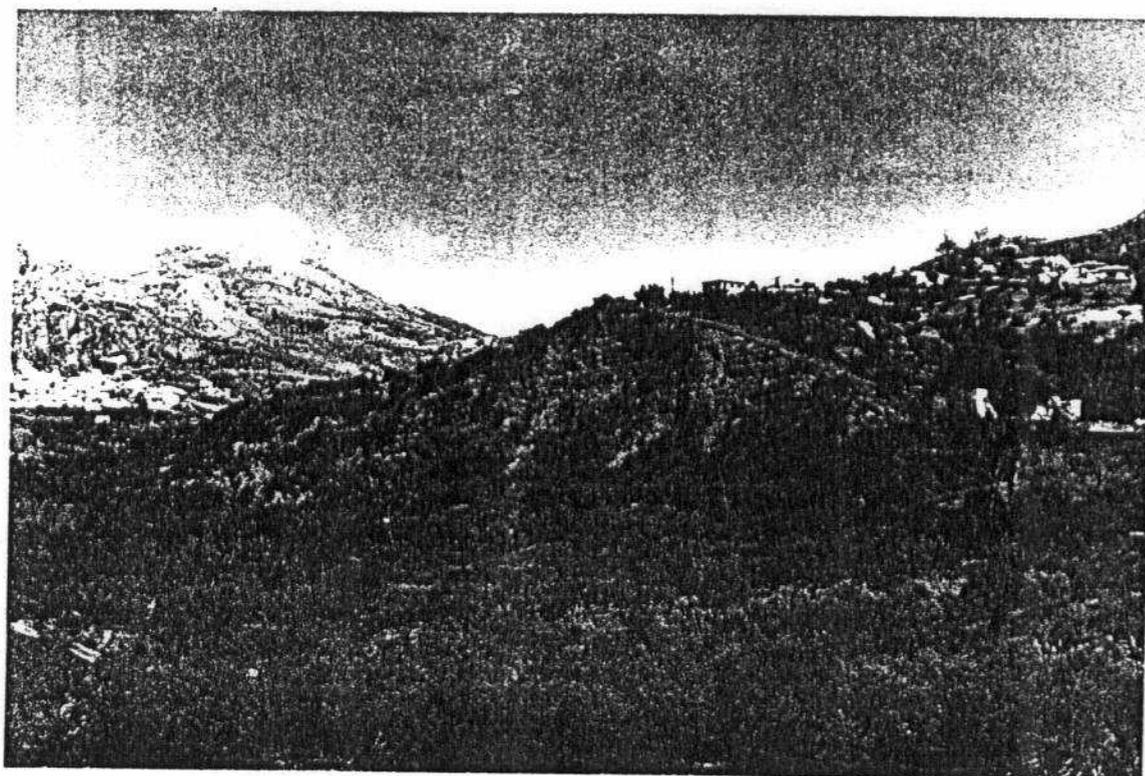


FOTO N°2 Escarpes de deslizamiento en Sector C. Se observa la proximidad de viviendas.

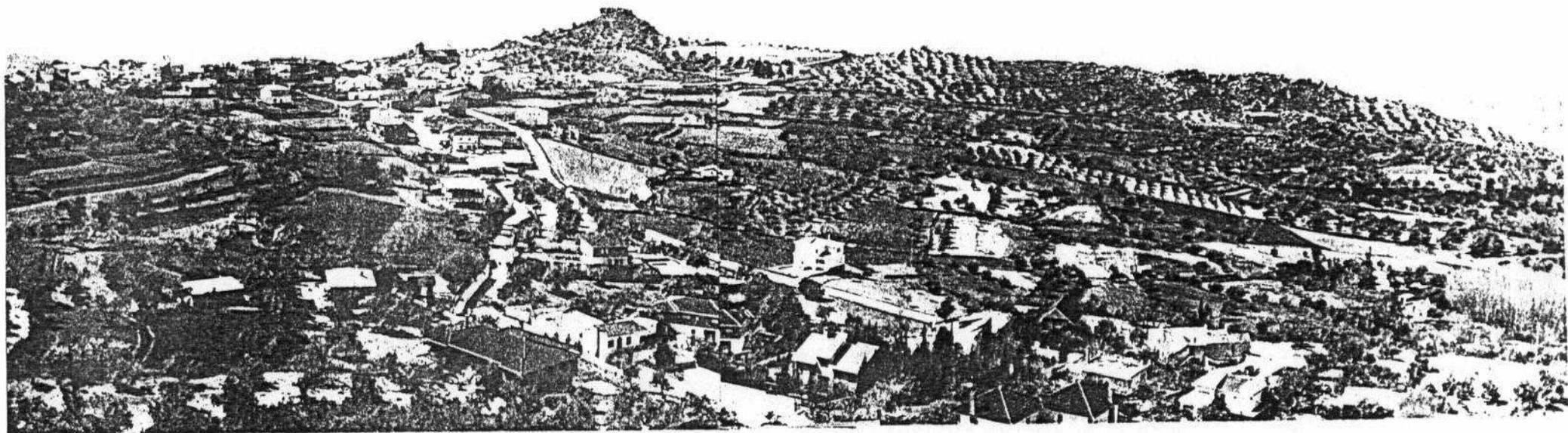


FOTO N°3 Vista general del sector D, con la población de Nivar y el Castillejo a la izquierda de la foto.

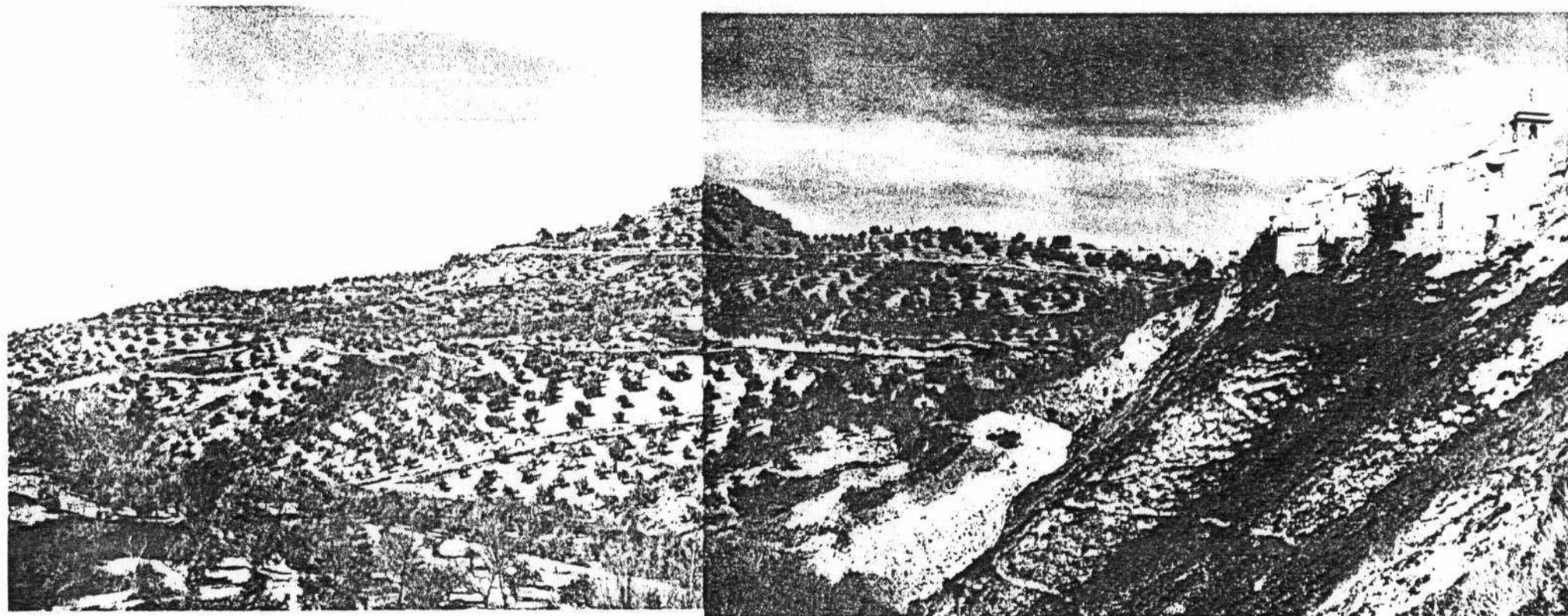


FOTO N14 Vista general del sector E. En primer lugar escarpe de deslizamiento con el pueblo de Nivar en la cabecera.

4.3. ANÁLISIS GEOTECNICO DE LAS AREAS POTENCIALMENTE PELI- GROSAS

Se ha procedido al análisis geotécnico de las zonas definidas en apartados anteriores como potencialmente inestables según el siguiente esquema general:

- Recopilación bibliográfica de parámetros de corte, basada fundamentalmente en la experiencia local de estudios geotécnicos que interesen materiales de igual o similar origen y época geológica. En las zonas en que el terreno natural está removido debido a deslizamientos ocurridos con anterioridad, se han considerado valores residuales de los parámetros de corte, estimados a partir de la correlación presentada por Skempton (1964) entre el ángulo de rozamiento interno residual y el porcentaje de pase por el tamiz nº 200 ASTM (contenido de arcilla).

- Caracterización geotécnica de cada formación geológica afectada en base a esa recopilación.

- Análisis del comportamiento de cada sector crítico en su estado actual, es decir, sin tener en cuenta el efecto dinámico del sismo previsible en la zona ni la acción de las presiones intersticiales provocadas por una sobreelevación del nivel freático después de una anomalía pluviométrica positiva.

- Análisis geotécnico de cada sector con la incidencia de un régimen pluviométrico intenso, que ocasione la aparición de un nivel freático tan elevado como las características de permeabilidad de las formaciones geológicas hagan posible.

- Influencia sobre este último estado de la sollicitación dinámica provocada por el sismo previsible en la región, que se encuentra incluida dentro de la zona sísmica tercera de

las definidas en la Norma Sismorresistente PDS-1 (1974), con un grado de intensidad sísmica IX en la escala M.S.K. En el cálculo se han considerado unas aceleraciones horizontal y vertical de 0,14 m/s² y 0,3 m/s² respectivamente, para un periodo de oscilación T= 0,5 s.

Los cálculos efectuados se han realizado con un programa adaptado para su empleo en un ordenador IBM-PC de acuerdo con el Método de Bishop Modificado, considerando superficies de rotura irregulares.

Por último hay que resaltar los criterios de estabilidad adoptados en función de los coeficientes de seguridad obtenidos en los cálculos.

Partiendo de que con un coeficiente de seguridad F= 1 se está en equilibrio estricto (cualquier fuerza exterior puede influir en ella) y adoptando que la estabilidad en condiciones óptimas se establece a partir de F 1,2 (criterio general en todo el mundo), los valores que definen estos estados, han sido los siguientes:

- F > 1,2 Zona estable (Riesgo potencialmente bajo)
- F Comprendido entre 1 y 1,5 Zona en equilibrio estricto
(Riesgo potencialmente medio)
- F < 1 Zona inestable (Riesgo potencialmente alto)

De acuerdo con esta línea de análisis, se presenta a continuación el resultado obtenido en cada zona crítica concreta.

SECTOR A

Movimiento en masa de morfología poco definida, con abundante reptación superficial, constituido por margas, limos y arenas.

Se han considerado con criterio conservador los siguientes parámetros de corte:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno residual $\phi(^{\circ})$	Cohesión c' (t/m ²)	Peso específico (t/m ³)
Margas, limos y arenas	25	0	1,9

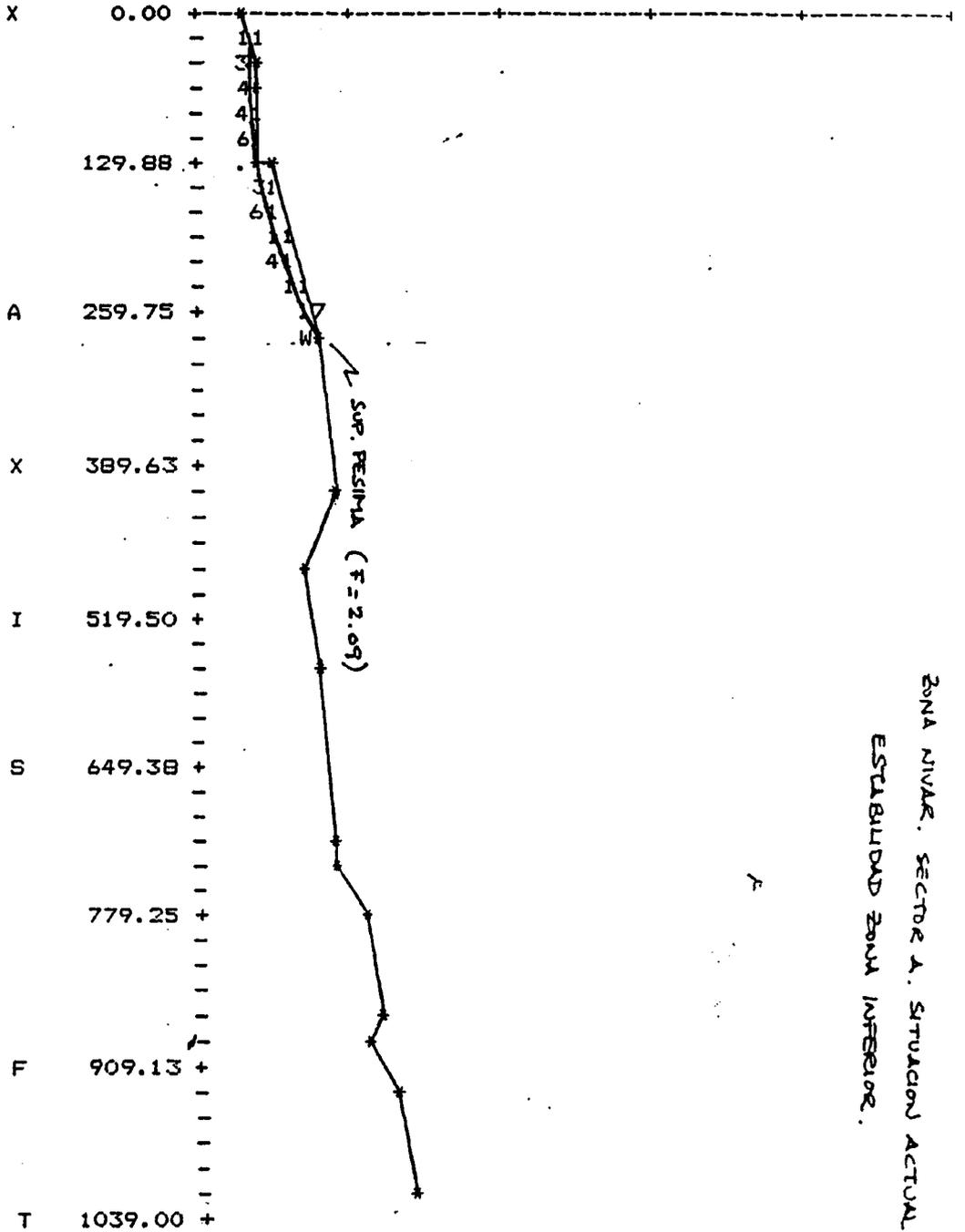
Se obtienen los siguientes coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis analizadas:

Hipótesis	Estabilidad zona inferior	Estabilidad general del deslizamiento	Progresion ladera arriba
Situación actual	F = 2,09	F = 4,33	F = 4,15
Nivel freático alto	F = 1,42	F = 2,53	F = 2,35
N.F.alto+sismo	F < 1	F = 1,25	F = 1,21

Se concluye por tanto que el deslizamiento se encuentra en condiciones aceptables de estabilidad en su estado actual y ante una sobreelevación importante del nivel freático produci-

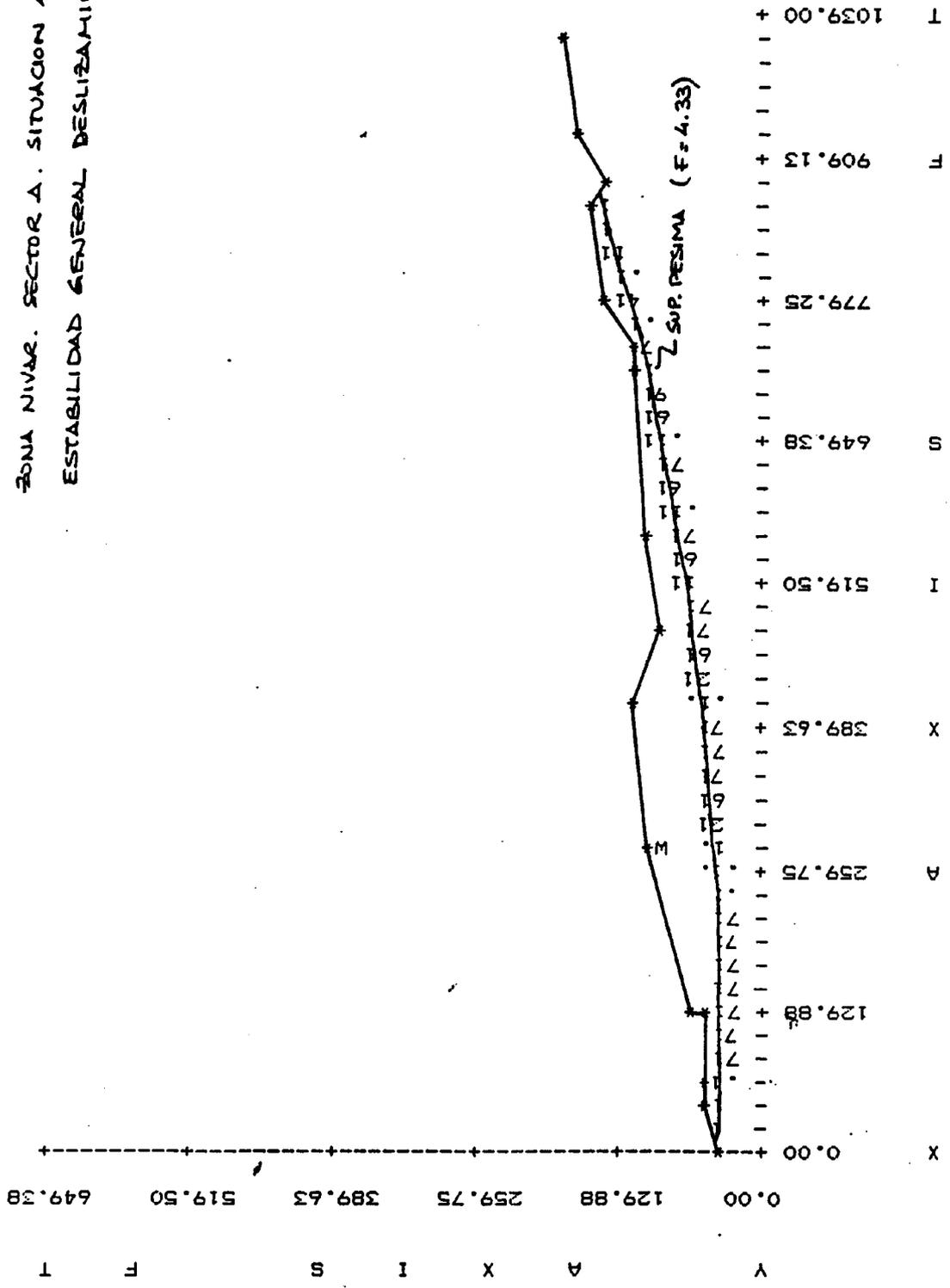
Y A X I S F

0.00 129.88 259.75 389.63 519.50 649.38



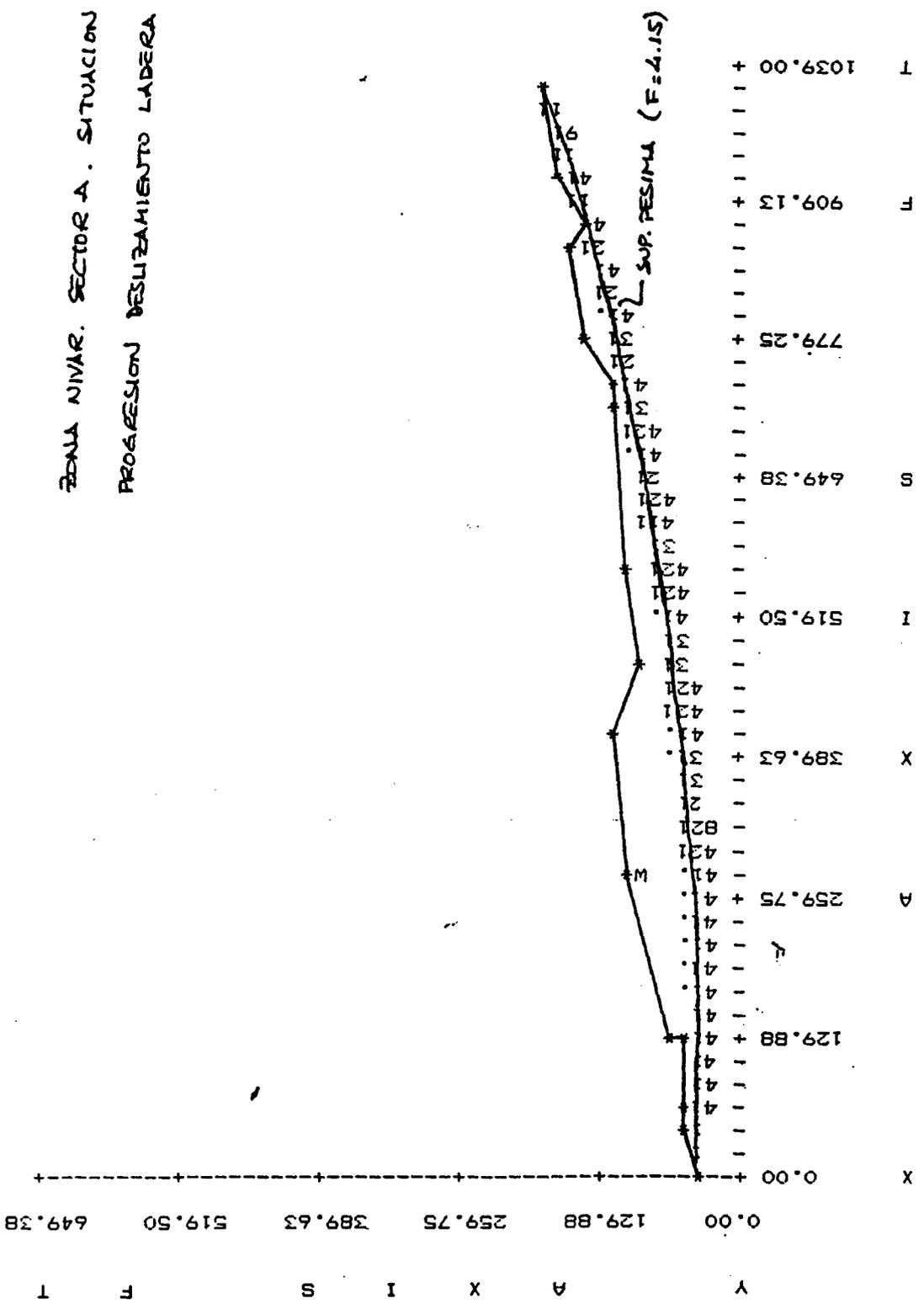
ZONA NIVAR. SECTOR A. SITUACION ACTUAL.
ESTABILIDAD ZONA INFERIOR.

ZONA NIVAR. SECTOR A. SITUACION ACTUAL.
 ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTO.

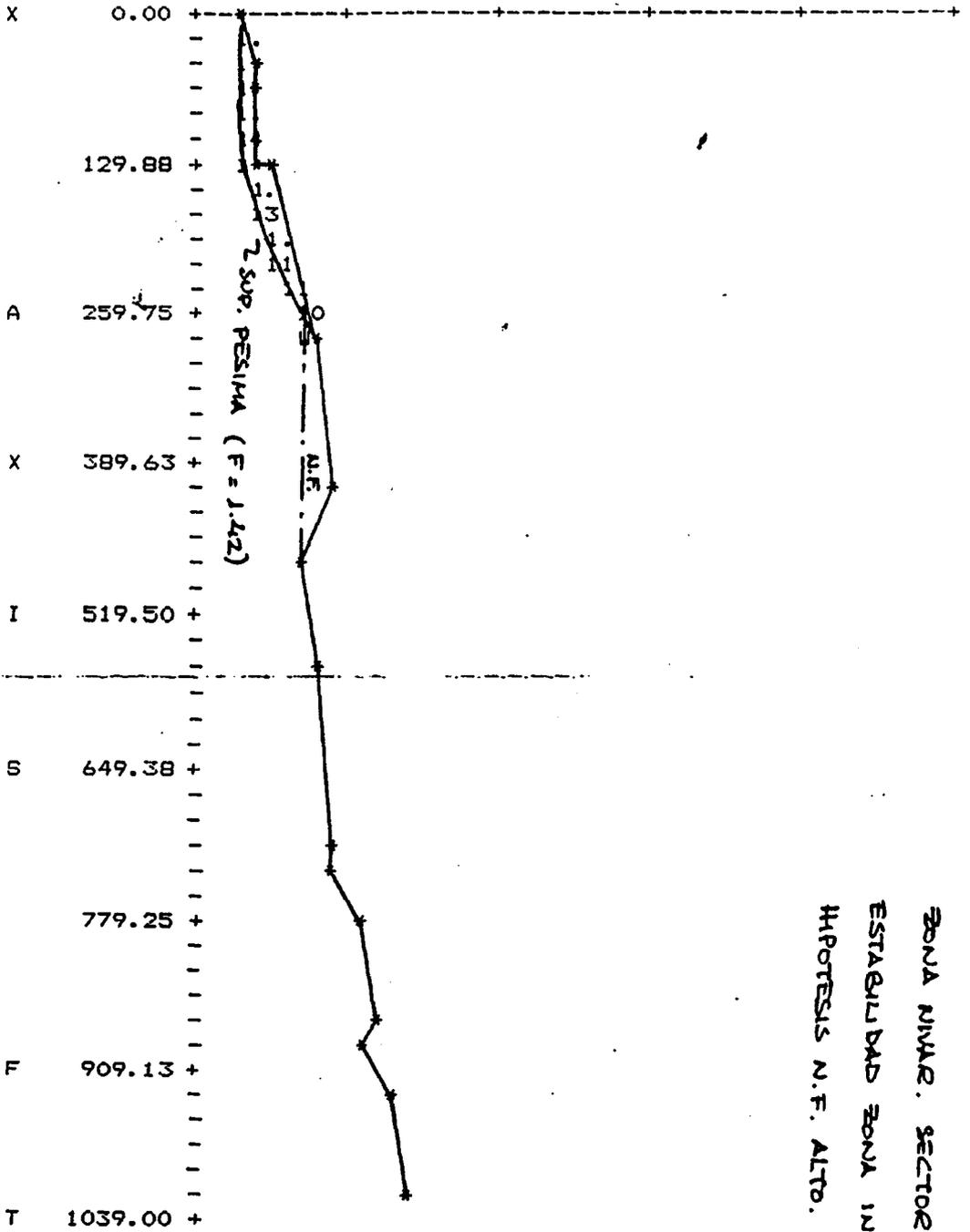


ZONA NIVAR. SECTOR A. SITUACION ACTUAL.

PROGRESION DESLIZAMIENTO LADERA ARRIBA.



Y A X I S F T
 0.00 129.88 259.75 389.63 519.50 649.38

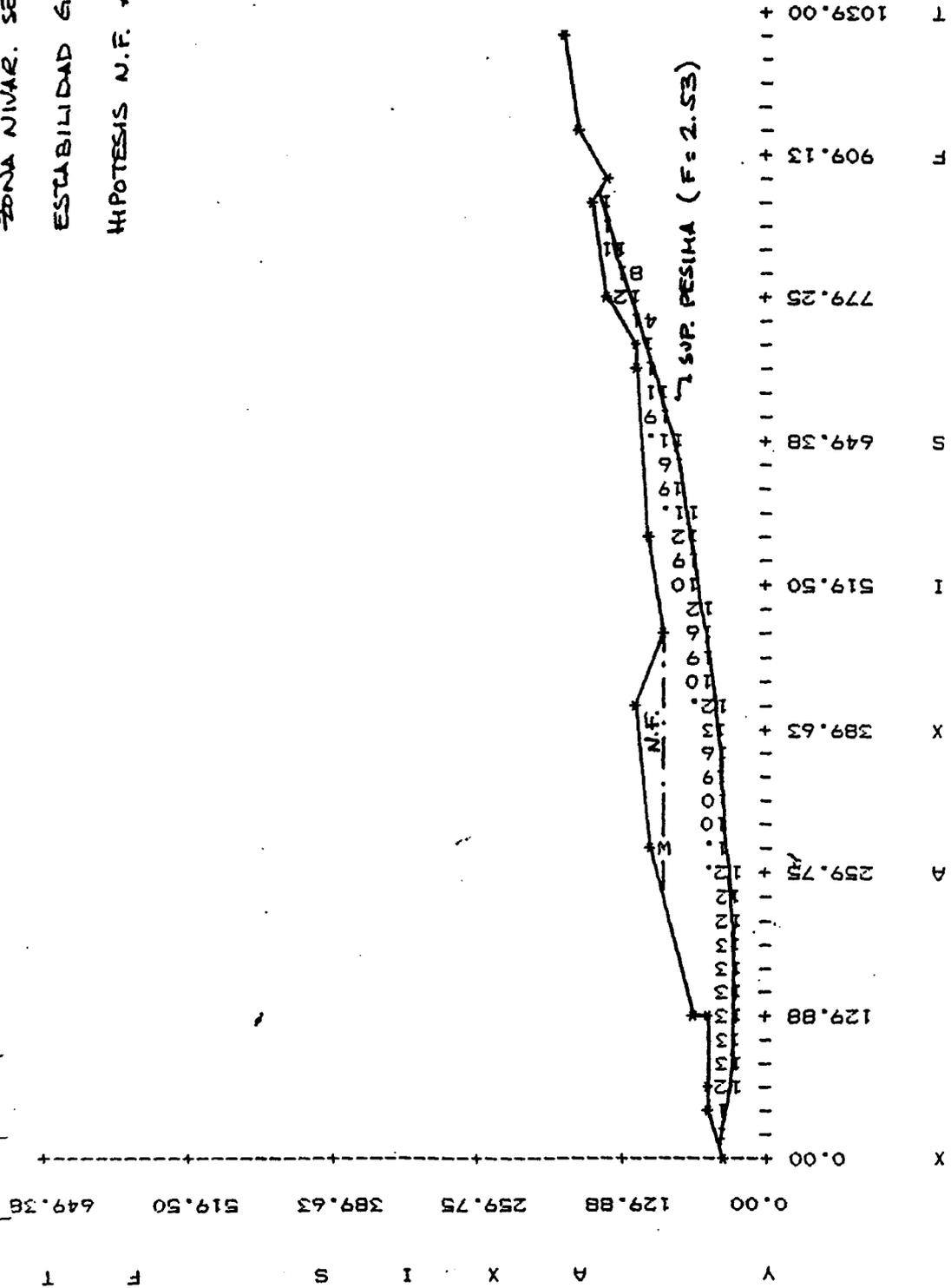


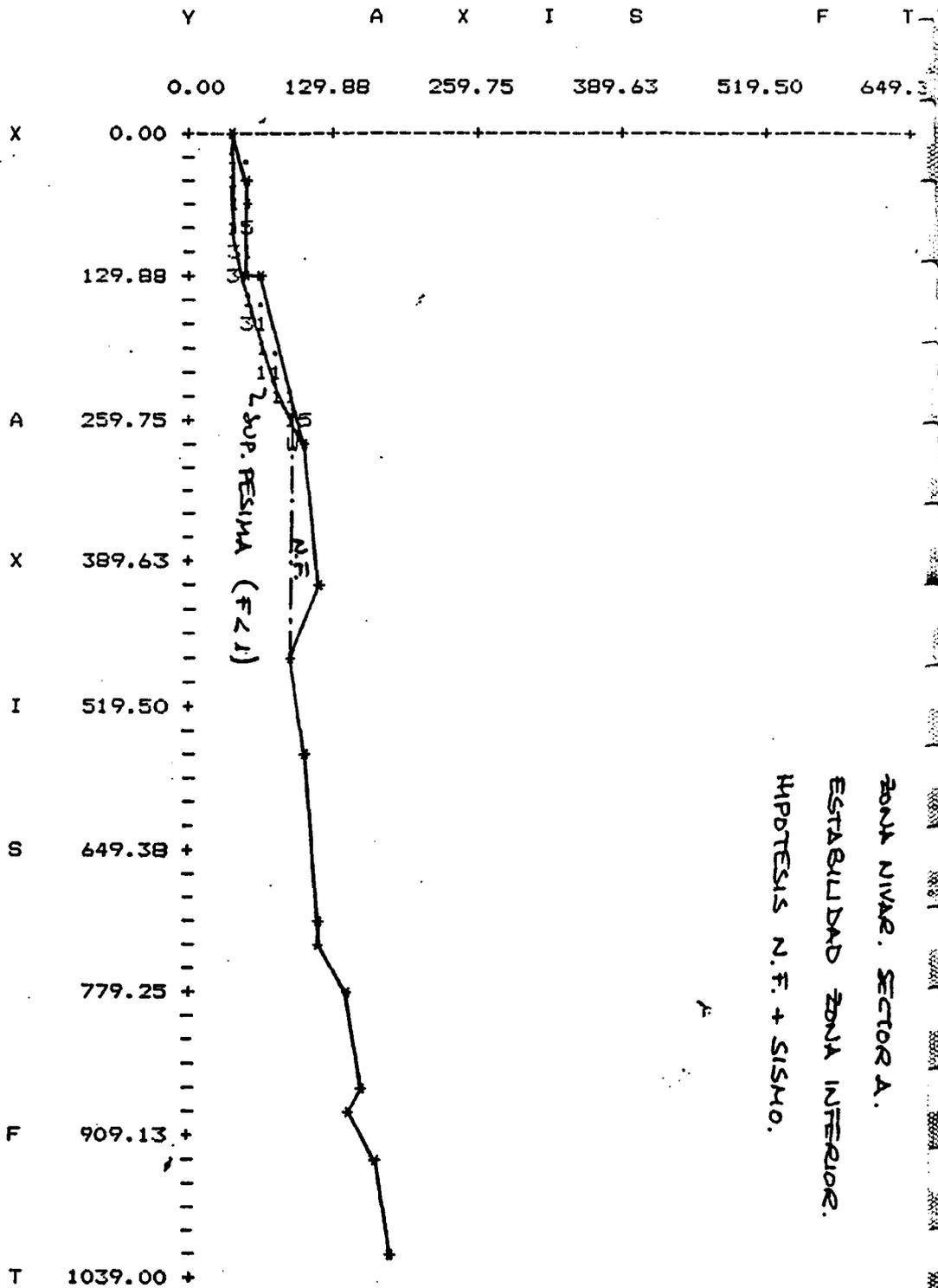
ZONA IVAR. SECTOR A.
 ESTABILIDAD ZONA INFERIOR.
 HIPOTESIS N.F. ALTO.

ZONA NIVAR. SECTOR A.

ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTOS

HIPOTESIS N.F. ALTO.

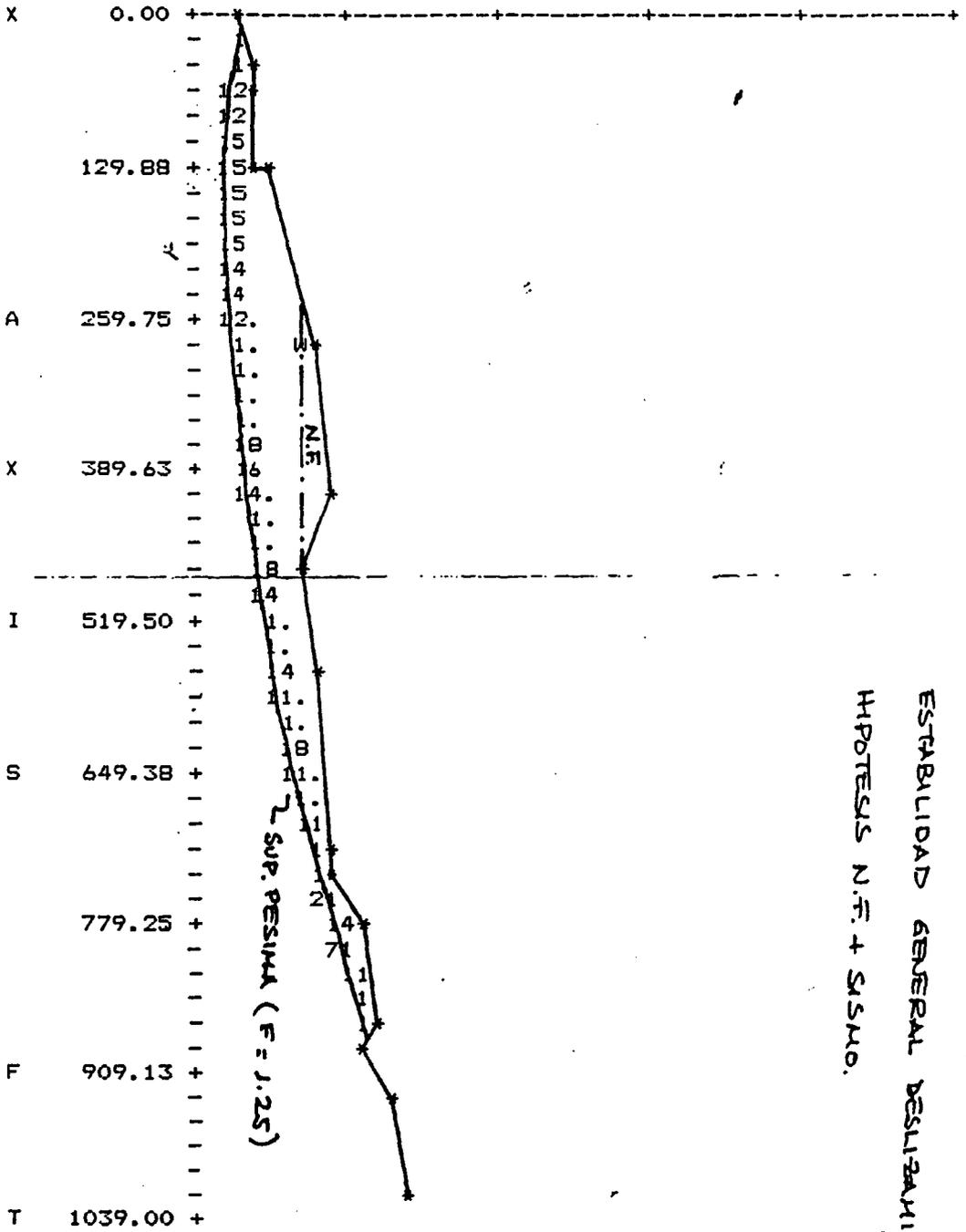




ZONA NIVAR. SECTOR A.
 ESTABILIDAD ZONA INFERIOR.
 HIPOTESIS N.F. + SISMO.

Y A X I S F T

0.00 129.88 259.75 389.63 519.50 649.38



ZONA IVAR. SECTOR A.
 ESTABILIDAD GENERAL DESLIZAMIENTO.
 HIPOTESIS N.F. + SISMO.

da por un régimen de precipitaciones intenso que llegue incluso a saturar la zona. El deslizamiento es estable incluso con la incidencia del sismo previsible en la zona, excepto en sus cotas más bajas, en las que se producirían nuevos movimientos de la masa deslizada que, a su vez, podrían ser el factor desencadenante de una nueva inestabilidad generalizada en la zona.

Se considera este sector de riesgo potencial medio.

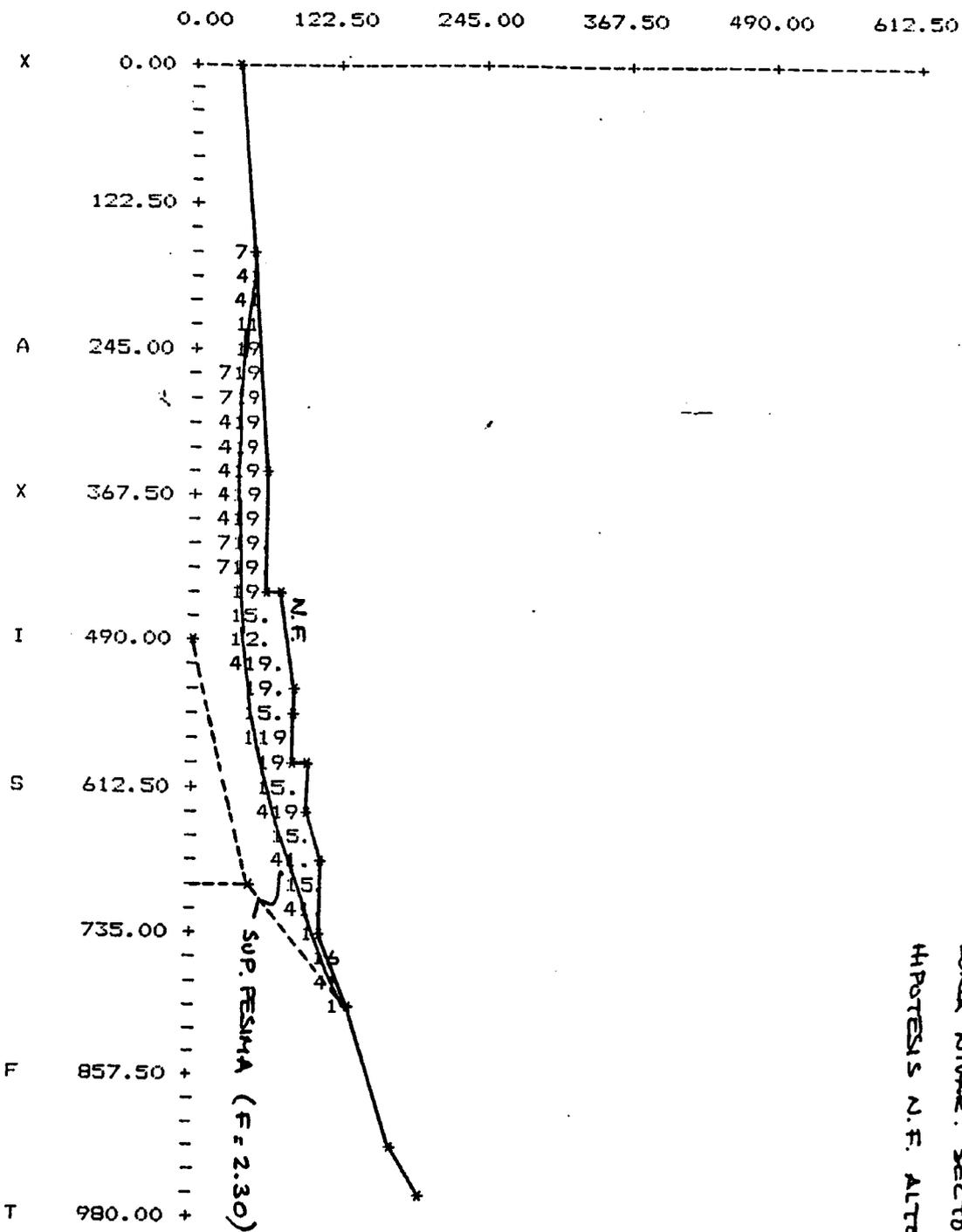
Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

SECTOR B

Deslizamiento asimilable a un movimiento en masa de tipo plano, formado por arcillas rojas y conglomerados situados sobre margas, limos y arenas. Se encuentra limitado en cabeza por un afloramiento de dolomías alpujárrides que impiden su progresión ladera arriba, al tiempo que constituyen una fuente de aportación de agua al conjunto de la masa deslizada.

Se han considerado con criterio conservador los siguientes parámetros de corte:

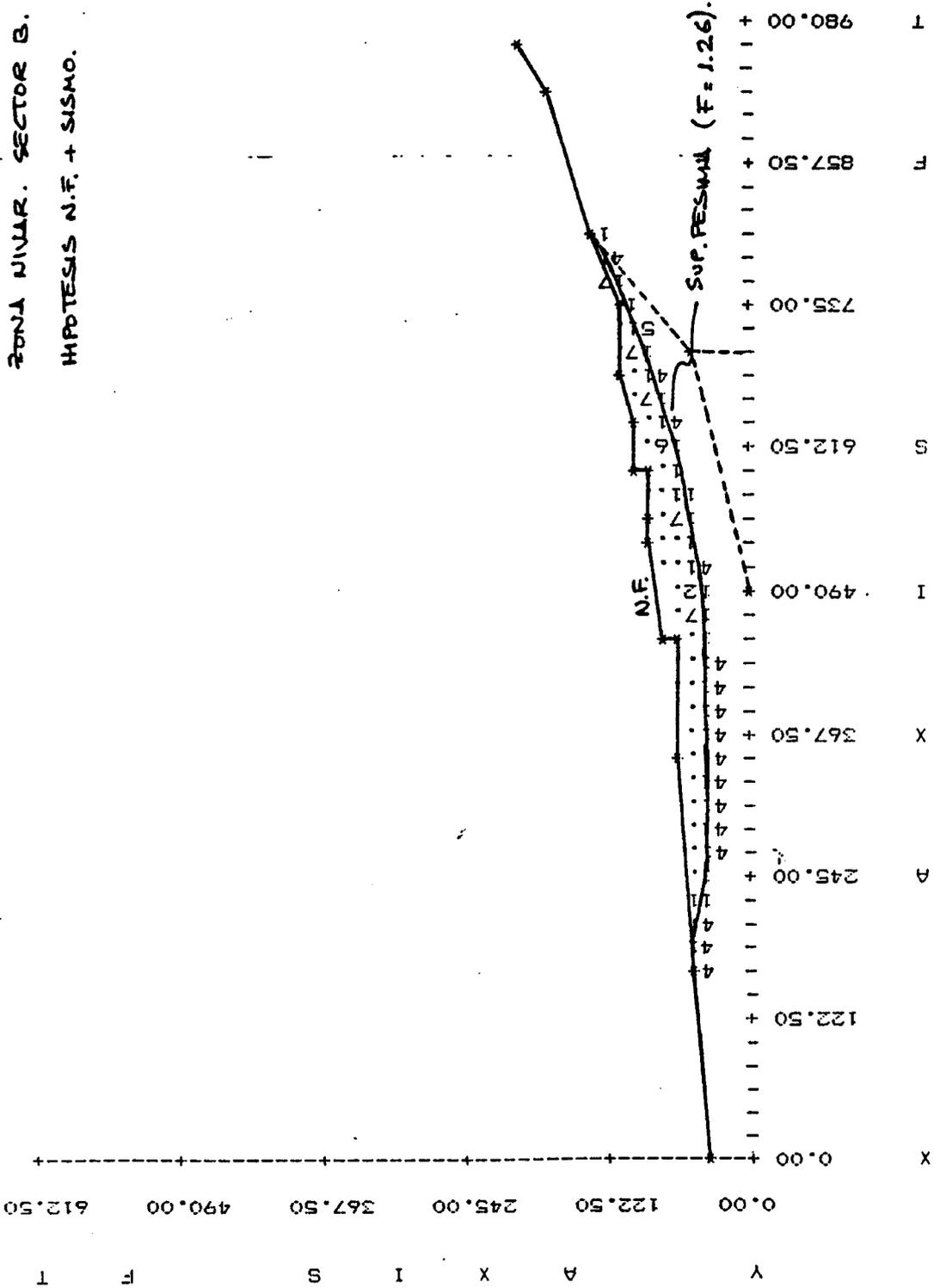
Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno ϕ' ($^{\circ}$)	Cohesión c' (t/m ²)	Peso específico (t/m ³)
Arcillas rojas y conglomerados	27	1	1,9
Margas, limos y arenas	25	0	1,9
Dolomías	40	10	2,0



BOVA NIWA. SECTOR B.
 HIPOTESIS N.F. ALTD.

ZONA LÍQUIDA. SECTOR B.

HIPÓTESIS N.F. + SISMO.



Los parámetros asignados a los dos primeros tipos de suelo son residuales.

Se han obtenido los siguientes valores de coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis analizadas:

Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento
Situación actual	$F = 4,31$
Nivel freático alto	$F = 2,30$
N.F. alto + sismo	$F = 1,26$

Se concluye que la estabilidad de esta ladera es buena, incluso ante la ocurrencia simultánea del sismo previsible en la zona y de un régimen pluviométrico intenso.

Se considera este sector de riesgo potencial bajo.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

SECTOR C

Deslizamiento asimilable a un movimiento en masa de tipo plano, formado por arcillas rojas, conglomerados, derrubios recientes y travertinos limitado en cabeza por dolomías alpujárrides que impiden su progresión ladera arriba, al tiempo que proporciona al conjunto de la masa afectada una alimentación hídrica abundante.

Se han considerado con carácter conservador los siguientes valores para los parámetros de corte:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno ϕ' (°)	Cohesión c' (t/m ²)	Peso específico (t/m ³)
Arcillas rojas y conglomerados	27	1	1,9
Dolomías	40	10	2,0

Los parámetros asignados a las arcillas rojas y conglomerados son residuales.

Se obtienen los siguientes valores para los coeficientes de seguridad de las superficies pésimas en las diferentes hipótesis realizadas:

Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento
Situación actual	$F = 2,73$
Nivel freático alto	$F = 1,43$
N.f. alto + sismo	$F < 1,01$

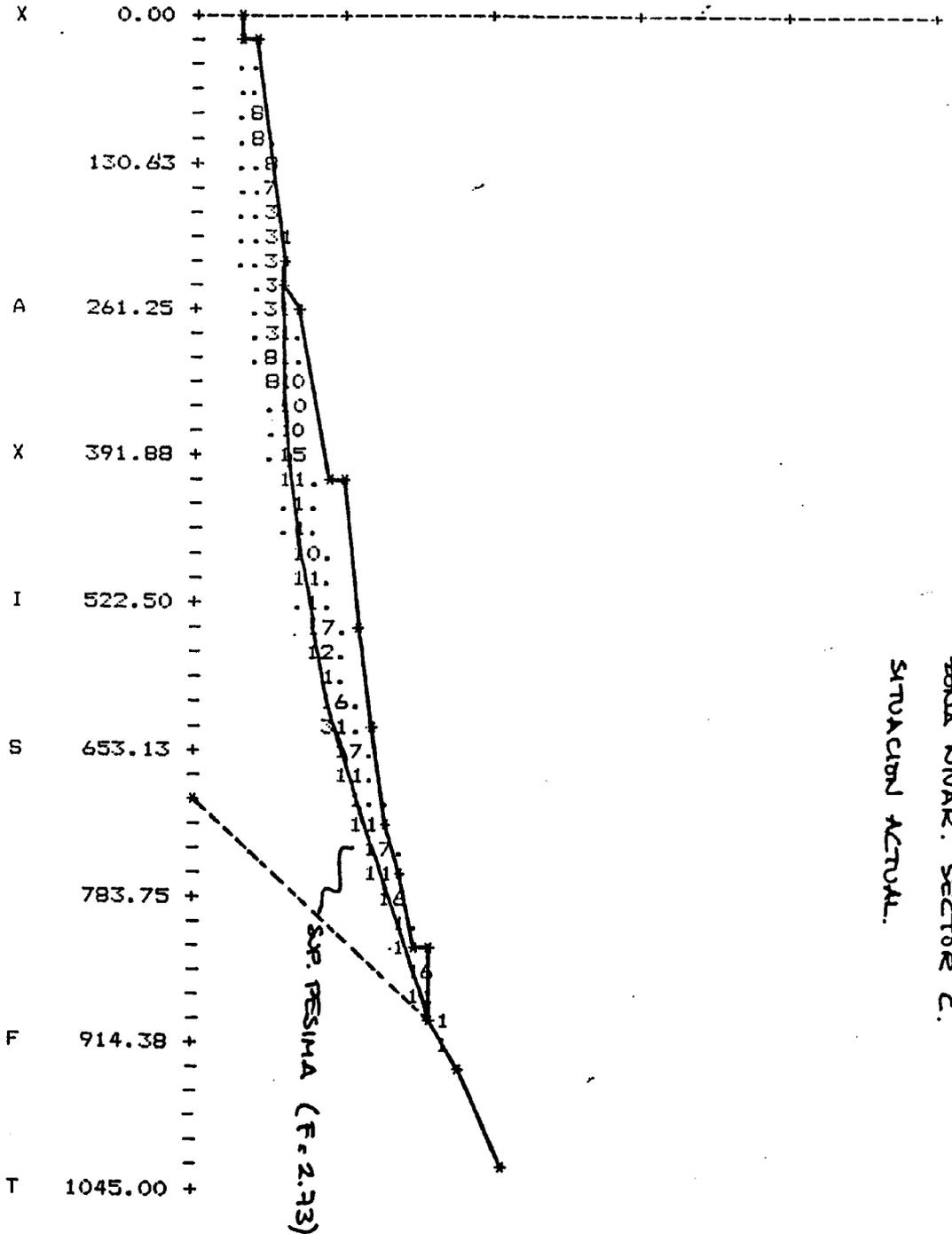
Se concluye por tanto que el equilibrio en este sector es aceptable, incluso con posterioridad a un temporal de precipitaciones abundantes. La incidencia del sismo previsible en la zona deja la ladera en situación de equilibrio estricto.

Sé considera este sector de riesgo potencial medio.

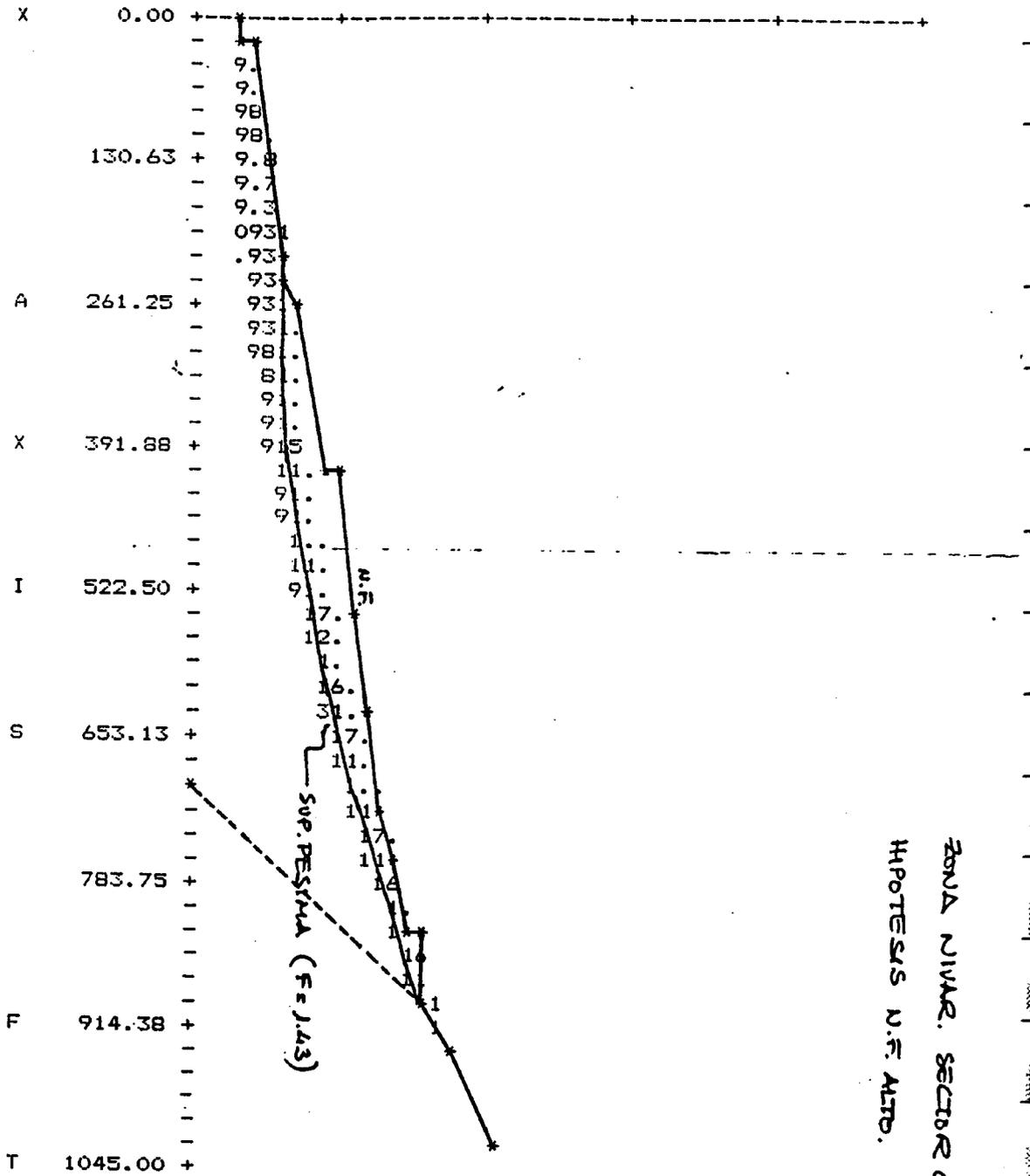
Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

Y A X I S F T

0.00 130.63 261.25 391.88 522.50 653.13

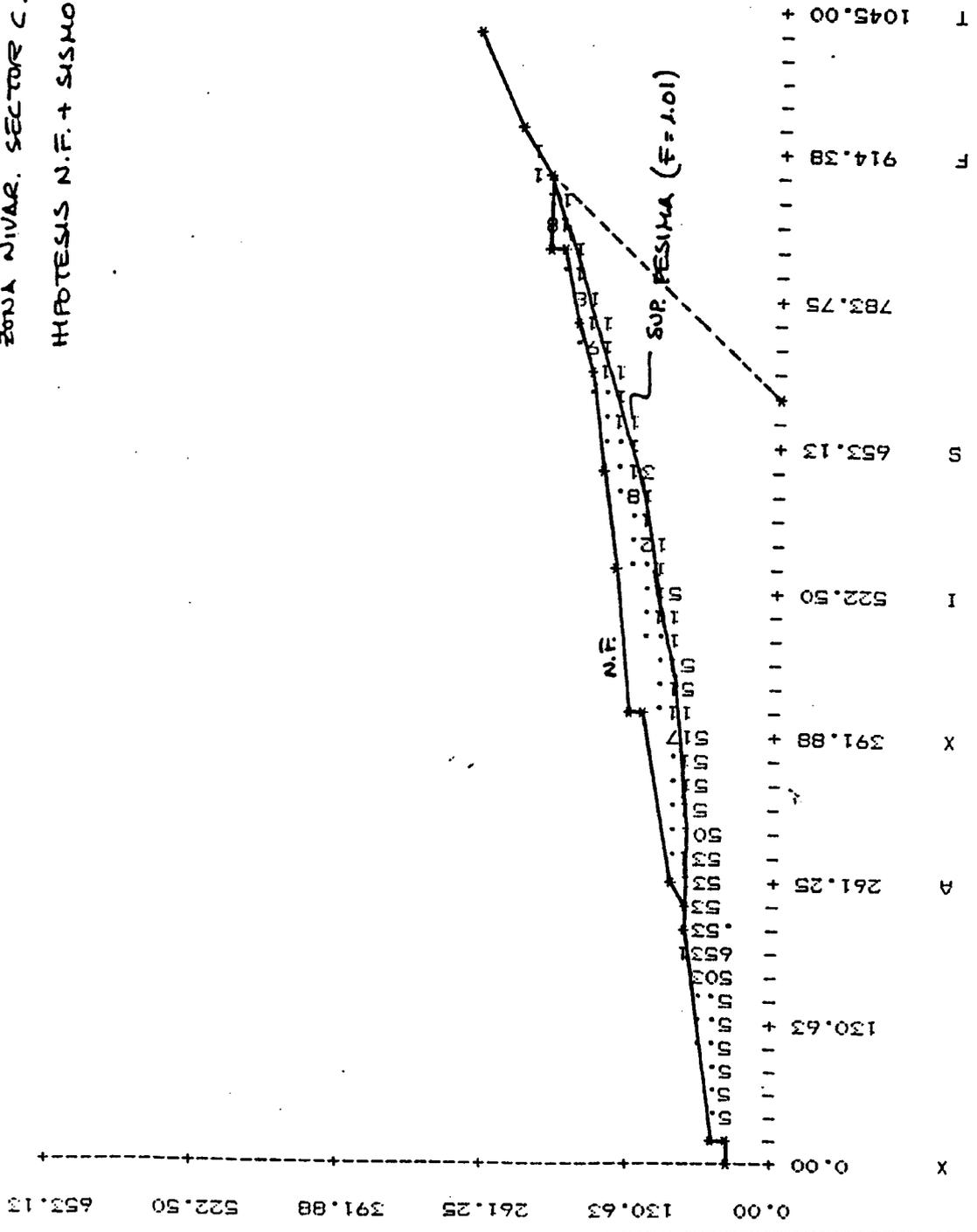


0.00 130.63 261.25 391.88 522.50 653.13



ZONA NIVAR. SECTOR C.
HIPOTESIS N.F. ALT. D.

ZONA NIVAR. SECTOR C.
 HIPOTESIS N.F. + SISMO.



SECTOR D

Deslizamiento de tipo rotacional que interesa a bloques de calizas lacustres, movilizadas sobre un lecho de arcillas rojas y conglomerados. Alimentación hídrica procedente de las calizas lacustres, que actúan como "esponja".

Se han considerado con carácter conservador los siguientes parámetros de resistencia al corte.

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno ϕ' (°)	Cohesión c' (t/m ²)	Peso específico (t/m ³)
Arcillas rojas y conglomerados	27	1	1,9
Calizas lacustres	40	10	2,9

Los parámetros asignados a las arcillas rojas y conglomerados son residuales.

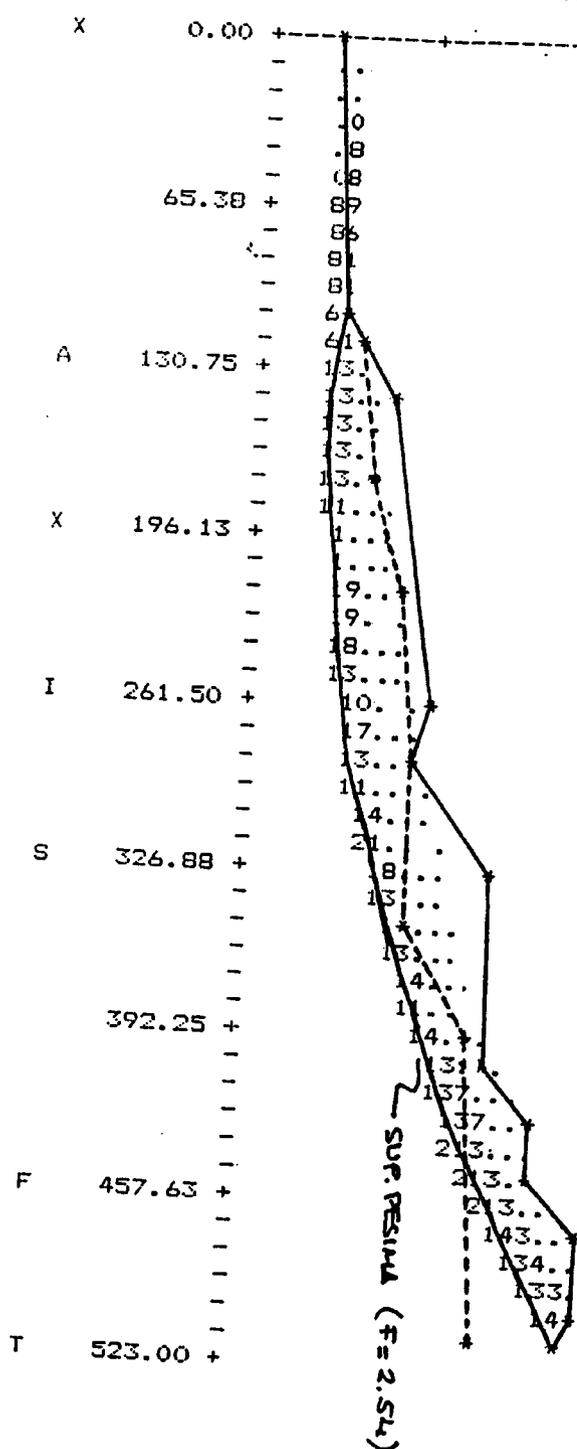
Se obtienen los siguientes valores de coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis consideradas:

Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento
Situación actual	$F = 2,54$
Nivel freático alto	$F = 2,0$
N.F. alto + sismo	$F = 1,32$

El deslizamiento parece haber evolucionado ya a una configuración estable, incluso con la incidencia simultánea del sismo previsible y de un régimen pluviométrico intenso.

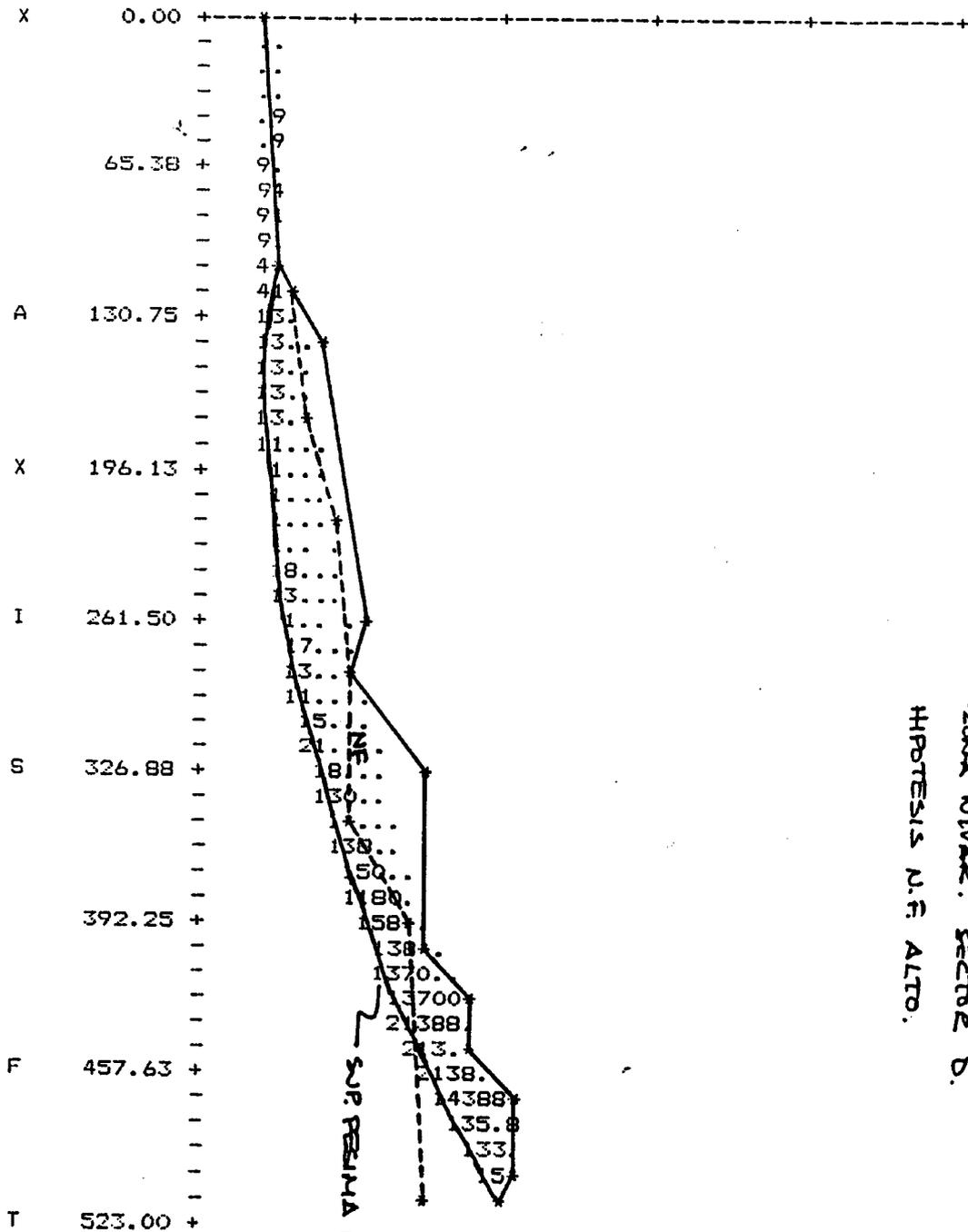
Y A X I S F T

0.00 65.38 130.75 196.13 261.50 326.88



Y A X I S F T

0.00 65.38 130.75 196.13 261.50 326.88

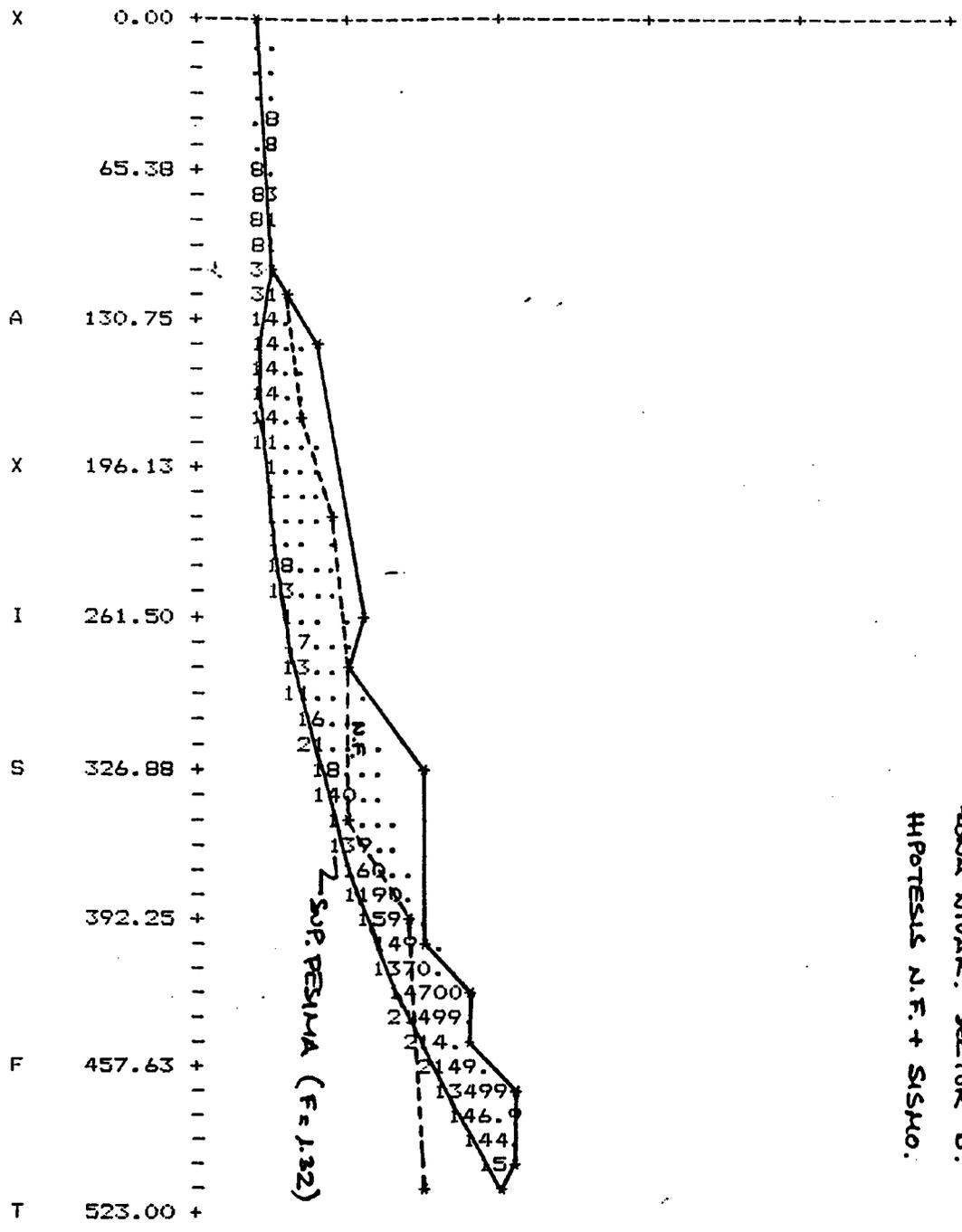


ZONA UIVAR. SECTOR D.
HIPOTESIS N.F. ALTO.

S.P. PERJANJA (F=2.00)

Y A X I S F T

0.00 65.38 130.75 196.13 261.50 326.88



ROJA NIJAR. SEKTOR D.
 HIPOTESIS N.F. + SISJAO.

Se considera este sector de riesgo potencial bajo.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

SECTOR E

Deslizamiento rotacional que interesa a margas, limos y arenas. Alimentación hídrica procedente de calizas lacustres situadas sobre la cabeza del mismo.

Se han considerado con carácter conservador los parámetros de resistencia al corte siguientes:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno ϕ' (°)	Cohesión c' (t/m ²)	Peso específico (t/m ³)
Margas, limos y arenas	25	0	1,9
Calizas lacustres	40	10	2,9

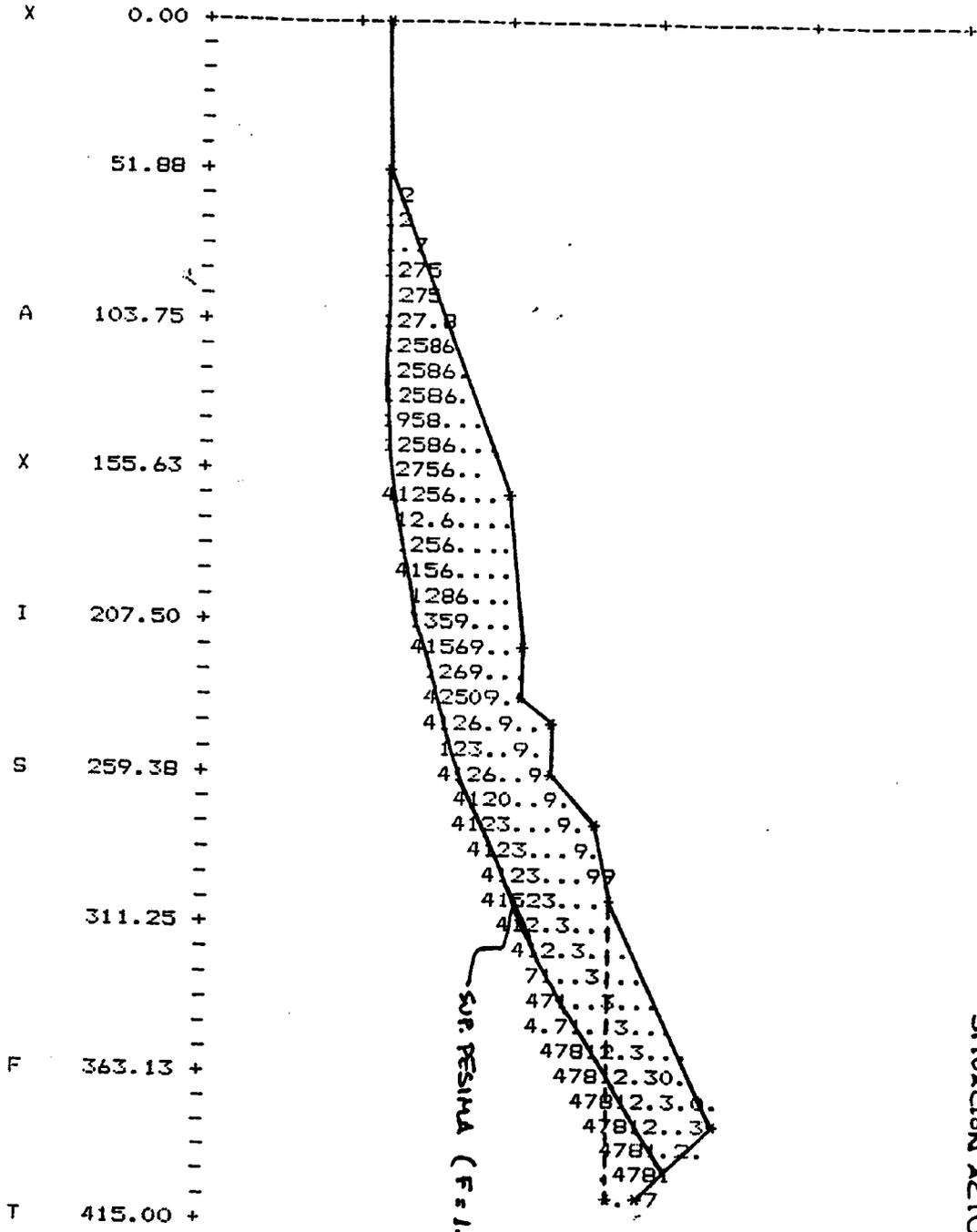
Los parámetros asignados a las margas, limos y arenas son residuales.

Se obtienen los siguientes valores de coeficientes de seguridad en las distintas hipótesis realizadas:

Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento
Situación actual	$F = 1,67$
Nivel freático alto	$F < 1$
N.F. alto + sismo	$F < 1$

Y A X I S F T

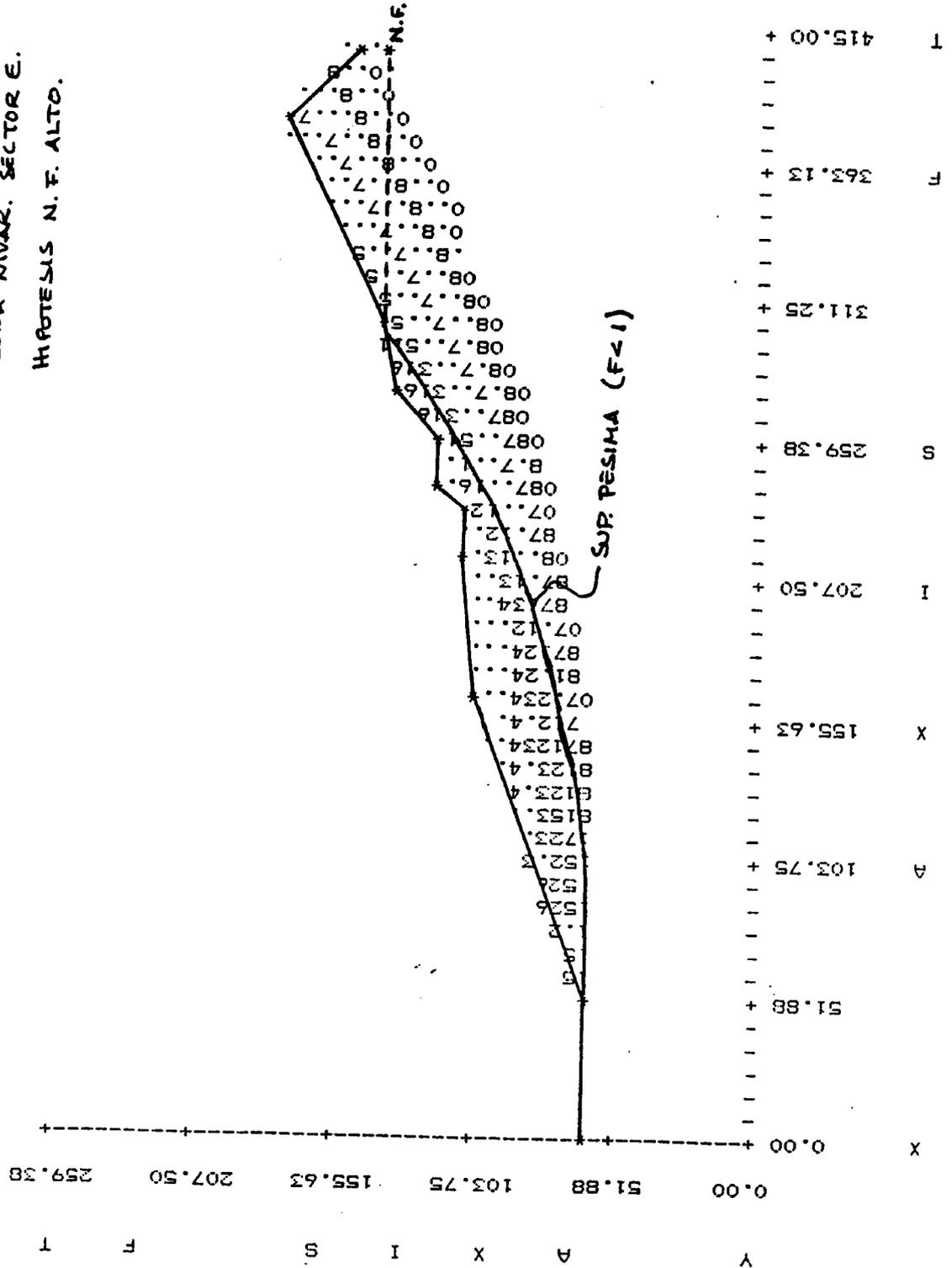
0.00 51.88 103.75 155.63 207.50 259.38



SOP. PESIMA (F=1.67)

ZONA NIVAR. SECTOR E.
SITUACION ACTUAL.

ZONA NIVAR. SECTOR E.
 HIPOTESIS N.F. ALTO.



El deslizamiento se encuentra en condiciones aceptables de estabilidad en su estado actual. La sobreelevación del nivel freático en la zona producida por un régimen pluviométrico intenso, con o sin la incidencia simultánea del sismo previsible, pueden generar la desestabilización general de la ladera.

Se considera este sector de riesgo potencial alto.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

SECTOR F

Deslizamiento de gran envergadura, responsable de las catástrofes de 1755 y 1884, de arcillas y conglomerados sobre margas lacustres. Asimilable a un movimiento de tipo plano.

Se han considerado los siguientes parámetros de resistencia al corte, con carácter conservador:

Suelo tipo	Angulo de rozamiento interno ϕ' (°)	Cohesión c' (t/m ²)	Peso específico (t/m ³)
Arcillas y conglomerados	27	1	1,9
Margas lacustres	25	0	1,9
Calizas lacustres	40	10	2,9

Los parámetros asignados a las arcillas y conglomerados y a las margas lacustres son residuales.

Se obtienen los siguientes valores de coeficientes de seguridad para las superficies pésimas en las diferentes hipótesis consideradas:

Hipótesis	Estabilidad general del deslizamiento
Situación actual	$F = 2,11$
Nivel freático alto	$F = 1,11$
N.F. alto + sismo	$F < 1$

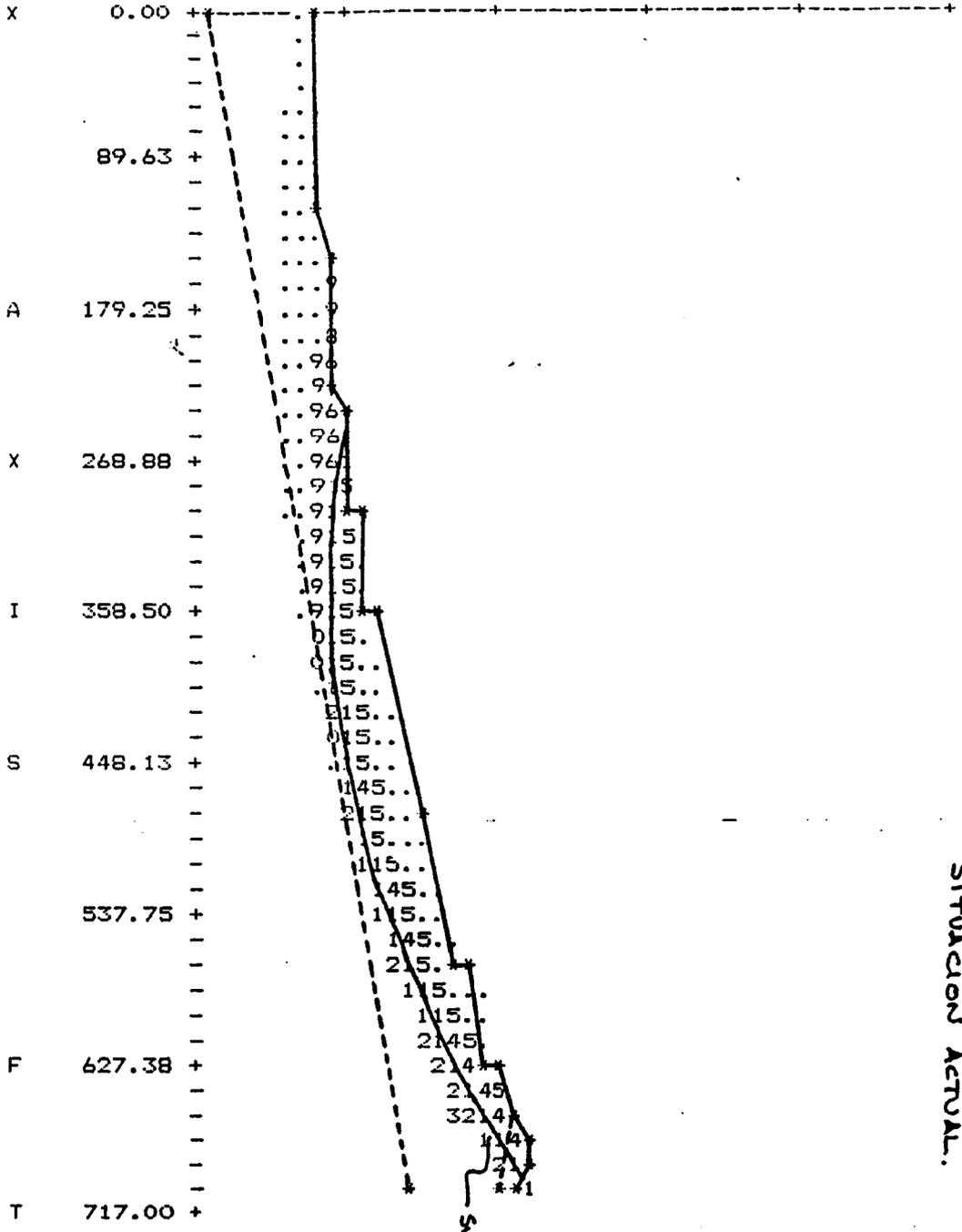
Este deslizamiento parece encontrarse en condiciones aceptables de estabilidad en su situación actual e incluso ante la ocurrencia en la zona de un temporal de precipitaciones abundantes. La incidencia conjunta de esta última situación y del sismo previsible en la zona podría desencadenar una reactivación del deslizamiento.

Se considera este sector de riesgo potencial medio.

Se adjuntan unos perfiles con la situación de las superficies pésimas obtenidas en los cálculos.

Y A X I S F T

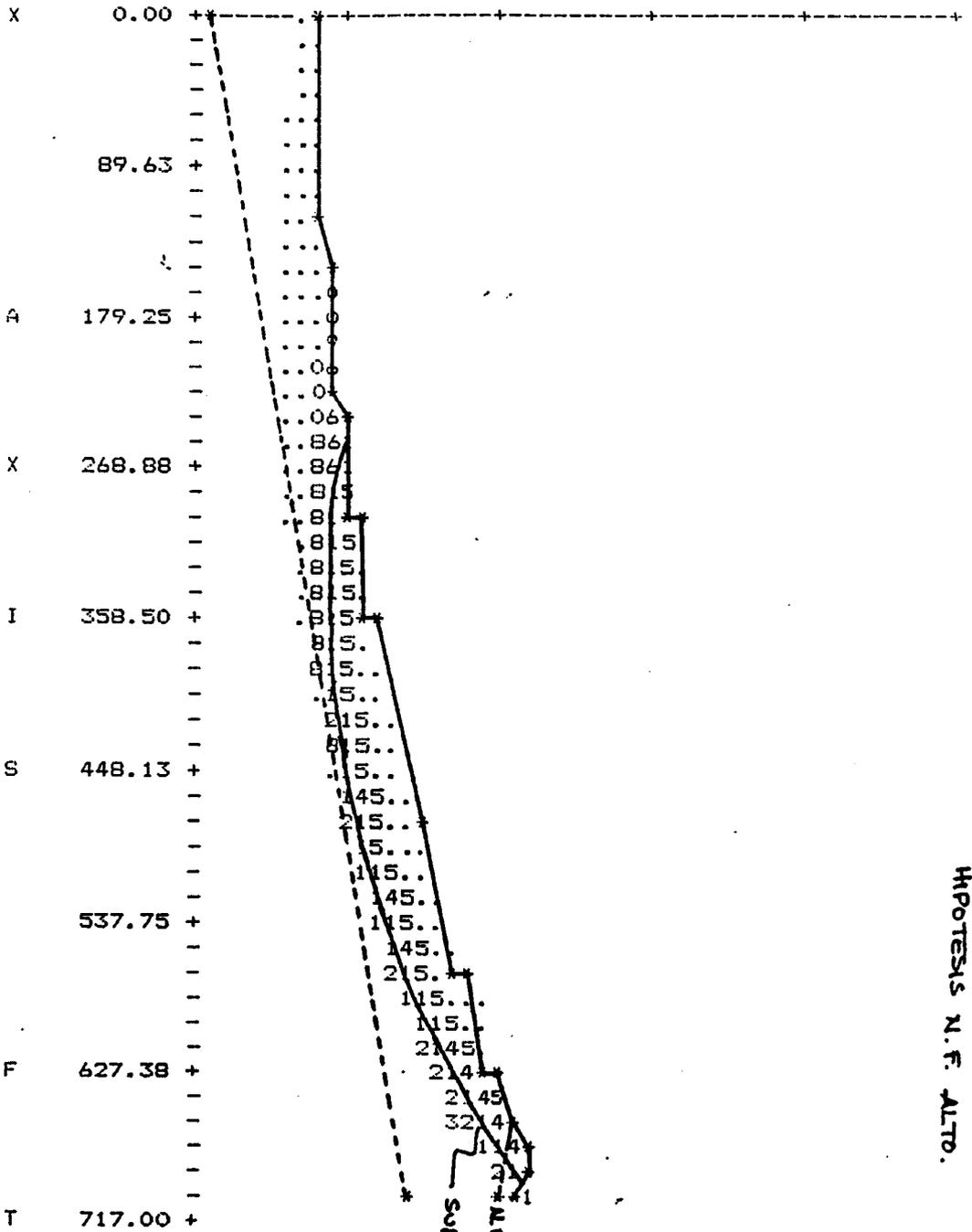
0.00 89.63 179.25 268.88 358.50 448.13



BOVA NIVAR. SECTOR F.
SITUACION ACTUAL.

Y A X I S F T

0.00 89.63 179.25 268.88 358.50 448.13



SUP. RESIDUA (F=J.J)

N.F.

BRUNO NIVAR. SECTOR F.
HIPOTESIS N.F. ALTO.

5. ESTUDIO DE RIESGOS

Con el análisis de los resultados obtenidos en los estudios parciales climáticos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos, se ha confeccionado un mapa de riesgos de movimientos de ladera a escala 1:5.000 del entorno del pueblo de Nivar.

En este mapa se ha realizado una zonificación de riesgos por áreas de misma potencialidad en lo referente a estabilidad, basado fundamentalmente en los análisis parciales de las zonas predeterminadas en el mapa geomorfológico, denominadas de la A a la F, y que con posterioridad han sido objeto de un estudio geotécnico.

Lógicamente, las líneas que delimitan la separación entre zonas, no deben ser consideradas estrictas, dado el carácter subjetivo de este tipo de estudio, en donde el grado de afinamiento es imposible.

A continuación se definen las 3 zonas, en que se ha hecho la separación, así como los criterios adoptados para la misma:

"RIESGOS DE INESTABILIDAD POTENCIAL"

Zonas situadas normalmente en cabeceras de deslizamientos remontantes o sobre áreas propensas a los mismos y/o cuya estabilidad sea potencialmente alta.

"RIESGO DE INESTABILIDAD"

Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes latentes y/o cuya estabilidad sea potencialmente mediana o baja.

"RIESGO DE ALTA INESTABILIDAD"

Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes activos y/o cuya estabilidad sea potencialmente baja.

En el plano se observa que la zona denominada de "Inestabilidad POTENCIAL" abarca la población de Nivar, así como una amplia zona al Norte, y el Escarpe del Castillejo.

La localidad de Nivar tiene una estabilidad aceptable, al ser la disposición estructural geológica en su base favorable, como ya se comentó en el apartado geomorfológico. No obstante, al estar situada en la cabeza de un antiguo deslizamiento, siempre hay que dar un margen de duda sobre todo para condiciones extremas de gran pluviosidad, y/o efectos sísmicos importantes.

La zona denominada de "INESTABILIDAD", comprende gran parte del plano, abarcando prácticamente la envolvente de los sectores estudiados en el plano geomorfológico, todos ellos situados sobre deslizamientos antiguos, con grandes marcas geomorfológicas de sus desplazamientos y cuyo análisis de estabilidad, le ha conferido un estado de potencialidad mediana o baja.

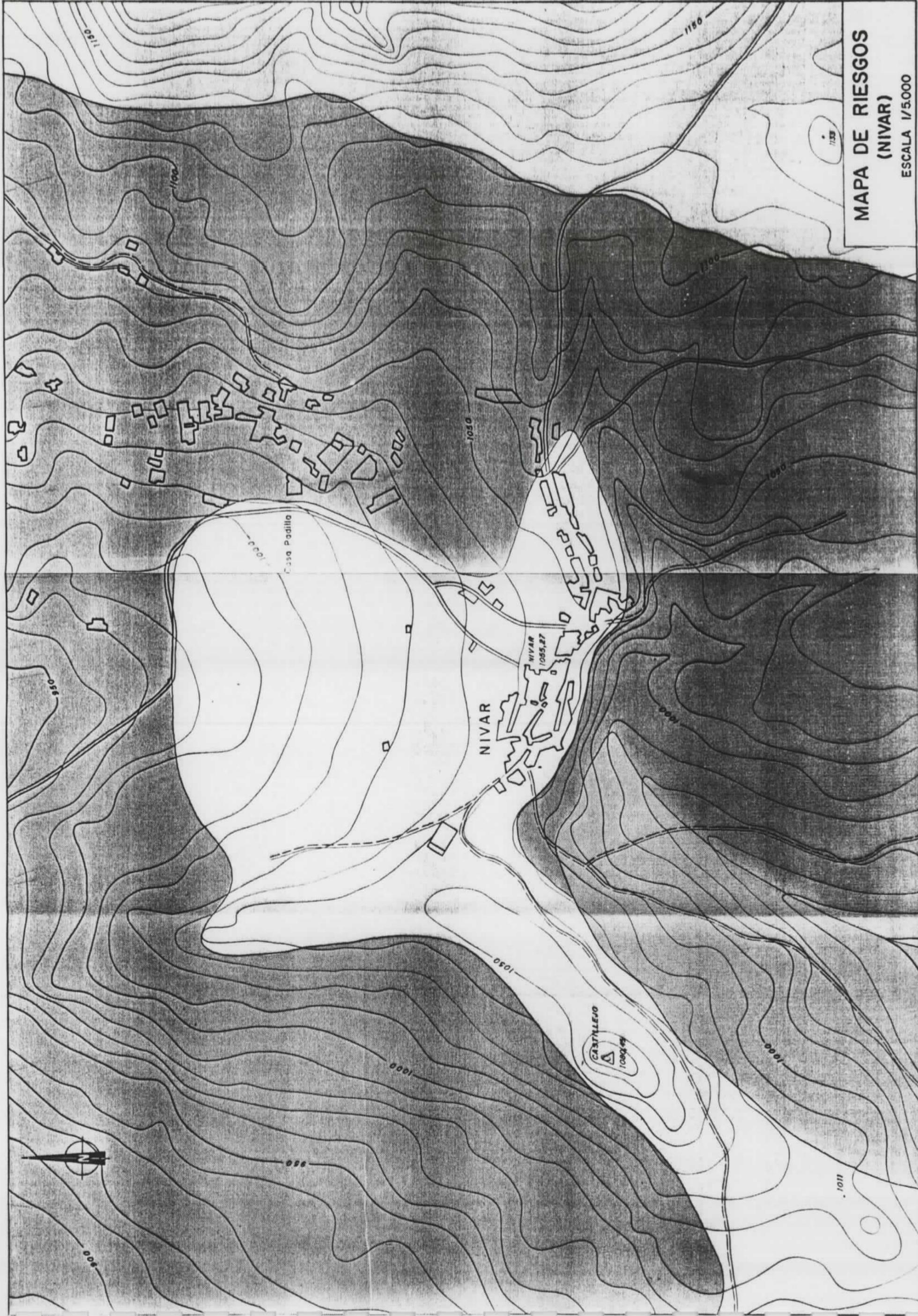
De todos ellos cabe destacar el sector F, que comprende la zona donde se ubicaba el antiguo pueblo de Güevejar, con fenómenos de movimientos constatados en 1755 y 1884, quedando la totalidad del pueblo destruída en este último año.

Es de destacar, igualmente, toda la zona residencial situada al Norte de Nivar, la cual está ubicada sobre antiguos deslizamientos, con cicatrices de las mismas, ocupando todos los alrededores.

Por último la zona denominada de "ALTA INESTABILIDAD" ocupa un área al Suroeste de Nivar, correspondiente al sector E, situado sobre un deslizamiento activo, y cuyo estudio geotécnico ha confirmado el grado de inestabilidad en que se encuentra.

MAPA DE RIESGOS
(NIVAR)

ESCALA 1/5.000



LEYENDA MAPA DE RIESGOS

"RIESGOS DE INESTABILIDAD POTENCIAL"



Zonas situadas normalmente en cabeceras de deslizamientos remontantes o sobre áreas propensas a lo mismos y/o cuya estabilidad, sea potencialmente alta.

"RIESGOS DE INESTABILIDAD"



Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes latentes y/o cuya estabilidad, sea potencialmente mediana o baja.

"RIESGOS DE ALTA INESTABILIDAD"



Zonas situadas sobre deslizamientos antiguos o recientes activos y/o cuya estabilidad sea potencialmente baja.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis global de los diferentes estudios realizados (climáticos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos), se ha confeccionado un mapa de riesgos geológicos de la población de Nivar, en donde han quedado reflejadas una serie de áreas, de mayor o menor estabilidad, y que pueden servir de orientación en la ordenación del territorio. Este estudio tiene un grado de afinamiento importante, sobre todo en los aspectos geológicos y geomorfológicos de la zona afectada.

El estudio geotécnico realizado no pretende ser más que una aproximación a la realidad del comportamiento que los deslizamientos pudieran tener ante la concurrencia de las situaciones desestabilizadoras consideradas, anomalías pluviométricas positivas y/o acción sísmica, ya que los parámetros geotécnicos considerados se han estimado en base a la práctica habitual de los estudios realizados en la zona.

Se recomienda en primer lugar ejecutar un análisis profundo de los mismos, efectuando sondeos, investigación geofísica, ensayos de laboratorio mediante los cuales se puedan determinar con precisión los valores reales de dichos parámetros, etc., con el fin de evaluar de forma exacta el alcance del riesgo en cada uno de ellos.

Se recomienda disponer medidas de corrección en los sectores A, C, E y F tendentes a drenar la masa afectada y a impedir la migración ladera abajo de masas ya movidas, evitando con ello la posibilidad de rotura progresiva. El empleo de muros de contención ejecutados con gaviones empotrados hasta una profundidad suficiente puede ser muy eficaz. Estos muros, adecuadamente dispuestos en planta, pueden cumplir incluso la función de drenes de grava en su zona baja, siempre que se asegure la salida de las aguas captadas por los mismos en su

zona inferior fuera del área afectada por el deslizamiento. Otras posibilidades en cuanto a drenaje de las masas potencialmente inestables pueden ser el empleo de drenes subhorizontales (tipo "dren californiano") o de galerías y pozos drenantes rellenos con grava, con la disposición más adecuada a cada caso concreto.

En cuanto a la estabilización de masas inestables puede ser también adecuada la utilización de anclajes profundos o bulones en determinados casos, sector D cuando las características geomecánicas del terreno lo aconsejen.

7. BIBLIOGRAFIA

DABRIO, et alt. Rasgos sedimentarios de los conglomerados Miocenos del borde Noreste de la depresión Granada. Estudios Geológicos nº 34. pág. 89-97.

DABRIO, et alt. 1978. Interpretación sedimentológica de materiales Neógenos. Borde Noreste, cuenca de Granada. Minas Rev. 1978. V 3 pág. 121-123.

DABRIO, C.J.; RUIZ BUSTOS. 1979. Los conglomerados de la Block-formation y su significación. Bol. Soc. Geol. Francesa. 1979. 2 pág. 5-55.

ESTEVEZ, A. y GALDEANO, S. 1980. La Neotectónica en los alrededores de Sierra Arana. Cuadernos Geolog. Univer. Granada. Vol 11. pág. 7-29.

ESTEVEZ, A. y GALDEANO, S. 1983. Neotectónica Sector Central Cadenas Béticas. Cuencas Guadix, Baza y Granada. Rev. Geol. Dinámica y Geografía Física. Vol. 24, Fase 1. pág. 23-34. París.

FOUCAULT, 1976. Complementos sobre la geología al Oeste de Sierra Arana y alrededores. Bol. Soc. Geol. Francesa. Vol. 7. Tomo XVIII, nº 3, pág. 649-658.

GARCIA DUEÑAS, U. y NAVARRO VILA, F. 1976. Alpujárrides, Maláguides y otras unidades alóctonas al Norte de Sierra Nevada. Bol. Soc. Geol. Frac. 7 Tomo XVIII. nº 3. pág. 611-618

NAVARRO NEUMANN. Consecuencias catastróficas de movimientos de tierra en masa, en los alrededores de Monachil. Bol. Cienc. Natur.

RODRIGUEZ FERNANDEZ, J. 1982. El Mioceno del Sector Central Cordilleras Béticas. Tesis Universidad Granada.

SKEMPTON, A.W. "Long term stability of clay slopes". Geotechnique, 19 pp. 75-101. 1964.

LOS OLIVARES

INDICE

1. INTRODUCCION
2. CLIMATOLOGIA
3. GEOLOGIA
 - 3.1. CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL
 - 3.2. LITOESTRATIGRAFIA
 - 3.2.1. Materiales del Manto de Moclín.
 - 3.2.1.1. Dolomías grises brechoides del liásico,
 - 3.2.1.2. Calizas oolíticas blancas.
 - 3.2.1.3. Calizas nodulosas con silex.
 - 3.2.1.4. Calizas nodulosas brechoides.
 - 3.2.1.6. Depósitos de flysh circumbético.
 - 3.2.2. Materiales de relleno de la Depresión de Granada.
 - 3.2.2.1. Depósitos de arcillitas y limolitas rojizas.
 - 3.2.3. Depósitos cuaternarios.
 - 3.3. TECTONICA Y SISMICIDAD
 - 3.3.1. Tectónica regional.
 - 3.3.2. Neotectónica-tectónica local.
 - 3.3.3. Sismicidad.
 - 3.4. GEOMORFOLOGIA
 - 3.4.1. Introducción.
 - 3.4.2. Características geomorfológicas.
 - 3.4.3. Dinámica cortical.
 - 3.4.3.1. Erosión fluvial.
 - 3.4.3.2. Movimientos en masa.
 - 3.4.3.3. Zonas de aterramiento.
 - 3.5. HIDROGEOLOGIA.
4. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

5. ESTUDIO DE RIESGOS

5.1. RIESGOS DE INESTABILIDAD DE LADERA

5.1.1. Deslizamientos y coladas de barro.

5.1.2. Desprendimientos y desplomes.

5.1.3. Reptaciones superficiales.

5.1.4. Análisis geomecánico de los movimientos.

5.2. RIESGO DE INUNDACIONES

5.3. RIESGO SISMICO

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. INTRODUCCION

La localidad de Los Olivares, pertenece administrativamente al Término Municipal de Moclín, y se sitúa a unos 23 Km al noroeste de Granada capital.

Posee una población en torno a los 1.000 habitantes, dedicados, en su gran mayoría, a las labores agrarias (cultivo de olivos principalmente), aunque por otra parte, existen numerosos desempleados y temporeros, siendo una de las zonas económicamente más deprimidas de toda la provincia.

Originariamente el pueblo ocupaba la margen izquierda del río Frailes o Velillos, pero el retorno de los emigrantes por un lado y el proceso de ligero desarrollo de los años sesenta, por otro, hizo que se construyera en la margen derecha del río, el barrio del Arenal que fue el que sufrió los efectos de la gran colada de barro o "mud flow", producida en Abril de 1986.

El presente estudio, pretende establecer una base geológico-geotécnica, para la prevención de los diversos riesgos geológicos del área, en orden a intentar minimizar aquellas, una vez hayan sido caracterizadas las distintas zonas con riesgo.

2. CLIMATOLOGIA

El clima de Granada puede considerarse atendiendo al índice de Thornwaitte, como perhúmedo, (con influencia nival), en las sierras mayores, húmedo las vertientes altas de aquellas, semiárido al pié de los sistemas montañosos y de extremada aridez en las cuencas interiores.

De acuerdo con lo comentado anteriormente, en los cuadros adjuntos se han recogido todos los datos correspondientes a las máximas pluviométricas de 24 horas entre las estaciones de Atarfe y Los Olivares, así como los distintos parámetros climatológicos correspondientes a la estación de Atarfe.

En el primero de ellos se observa una correlación clara a lo largo de los distintos años considerados (1954-1970), por lo que los datos de la estación de Atarfe son fácilmente extrapolables a Los Olivares. (Ver fig. 1).

Por otra parte, todos los meses salvo Marzo, Julio y Agosto, pueden arrojar máximos torrenciales y no están muy definidas las preferencias salvo un ligero porcentaje mayor de Diciembre (4/17). No obstante si consideramos valores superiores a 45 mm/24 h, todos los valores, excepto Junio del 55, se sitúan en otoño (4) y en invierno (2). Las lluvias torrenciales de otoño con suelo seco y agrietado, pueden ser muy perjudiciales, pero también las de invierno con suelo saturado pueden dar lugar a deslizamientos de ladera.

CUADRO 1

Datos climáticos de la estación Atarfe: $\left. \begin{array}{l} 3^{\circ}41' \text{ W} \\ 37^{\circ}13' \text{ N} \\ 598 \text{ m} \end{array} \right\}$

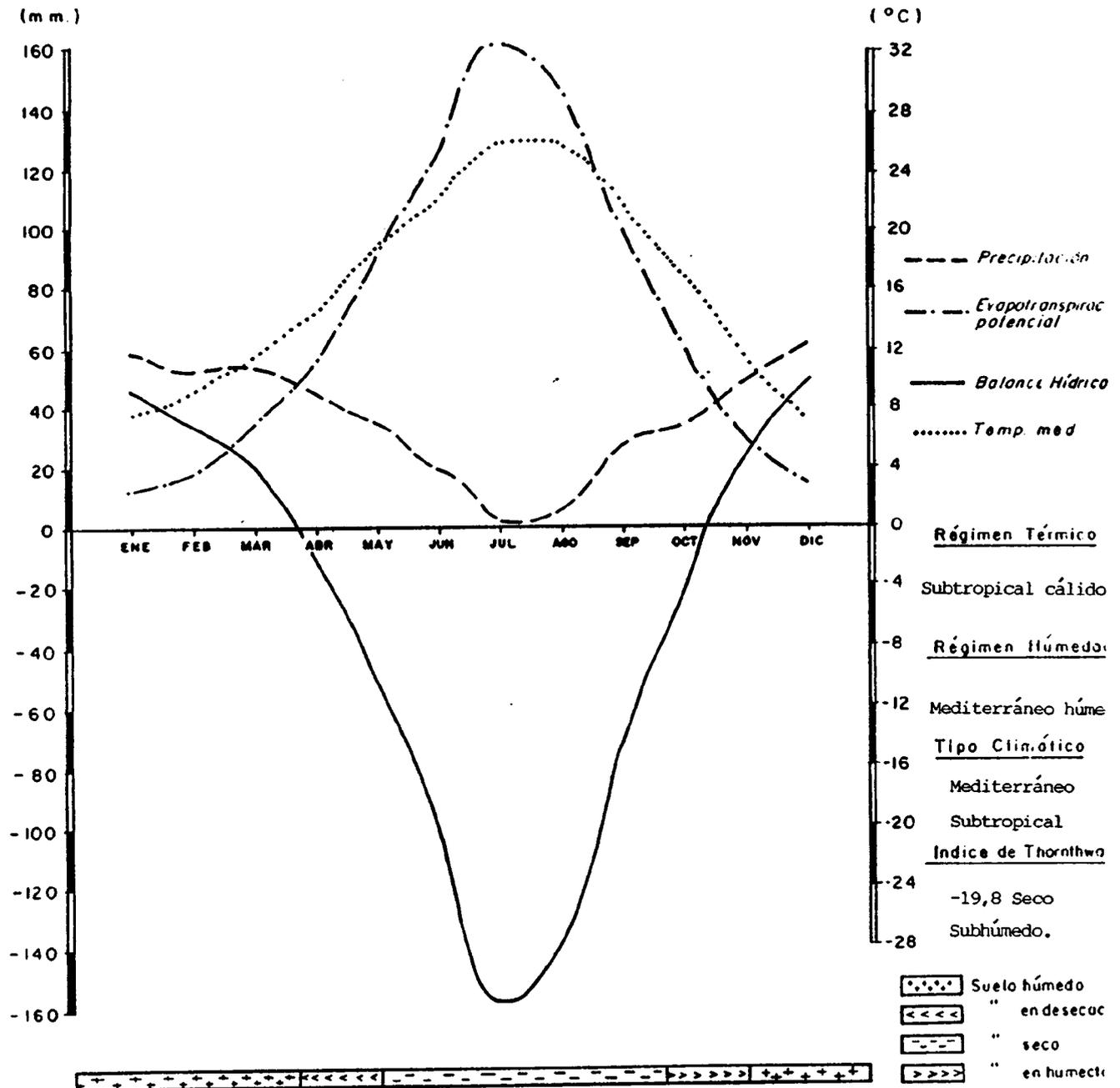
VALOR \ PERIODO		ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
TEMPERATURA °C	F. máxima	21,3	23,6	25,9	29,4	34,4	38,3	41,1	39,4	36,9	31,2	25,5	20,9	41,3
	T.Max.Med	14,5	15,8	19,6	22,0	27,1	31,2	36,0	34,9	30,8	24,6	18,2	14,5	24,1
	T. Media	7,6	8,7	11,8	14,2	18,2	22,0	25,8	25,2	21,7	16,8	11,2	7,7	15,9
	T.Min.Med.	0,8	1,6	4,1	6,3	9,2	12,8	15,7	15,4	12,6	8,7	4,2	0,9	7,7
	T.mínima	-4,5	-3,7	-1,6	1,0	3,9	8,2	12,0	11,4	7,4	2,7	-0,6	-4,0	-6,5
PLUVIOMETRIA	Precipitación	58	52	54	44	35	18	2	6	32	35	51	62	449
	Evapo trans. Potencial	13	18	34	56	88	122	161	144	99	61	28	15	839
	Bal.Hídrico	45	34	20	-12	-53	-104	-159	-138	-67	-26	23	47	-390
	Días de lluvia	7	8	8	8	6	3	1	1	3	4	7	8	64
	Días de nieve	0,4	0,4	0,1									0,2	1,1
	Precip.Med. en 24 h	8,29	6,50	6,75	5,50	5,83	6,0	2,0	6,0	10,6	8,75	7,28	7,75	7,02

CUADRO 2

Precipitaciones máximas en 24 horas. Comparación entre la estación completa de Atarfe y la pluviométrica de Los Olivares.

AÑO 19...	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
ESTACION																	
Atarfe	27,0 D	54,4 O	31,6 Ab	63,0 E	54,1 D	39,0 My	49,0 Mr	35,0 D	74,4 O	51,7 N	41,6 Jn	31,2 N	31,1 O	26,1 N	40,0 D	46,7 E	46,5 E
Los Olivares	20,5 Ab	49,8 Jn	38,0 Ab	41,0 My	30,4 D	33,5 My	45,1 O	34,3 D	50,9 O	49,1 N	35,2 D	54,3 S	36,6 F	38,5 Jn	47,5 D	59,0 E	28,4 E

ESTACION : ATARFE



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Precipitación media.	58	52	54	44	35	18	2	6	32	35	51	62	mm
Evapotranspiración media.	13	18	34	56	88	122	161	144	99	61	28	15	mm
Balance hídrico	45	34	20	-12	-53	-104	-159	-138	-67	-26	23	47	mm
Temperatura media	7,6	8,7	11,8	14,2	18,2	22,0	25,8	25,2	21,7	16,8	11,2	7,7	°C

FIG. 1 - Balance hídrico y datos climáticos

3. GEOLOGIA

3.1. ENCUADRE GEOLOGICO

El casco urbano de Los Olivares (perteneciente al Término Municipal de Moclín), se sitúa a orillas del río Velillos o Frailes, en la vertiente meridional de la Sierra de Moclín y a unos 23 Kms al noroeste, en línea recta, de Granada Capital.

Geológicamente, este lugar corresponde al sur del denominado Manto de Moclín, gran estructura tectónica, cuyos materiales han sido desplazados varios kilómetros hacia el noroeste desde su posición original al sur de Sierra Elvira, hasta el lugar que actualmente ocupa, y cuyo límite meridional viene marcado, en este sector, por un gran farallón de materiales calizos de edad jurásica (Lías) que enmarca al pueblo por el norte y noreste del mismo.

Dada la estructura tectónica de manto de corrimiento, los materiales calizos jurásicos mencionados, se sitúan por encima de unas margas y margocalizas de edad cretácica (y por tanto más moderna). El contacto entre las dos formaciones se distingue al noroeste del casco urbano. Hacia el norte del mismo, estas margas y margocalizas quedan recubiertas por arcillas y conglomerados de edad probablemente plio-pleistocénica y que corresponden, en su génesis, a mantos de arroyada cuyos materiales provienen de la sierra. Dichos depósitos impiden ver el contacto Jurásico-Cretácico, aunque probablemente se trate, en este área, de un contacto por falla normal, con hundimiento importante del labio meridional.

En el área del casco urbano, así como hacia el este, sur y oeste del mismo se disponen los depósitos cretácicos mencionados, por encima de los cuales se distinguen arcillas y conglomerados de naturaleza calcárea, correspondientes a conos de deyección y mantos de arroyada.

Sobresaliendo de entre estos materiales y fundamentalmente en la ladera oeste del pueblo (margen derecha del río Velillos), se pueden distinguir unos afloramientos rocosos de naturaleza carbonatada de notable extensión relativa. Son materiales jurásicos correspondientes a retazos del manto de Moclín.

Sobre esta disposición estructural se depositó una serie terciaria (neógena) que rellena la depresión de Granada, estando representada en este área por una masa de arcillitas y limolitas rojizas con intercalaciones conglomeráticas, cuyos espesores aumentan rápidamente hacia el centro de la depresión granadina, al ser ésta una zona fuertemente subsidente. Esta formación es reconocible a un kilómetro, al sur del pueblo en la margen izquierda del río Velillos.

Por último los depósitos cuaternarios, aparte de los conos de deyección y los mantos de arroyada mencionados, están representados por los aluviales del río Velillos, así como pequeños retazos de niveles de terraza, litológicamente compuestas por gravas redondeadas fundamentalmente calcáreas con matriz arenosa, limosa y progresivamente más arcillosa a medida que nos desplazamos hacia el sur.

Por otra parte, existen depósitos coluviales y de pie de monte poco transportados, constituidos por gravas angulosas calcáreas con matriz arcillosa, así como suelos residuales de alteración, de naturaleza principalmente margosa, dispuestos fundamentalmente a la formación cretácica.

3.2. LITOESTRATIGRAFIA

Como ya se ha comentado anteriormente, el pueblo de Los Olivares se sitúa en el límite entre el manto de Moclín localizado al norte del pueblo, y los depósitos detríticos terciarios, de medio de sedimentación continental, situados al sur del mismo. En consecuencia la descripción litoestratigráfica de los distintos materiales debe hacerse en función de las unidades consideradas anteriormente.

3.2.1. Materiales del Manto de Moclín

Esta gran unidad estructural, parece descansar sobre un triásico arcilloso-yesífero de facies germánica, y perteneciente estructuralmente al subbético Medio.

Esta base del manto de corrimiento, aflora en pequeños retazos muy poco visibles entre las arcillas pliocénicas del arroyo de la cañada, al pie del Puerto López. En el área de Los Olivares no llega a aflorar y por tanto la base sedimentaria la constituyen unos materiales carbonatados que a continuación se describen.

3.2.1.1. Dolomías grises brechoides del Triásico

Están constituidas por dolomías cuya potencia media es de unos 200 m aunque ésta es muy variable dado que la dolomitización es secundaria y en unos casos alcanza la serie mayor espesor, mientras que en otros queda confinada a la base de la misma. Geográficamente aparecen al comienzo (en sentido sur-norte) de la garganta del río Velillos en la margen derecha del mismo.

3.2.1.2. Calizas oolíticas blancas

Sobre los materiales anteriormente descritos, se dispone un gran paquete de calizas oolíticas blancas, masivas que forman las cumbres de la sierra. Con las salvedades en cuanto a dolomitización consideradas anteriormente, la potencia de estos materiales es de unos 500 m siendo de edad liásica, en parte inferior y media. Estos materiales aparecen también en los cerros aislados al sur de la sierra, al oeste del pueblo, y son los que forman la Angostura, a través de la cual, deslizó la lengua de flujo, en Abril de 1986.

3.2.1.3. Calizas nodulosas con sílex

El liásico superior y el Dogger inferior, están formados por unos 80 m de calizas grises nodulosas, algo detríticas y con abundantes sílex. La parte alta de esta serie parece ser discontinua en su estratificación incluyendo algunas lagunas estratigráficas. En otros lugares la serie es continua y el nivel correspondiente al Malm (Jurásico Superior) es concordante con el conjunto descrito.

3.2.1.4. Calizas nodulosas brechoides

El Malm se presenta como calizas nodulosas con aspecto brechoide y con colores variados desde el gris al rojizo; su potencia es de unos 40 m siendo en general poco visible.

3.2.1.5. Materiales margosos del Infracretácico

La serie mesozoica del Manto de Moclín, parece culminar en un conjunto de materiales que incluye calizas margosas, margo-calizas y margas blancas. Los dos primeros elementos se disponen en capas finas centimétricas, tableadas y alternantes, en tanto que las margas se disponen en bancos y capas masivas sin estrati-

ficación aparente. La distribución de unos y otros materiales está poco definida en los 50-60 m de la serie, tanto por existir frecuentes cambios laterales de facies y pasos graduales de una a otra litología, cuanto por las frecuentes fallas que compartimentan el conjunto y ponen en contacto capas de distinta edad. Si a esto se une el hecho de que se trata de materiales fácilmente alterables en superficie y por tanto cubiertos por un suelo de alteración casi continuo, se verá que es difícil determinar la serie estratigráfica con detalle. Es posible sin embargo, poder decir que las margas predominan en la mitad inferior del conjunto y las margocalizas - calizas margosas en la parte alta.

Geográficamente forman la mayor parte del territorio sobre el que se asienta el casco urbano de Olivares tanto al este como al oeste del río Velillos. Se extienden por el oeste hasta el límite municipal y se reconocen hasta el collado de la carretera de Berbe Bajo a partir del cual, hacia el sur, quedan cubiertas por arcillas pliocénicas.

En el cauce del río desaparecen unos 800 m al sur del puente de la carretera de Tiena y en la orilla occidental se prolongan hasta 1 Km del cauce ; no obstante en este área la estructura es mucho más compleja y los afloramientos cretácicos son discontinuos, en parte por la irrupción de los cerros liásicos y en parte por quedar cubiertos de los derrubios de ladera.

Dada la importancia que, como se verá, tiene la serie cretácica en la generación y desarrollo de los movimientos de ladera se ha considerado conveniente hacer un análisis mineralógico de sus componentes arcillosos.

Se ha reconocido una gran riqueza en esmectitas, minerales muy parecidos a la Montmorillonita y, como ésta, muy expansivos. Cuando se encuentran en estado sano las margas formadas por esmectitas y carbonato cálcico son prácticamente inertes, sin embargo al alterarse superficialmente los carbonatos se disuelven y emigran por lo que la capacidad de cambio de volumen de la esmectita puede actuar. Además dado que son materiales que han sufrido tremendas presiones en su instalación actual, recordemos que se trata de componentes de un manto de corrimiento, la consolidación original es muy alta (porosidad muy baja) al alterarse por las modificaciones de humedad del suelo su capacidad de retención de agua aumenta enormemente y tras la desecación queda una estructura microscópica mucho más floja que la original. Es esta estructura alterada la del suelo superficial la que tras una nueva saturación se inestabilizará. La eliminación del suelo por medios artificiales no hará sino retrasar el proceso por cuanto el nuevo nivel sano expuesto se alterará dando otro suelo al cabo de pocos años.

3.2.1.6. Depósitos de flysh circumbético

Por encima del Infracretácico definido anteriormente, se ha reconocido finalmente al oeste del Morrón de Calera y por encima de los 1.100 m de altitud, unos materiales de tipo flysh formados por margas, margocalizas detríticas y calizas bioclásticas de edad indeterminada entre el cretácico superior y el Mioceno inferior.

3.2.2. Materiales de relleno de la depresión de Granada

Sobre los elementos emplazados del Manto de Moclín, definidos con anterioridad, se reconoce en el entorno de Los Olivares, un conjunto de materiales terciarios potentes y que

corresponde a rellenos de la cuenca de Granada desde el Mioceno terminal hasta la actualidad.

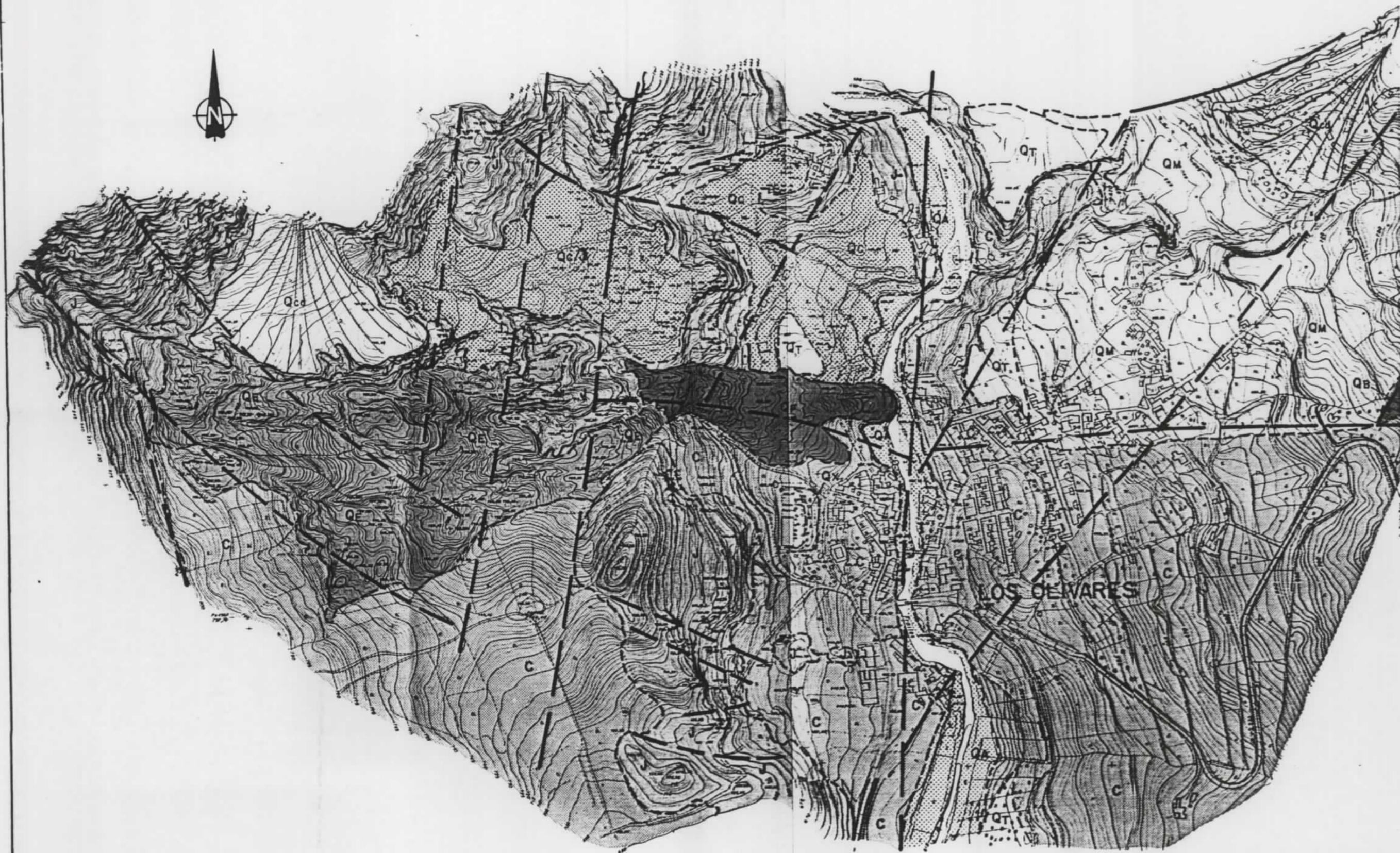
3.2.2.1. Depósitos de Arcillitas y Limolitas rojizas

El representante típico de los depósitos de la depresión de Granada, lo constituye una potente serie de arcillitas y limolitas rojizas con pasadas conglomeráticas que incluye el Mioceno terminal, el Plioceno, y posiblemente la base del Pleistoceno. Se disponen en forma subhorizontal con cierta inclinación sinsedimentaria en áreas próximas a la sierra.

La potencia de estos materiales crece rápidamente a partir de su contacto (discordante), con los materiales subbéticos como consecuencia de la subsidencia continuada de la depresión granadina.

3.2.3. Depósitos cuaternarios

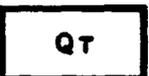
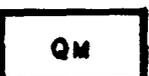
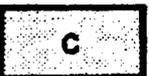
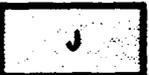
El mismo carácter de fondo de cuenca con actividad tectónica hasta la actualidad que tiene el área, ha determinado la existencia de pequeñas zonas en las que se han acumulado depósitos pleistocénicos y holocénicos en general, sedimentos o derrubios de ladera que luego han sido disectados por la red fluvial secundaria en su erosión remontante, pero también existen depósitos aluviales, terrazas fluviales, conos de deyección y suelos residuales de alteración que enmascaran en parte el substrato de la zona.



MAPA GEOLOGICO
(LOS OLIVARES)
ESCALA 1/ 5.000

LEYENDA MAPA GEOLOGICO

- LOS OLIVARES -

CUATERNARIO		Colada de fango.
		Echadizos.
		Margas con deslizamientos activos.
		Gravas arenosas.
		Gravas arenosas y arcillosas.
		Arenas y brechas.
		Bloques calcáreos sobre margas.
		Arcillas con arenas y gravas (manto de arroyada).
		Gravas arenosas y arcillosas
		Margas, argilitas y margocalizas.
JURAS. (LIAS) CRETAC.		Dolomias y calizas.
		Dirección y cantidad de buzamiento.
		Falla.
		Falla supuesta.
		Contacto de formaciones

3.3. TECTONICA Y SISMICIDAD

3.3.1. Tectónica regional

Posteriormente a la instalación del Manto de Moclín, sobre el Subbético Medio se ha producido un período tectónico de distensión, fruto del cual es el hundimiento del substrato de la Vega de Granada. (Ver fig. 2).

Las consecuencias de estos movimientos en los materiales mesozoicos, se marcan como estructuras distensivas del tipo de fallas normales dispuestas según tres familias principales.

1° N - 40° E

2° N - 150° E

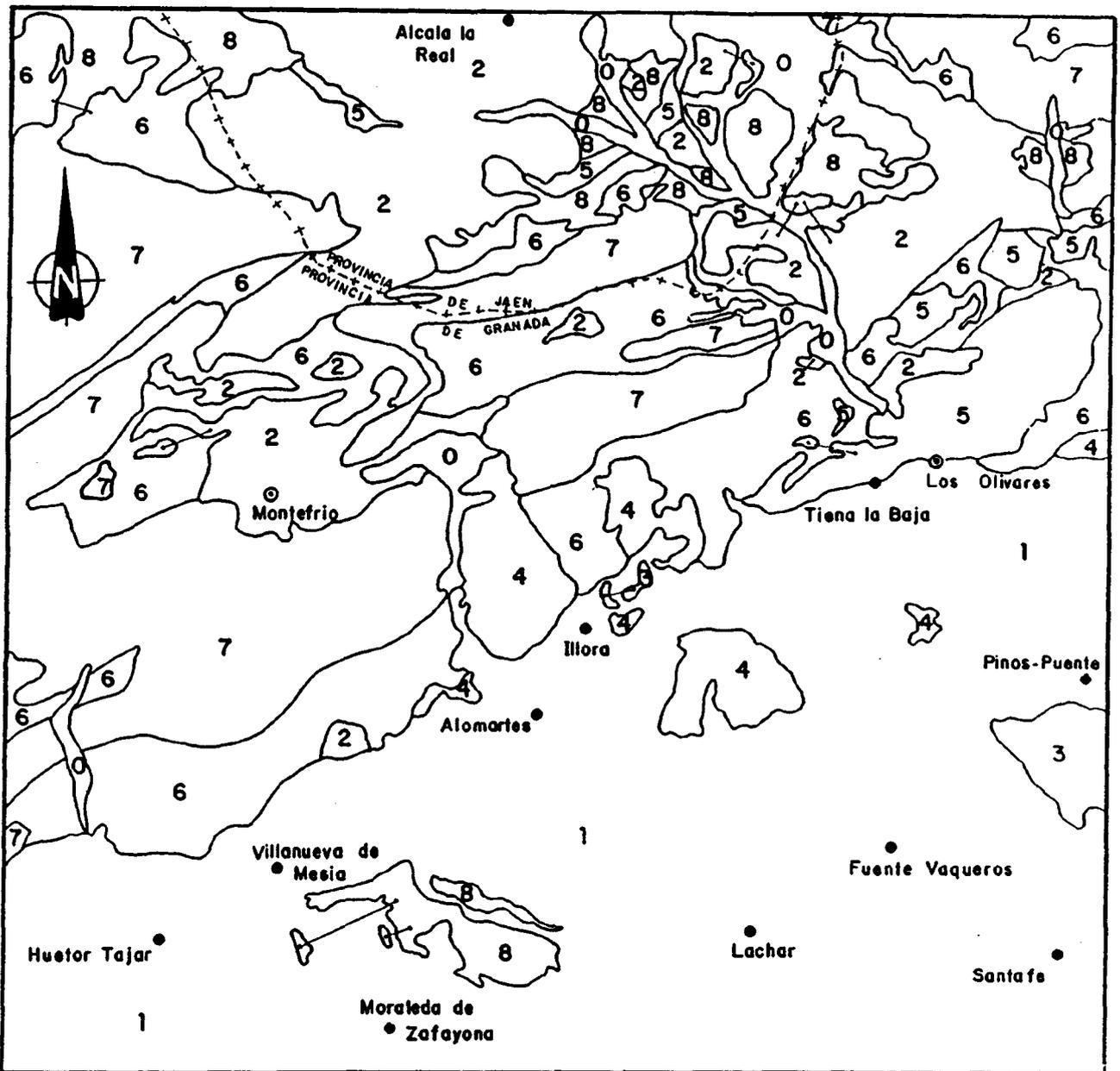
3° N - 75° E

Esta última corresponde al borde sur de la sierra y sufre ciertas inflexiones por el oeste; probablemente es la familia más antigua ya que está cortada por las otras dos.

La primera familia es muy importante en la mitad occidental de la Sierra de Moclín, y da lugar al escalonamiento y disposición NE - SW de las cumbres, siendo su buzamiento de unos 70° hacia el NW.

La segunda familia, francamente vertical, es dominante en el centro y este de la Sierra y a ella se adapta el río Velillos a lo largo del cañón.

Los bloques calizos aislados, se disponen según series monoclinales, salvo el caso de la cumbre de Moclín (1.251 m) en la que, si bien las capas se disponen según una dirección E-W con buzamiento medio fuerte al norte, hay inflexiones locales



E: 1/200.000

- | | |
|-------------|---|
| 0 - Dominio | cuaternario. |
| 1 - Dominio | postorogénico- Formación Vega de Granada. |
| 2 - Dominio | preorogénico- Terciario pretectónico. |
| 3 - Dominio | Subbético- Formación de Sierra Elvira. |
| 4 - Dominio | Subbético- Unidad Parapanda. |
| 5 - Dominio | Subbético Sstr.- Manto de Moclin. |
| 6 - Dominio | Subbético Sstr.- Formaciones cretácicas |
| 7 - Dominio | Subbético Sstr.- Formaciones jurásicas. |
| 8 - Dominio | Subbético Sstr.- Formaciones triásicas. |

FIG.2.- ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL ENTORNO DE LOS OLIVARES

con dirección 170° y buzamiento de unos 35° - 40° al W. En general los buzamientos son fuertes indistintamente al NW y SE, aunque predominan los primeros, y las direcciones dominantes oscilan entre 40° y 55° .

Los materiales cretácicos carecen de afloramientos suficientes en los que pueda determinarse la dirección y buzamiento de forma fehaciente. Por otra parte, se producen en ellos, procesos de rotura similar (progresiva en la cabeza de capas tableadas según la inclinación de la cuesta) que enmascaran los verdaderos buzamientos. No obstante lo anterior, las fallas que afectan a los materiales rocosos de la Sierra, parecen afectar en continuidad a los depósitos cretácicos, aunque probablemente sin milonitizaciones tan intensas.

3.3.2. Neotectónica - Tectónica local

Desde un punto de vista neotectónico, en el área de Los Olivares no hay constancia de que a los materiales neógenos y cuaternarios les afectan fallas o fracturas, aunque a otros puntos de la Vega de Granada se hayan detectado estos fenómenos. No obstante es posible que existan estas estructuras, aunque dada la rapidez con que los materiales terciarios y cuaternarios se alteran, caso de existir aquellos, se encontrarían recubiertas y ocultas por depósitos alterados.

En cuanto a la tectónica local, las fallas reconocidas en el área; afectan fundamentalmente a los materiales carbonatados mesozoicos, según 3 direcciones predominantes.

1° N - S

2° E - W

3° N 120° - 140° E

En general estas estructuras son reconocibles únicamente en la margen derecha del río Velillos, ya que la margen izquierda, constituida por margas y margocalizas fácilmente alterables, inducen un emmascaramiento de aquellas estructuras. No obstante es previsible su existencia y así han quedado reflejados en los mapas correspondientes.

3.3.3. Sismicidad

Se conoce desde antiguo la gran actividad sísmica que presenta la provincia de Granada, que junto con el sector de Murcia, Alicante y Almería así como de los Pirineos centrales forma las áreas sísmicamente más activas de España.

Los datos que permiten evaluar la actividad sísmica de una región determinada, son de tres tipos: Elementos geotectónicos regionales, estadística sísmica y elementos geofísicos complementarios. El conjunto de todos ellos permite, por una parte, predecir la máxima intensidad previsible en una región determinada, y por otra, la probabilidad de que ocurra un sismo catastrófico en dicha región.

En este sentido, se han recogido en el cuadro adjunto, todos los terremotos de la región, tanto históricos como instrumentales, que han podido afectar al pueblo de Los Olivares con intensidades mayores de IV, ya que para intensidades sísmicas menores, no se producen fenómenos catastróficos ni, en general, inestabilidades superficiales.

En esta región, a partir del año 1950, los sismos pueden considerarse instrumentales, en los cuales es posible determinar, con un cierto error, los distintos epicentros. Estas localizaciones pueden variar algo de un año para otro, debido a que estudios regionales y locales detallados pueden dar lugar a pequeñas recolocaciones epicentrales de los sismos estudiados.

CUADRO Nº 3

FECHA			LONGITUD	LATITUD	INTENSIDAD	LOCALIDAD EPICENTRAL
DIA	MES	AÑO				
24	- IV -	1431	3° 40'	37° 14'	VIII	ATARFE (GR.)
5	- IV -	1504	5° 36'	37° 24'	X	CARMONA (SE.)
9	- XI -	1518	1° 52'	37° 13'	IX	VERA (AL.)
22	- IX -	1522	2° 30'	36° 55'	IX	ALMERIA
4	- VII -	1526	3° 34'	37° 11'	VIII	GRANADA
18	- VI -	1581	4° 00'	36° 50'	VIII	SIERRA DE ALHAMA (GR)
1	- XI -	1755	¿10° 00'?	¿37° 00'?	X +réplicas	W DEL CABO S. VICENTE
13	- XI -	1778	3° 36'	37° 12'	VII	GRANADA
27	- X -	1806	3° 40'	37° 12'	VIII	SANTA FE (GR)
15	- V -	1826	3° 36'	37° 12'	VII	GRANADA
17	- IV -	1863	3° 26'	37° 12'	VII	GUEJAR (GR)
28	- I -	1872	3° 22'	36° 45'	VII	MOTRIL (GR)
25	- XII -	1884	3° 59'	36° 57'	IX+Réplicas	ARENAS DEL REY (GR)
27	- II -	1885	3° 59'	36° 57'	VIII+Réplicas	ARENAS DEL REY (GR)
20	- X -	1895	3° 36'	37° 12'	VI	GRANADA
13	- X -	1897	3° 36'	37° 12'	VII	GRANADA
25	- V -	1901	3° 30'	36° 42'	VII	MOTRIL (GR)
16	- VI -	1910	3° 22'	36° 40'	VIII+Réplicas	ADRA (AL)
31	- V -	1911	3° 42'	37° 12'	VIII+Réplicas	SANTA FE (GR)
4	- VI -	1911	3° 42'	37° 12'	VII+Réplicas	SANTA FE (GR)
14	- IX -	1912	3° 36'	37° 12'	VI	GRANADA
10	- VII -	1917	4° 06'	37° 12'	VI	LOJA (GR)
28	- IV -	1918	3° 04'	37° 13'	VII+Réplicas	ATARFE (GR)

CUADRO N° 3 (Cont.)

FECHA			LONGITUD	LATITUD	INTENSIDAD	LOCALIDAD EPICENTRAL
DIA	MES	AÑO				
25	VIII	1919	3° 59'	37° 00'	VI	ALHAMA DE GRANADA
27	VII	1922	3° 34'	36° 59'	VII	DURCAL (GR)
19	V	1951	3° 56'	37° 35'	VIII	ALLAUDETE (J)
8	I	1954	3° 53'	36° 56'	VIII	ARENAS DEL REY (GR)
19	IV	1956	3° 41'	37° 11'	VIII+Réplicas	ALBOLOTE (GR)
29	I	1963	3° 37'	37° 03'	VI	DILAR (GR)
9	IX	1964	3° 37'	37° 05'	VII	OTURA (GR)
20	III	1979	3° 48'	37° 09'	VI	CHIMENEAS (GR)
20	VI	1979	3° 29'	37° 14'	VI	BEAS DE GRANADA (GR)
30	VII	1979	3° 40'	37° 06'	VI	ALHENDIN (GR)
31	VII	1979	3° 36'	37° 07'	VI	ZUBIA (GR)
26	XI	1979	3° 46'	36° 51'	VI	SIERRA DEL CHAPARRAL (GR).

3.4. GEOMORFOLOGIA

3.4.1. Introducción

La Sierra de Moclín forma parte como hemos dicho del límite norte-noroeste de la llanura granadina; es una alineación de unos 5 Km que se extiende desde Puerto López hasta el cañón de río Velillos y se continúa hacia el nordeste con el nombre de Sierra de Colomera. Son cúmbres abruptas con collados de gran altura y difícilmente franqueables. Las laderas tienen pendientes muy fuertes y el citado cañón del río, de unos 2,5 Km de longitud presenta cantiles en ambas márgenes.

Hacia el sur, el enlace con la llanura se establece mediante un amplio pedimento de unos 4,5 Km de longitud por unos 800 m de anchura, que salva los 290 m de desnivel existentes entre Tiena la Baja (711 m) y los 1.000 m del pie de la Sierra. Hacia el río Velillos el problema se complica con los afloramientos anteriormente citados de calizas liásicas aisladas. Estas dan lugar a cerros bastante abruptos que se destacan en la cuesta y forman cantiles localmente escalonados de 20 a 40 m de desnivel por el este mientras que por el oeste se apoya en ellos el citado pedimento de la sierra.

Estos contrafuertes dieron lugar durante el Plioceno y Pleistoceno, tras la erosión remontante del río Velillos, a pequeñas cuencas que se rellenaron de los productos de denudación de la sierra. En la zona en que se ha producido el deslizamiento existía una de estas pequeñas cuencas, en la que llegaron a depositarse materiales cuaternarios granulares, indistintamente sobre margas infracretácicas y calizas y dolomías jurásicas.

Estos depósitos de carácter granular se apoyaron en un circo formado por los cerros de Moclín al norte y al oeste, al este la citada serie de afloramientos discotínuos del Jurási-

co, que se disponen sensiblemente paralelos al río y cuyo punto más bajo es la llamada Angostura (canal entre los afloramientos calizos principales); al sur el límite es algo más impreciso, está formado por unas lomas suaves que forman la divisoria del barranco de la Paridera del Pino.

La potencia de estos materiales granulares puede alcanzar los 15 m, aunque es muy irregular, dado el carácter erosivo del fondo del depósito y la distinta competencia de margas y dolomías frente a la erosión.

Es posible que a lo largo de los tiempos cuaternarios, la Angostura pasara por diversas fases en las que el drenaje fuera más o menos factible, (téngase en cuenta la gran cantidad de bloques desprendidos de la Sierra, algunos de los cuales pudo obstruir temporalmente la salida), por otra parte, existen umbrales dolomíticos intermedios que pueden haber funcionado como niveles de base locales para algunos barrancos.

3.4.2. Características geomorfológicas

El núcleo original del pueblo de los Olivares, se situa en la margen izquierda del río Velillos o Frailes, aunque posteriormente se construyó también en la margen derecha del mismo.

Al llegar al pueblo por el sur desde la carretera de Tiena la Baja, llama la atención el gran farallón calcáreo que se alza por el norte, así como el cañón de paredes verticales del río Velillos.

Por otra parte, el pueblo dispuesto en la margen izquierda del río, se situa sobre una ladera de pendiente longitudinal tendida, con cultivos agrícolas, generalmente abancalados y con un suelo cohesivo de naturaleza arcillosa. En la margen

derecha en cambio, se distinguen asomos rocosos carbonatados con cantiles pronunciados, en cuya base se articulan suelos margosos y arcillosos, cuyas laderas presentan unas pendientes moderadas, similares a las de la margen izquierda del río.

Destaca así mismo por el oeste del pueblo, la gran colada de barro ya estabilizada, con un pedraplén de defensa en el frente del deslizamiento junto al río, así como los drenes laterales de evacuación de aguas.

Dicha colada de fango, se produjo en Abril de 1986 y casi sepulta la parte occidental del pueblo.

Por encima de la colada de fango y al oeste del estrecho canal entre las peñas calcáreas, canal que se ha dado a llamar Angostura, se reconoce un amplio sector con abundantes deslizamientos y corrimientos activos, origen de los materiales que alimentaron la gran colada de barro deslizada. El nombre de Bujeos que tiene este sector no debe ser ajeno a los procesos a que está sometido este lugar.

En otro orden de cosas y dentro del entorno de Los Olivares, se ha distinguido una serie de características y formas de modelado de relieve que vienen reflejados en el mapa geomorfológico adjunto. En él pueden distinguirse formas de modelado antrópico, como pueden ser construcciones, carreteras, terraplenes artificiales, puentes etc.

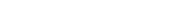
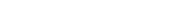
Dentro del conjunto de las formas estructurales, se han diferenciado por un lado, las fallas y fracturas, tanto comprobadas como supuestas, que tienen o no reflejo morfológico en el relieve, y por otro, aquellas formas acusadas como pueden ser cantiles, crestones y escarpes, así como zonas donde se producen cambios bruscos en las pendientes longitudinales.



MAPA GEOMORFOLOGICO
(LOS OLIVARES)

ESCALA. 1/5.000

LEYENDA MAPA GEOMORFOLOGICO

	Falla.
	Falla supuesto.
	Divisoria de arroyos o rios principales.
	Divisoria de arroyos secundarios.
	Divisoria aguda.
	Escarpe pronunciado o cantil.
	Linea de cambio de pendiente.
	Cuesta franca.
	Cimas redondeadas.
	Río o arroyo encauzado.
	Pedraplenes de defensa.
	Puentes.
	Pontones y pequeñas obras de paso.
	Núcleo urbano, con explanaciones y terraplenados importantes ($> 2\text{ m}$)
	Núcleo urbano, sin grandes excavaciones. ($< 2\text{ m}$)
	Río o arroyo de curso perenne.
	Río o arroyo de curso estacional.
	Arroyo o vaguada de curso esporádico.
	Barranco encajado.
	Rellenos y escombros.
	Colector entubado.
	Sumidero.
	Drenaje artificial.

También han quedado reflejados en el mapa mencionado, las líneas de divisorios fluviales principales, las cimas redondeadas, las áreas llanas, etc.

Respecto a morfología fluvial, se diferencian por un lado, los cursos de agua de carácter continuo, de aquellos otros que presentan un régimen hidráulico estacional o esporádico, resaltando especialmente aquellos que poseen una marcada incisión lineal, así como un encajamiento notable.

3.4.3. Dinámica cortical

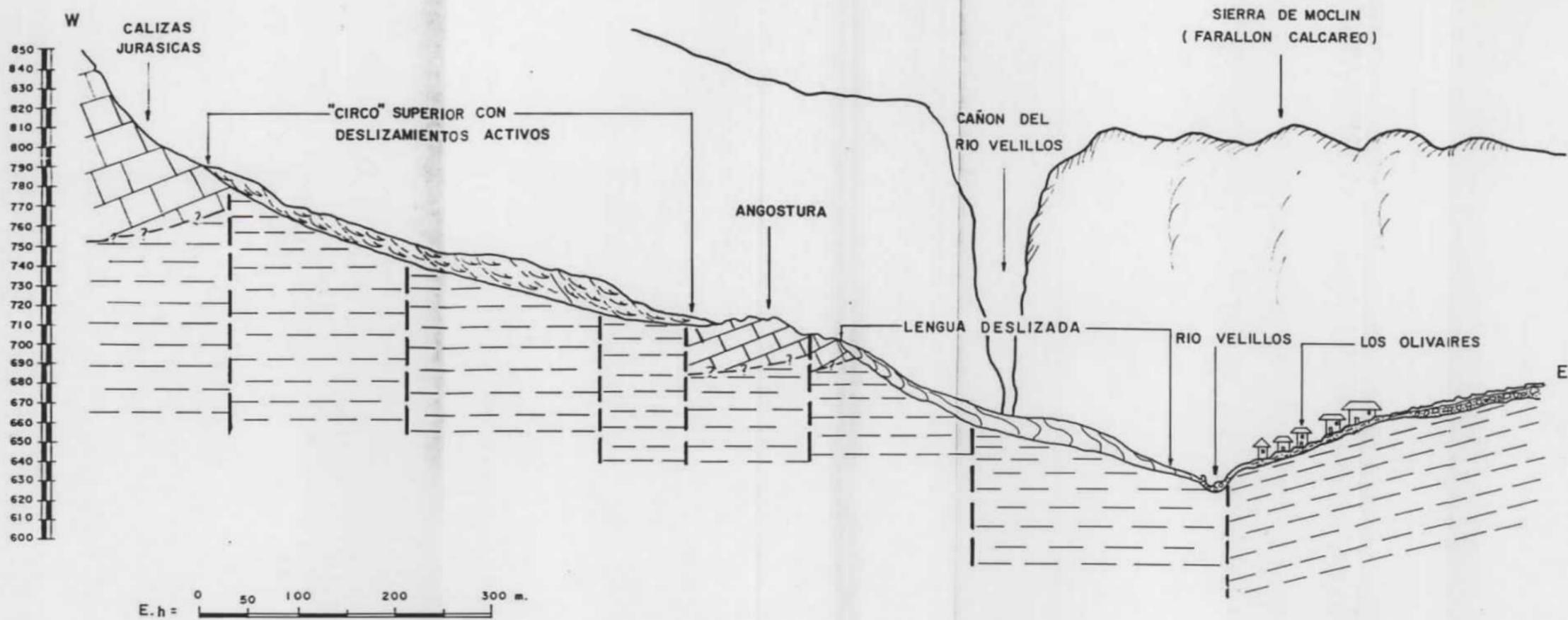
De acuerdo con las características geomorfológicas definidas anteriormente, y en función de la naturaleza de los materiales representados en el mapa geológico, se ha realizado un mapa de inestabilidades superficiales en el que se han diferenciado los procesos erosivos fluviales, las áreas de movimientos o inestabilidades, y la zona de posibles aterramientos.

Así mismo se ha consignado las líneas de falla en cuanto a que, al ser superficies preferenciales de disipación de energía, pueden contribuir, tanto al desprendimiento de bloques, como a desencadenar o acelerar deslizamientos y procesos solifluidales y de reptaciones superficiales.

En la figura nº 3 se representa un esquema, en corte transversal del valle, el modelado existente.

3.4.3.1. Erosión fluvial

Los procesos erosivos fluviales, quedan reducidos en el caso del río Velillos o Frailes, a las zonas cóncavas de los meandros cuando éstos se disponen sobre materiales blandos fácilmente removilizables (margocalizas cretácicas, gravas y arenas de terraza, arcilla y margas de la colada de fango,



h = 1/5.000
 E: v = 1/2.500

LEYENDA

- | | | |
|-------------|--|--|
| | | Arcillas (lengua deslizada) |
| | | Arcillas arenosas (suelos de alteracion) |
| Cuaternario | | Margas y arcillas (deslizamientos activos) |
| | | Gravas y arenas (Aluvial) |
| | | Gravas, arenas y arcillas (mantos de arroyada) |
| Cretacico | | Margas y margocalizas. |
| Jurasico | | Calizas y/o dolomias |
| | | Falla probable o deducida |

CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO.

etc). En los demás casos prácticamente no se producen procesos erosivos.

Con respecto a los arroyos, regueros y barrancos del área, los efectos erosivos se dejan sentir con especial intensidad aguas arriba de la Angostura en donde tanto las condiciones litológicas, morfológicas y orográficas, como las características hidrológicas, climatológicas y de vegetación, favorecen los procesos erosivos.

Otra área de gran incidencia erosiva, la constituye el barranco encajado situado al norte de la población, que desemboca en la margen izquierda del río Velillos aguas arriba de la lengua de fango.

Las demás zonas prácticamente no presentan fenómenos de erosión bien por ser material resistente a corto plazo (calizas y dolomías jurásicas), bien por haber efectuado prácticas de conservación de suelo (cultivos, abancalamientos, etc).

3.4.3.2. Movimientos en masa

Dentro de este apartado se ha reconocido cuatro tipos diferentes de movimientos que son los siguientes: deslizamientos circulares profundos, coladas de barro, reptaciones superficiales por procesos solifluidales y desprendimientos y desplomes de materiales competentes.

El primero de ellos, se ha reconocido aguas arriba de la angostura con una extensión superficial de unos 145.000 m², y forma una cubeta con abundantes deslizamientos circulares anastomosados, grietas en cabeza, superficies vivas de deslizamiento, etc. (Ver fig. 4).

Así mismo, se han reconocido estos tipos de movimiento, en las margenes del arroyo encajado situado al norte de la población, y que desemboca en la margen izquierda del río Velillos.

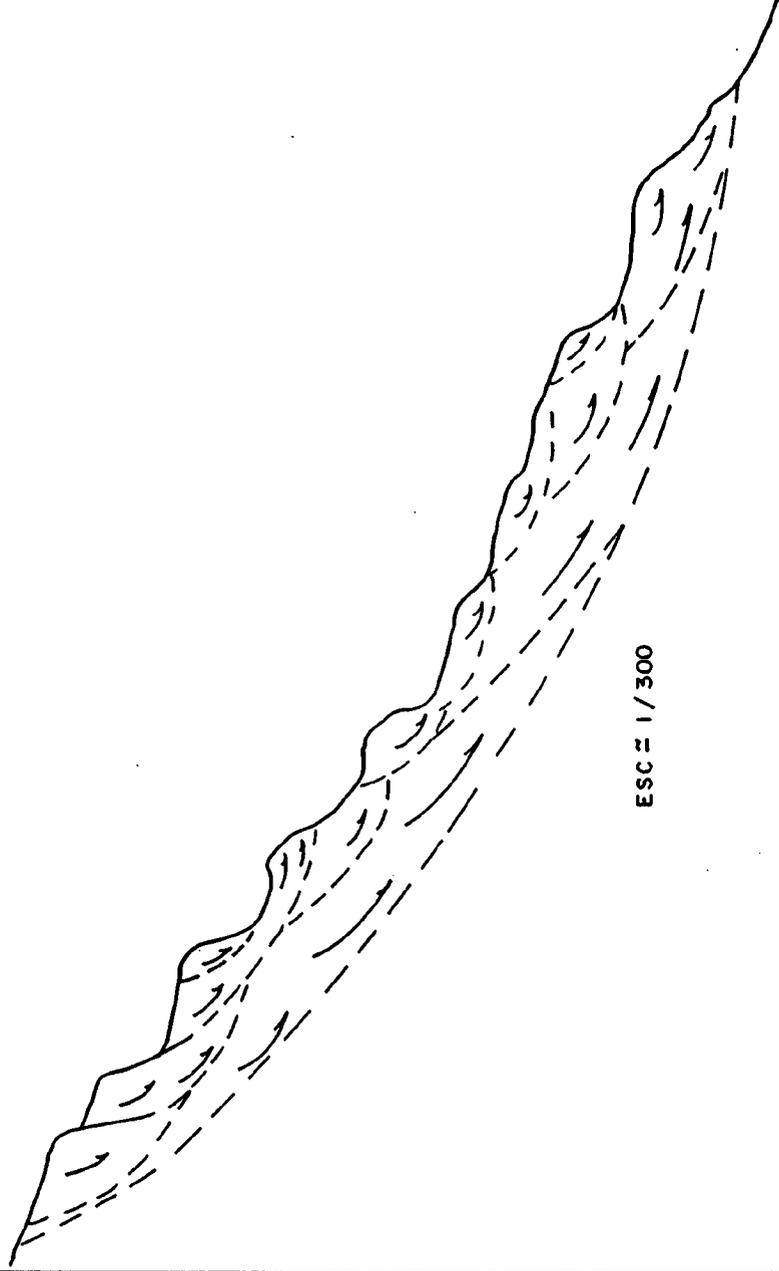


FIG. 4

El segundo tipo de movimiento mencionado es la colada de barro ("mud flow"), producida en Abril de 1986 y que dió lugar a la obstrucción parcial del río Velillos, afectando casi a las casas de la margen derecha del río. Presenta una extensión superficial de unos 28.000 m². Actualmente se encuentra estabilizada gracias a las medidas estructurales tomadas (drenes laterales, escollera en el frente de la lengua junto al río, etc.). No es previsible que vuelva a deslizarse esta colada. Lo que en principio sí es muy probable, dada la zona de acumulación de deslizamientos aguas arriba de la Angostura, es que se produzca una nueva colada con materiales provenientes de esta zona, cuyo desplazamiento hacia abajo se efectuaría por encima de la colada actual, fenómeno que debió producirse muy frecuentemente en el pasado. (Ver fig. 5).

Como medidas estructurales a realizar, para intentar evitar que se reproduzca este fenómeno, podrían tomarse en consideración entre otras, la construcción de un muro, con estribos apoyados en los materiales calcáreos de la Angostura, con drenes que evacuen el agua acumulada. Realización de drenes longitudinales y transversales aguas arriba de la Angostura que canalicen el agua de lluvia de los distintos deslizamientos, abancalamiento general de la zona, etc.

En la actual colada del barro podría efectuarse, así mismo, drenes transversales, replantación de árboles de crecimiento rápido, inyecciones de material estabilizante, abancalamiento, muro de escollera en el frente de la lengua, drenes horizontales que evacuen el contenido interno de agua de la lengua, etc.

El tercer tipo de movimiento comentado, corresponde a fenómenos de reptación y comprende prácticamente toda la margen izquierda del río Velillos donde se asienta la mayor parte del pueblo. Estos movimientos afectan a la capa superficial alterada, hasta una profundidad máxima de unos dos metros,

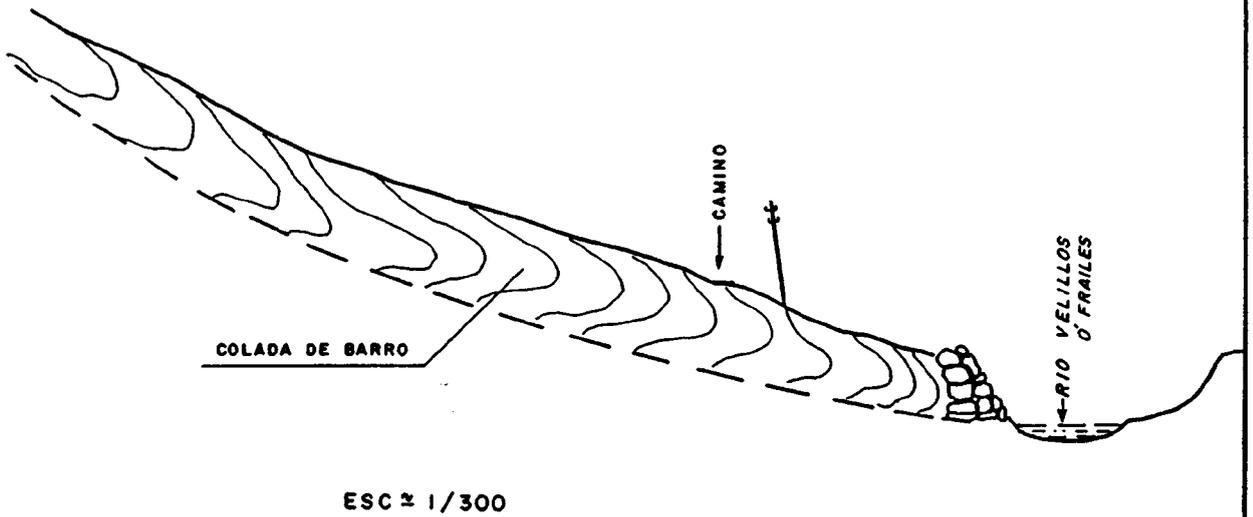
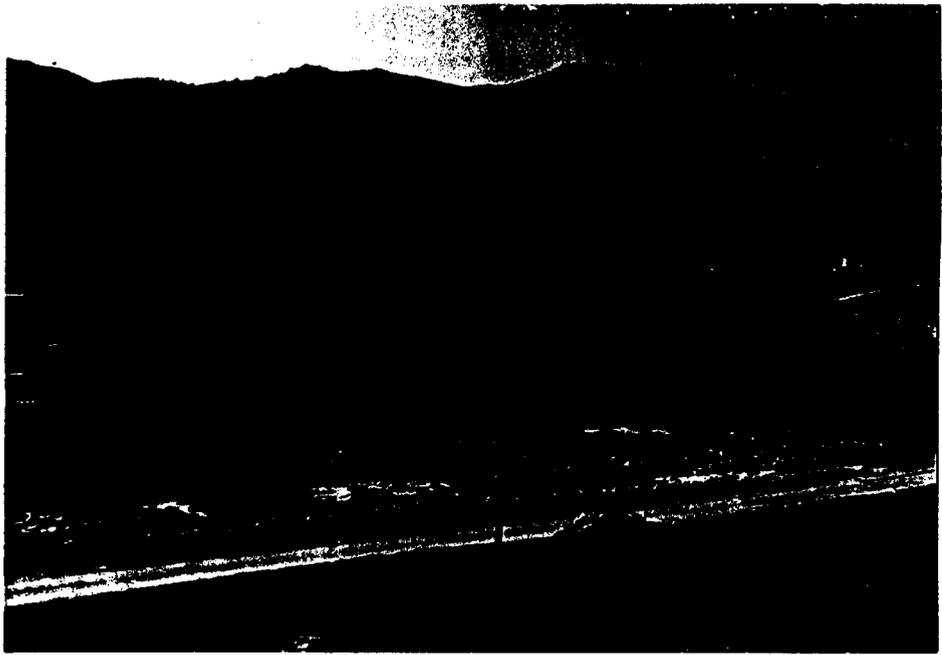


FIG. 5

y el hecho de haber efectuado bancales en esta zona, retarda y, en la mayor parte de los casos, impiden que se produzcan estos movimientos. (Ver fig. 6).

Por último, los desprendimientos y desplomes de materiales competentes, se producen en zonas puntuales marcadas en el mapa con un triángulo. Se han diferenciado aquellos desprendimientos que son de carácter, potencial, latente y activo. En principio, no existe un peligro de desprendimiento total, pero los volúmenes movilizados puntualmente, pueden ser en ocasiones muy grandes.

3.4.3.3. Zonas de aterramiento

Como zonas de aterramiento dentro del entorno municipal, se han considerado todas aquellas cartografiadas en el mapa geológico como conos de deyección, que presentan un riesgo activo aunque intermitente, de sufrir aterramientos prácticamente en toda la superficie del cono por efecto del cambio de curso en los distributarios actuales.

También existe riesgo de producirse aterramientos, prácticamente en todo el pueblo debido a la arroyada laminar, ya que no hay cauces jerarquizados que canalicen las aguas de lluvia. Actualmente pueden considerarse estos procesos como de riesgo reducido debido sobre todo al freno que supone las áreas llanas y abancaladas situadas ladera arriba de la población. No obstante lo anterior, el riesgo de aterramientos existe.

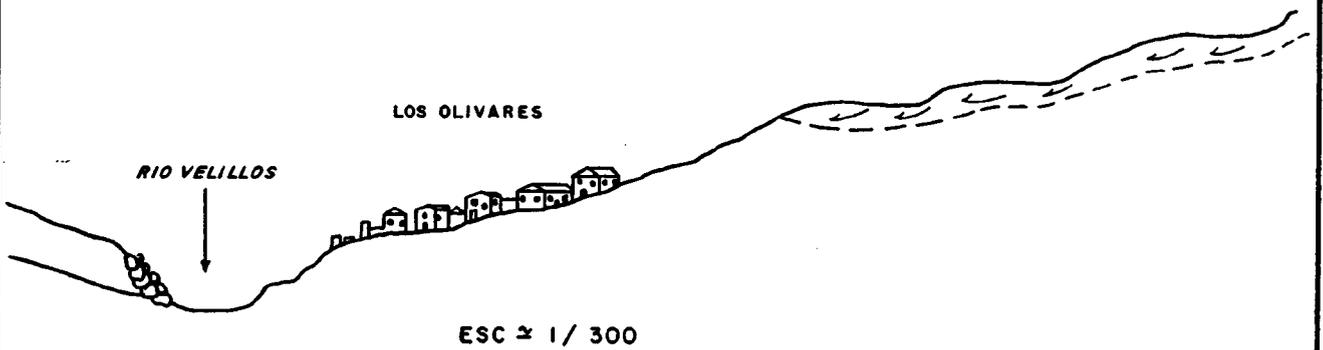
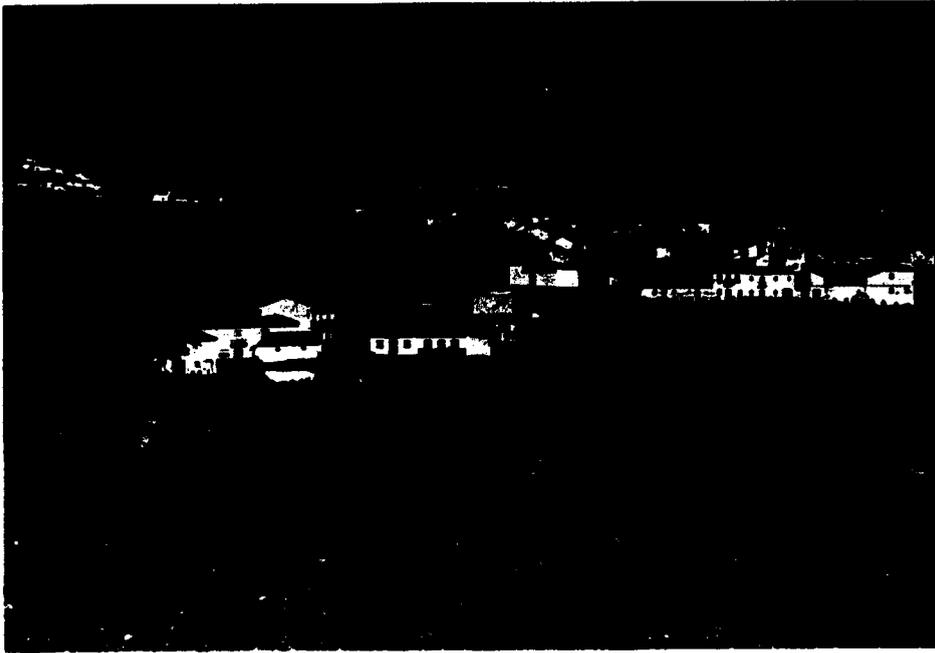


FIG. 6

LEYENDA MAPA DE INESTABILIDADES SUPERFICIALES



Falla.



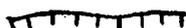
Falla supuesta.



Conos de deyección.



Area de desprendimientos y/o desplomes.
(activos, latentes, potenciales).



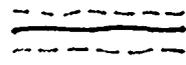
Cicatriz de deslizamientos activos.



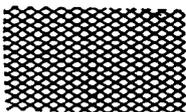
Cicatriz de deslizamientos latentes.



Area potencialmente inundable.



Limite probable del area inundable.



Area con modelado de solifluxión



Area de deslizamientos fosiles.



Lengua de flujo deslizada.



Area con deslizamientos activos.



MAPA DE INESTABILIDADES
SUPERFICIALES
(LOS OLIVARES)
ESCALA : 1 / 5.000

3.5. HIDROGEOLOGIA

Con respecto a las características hidrogeológicas que presenta los materiales del entorno de Los Olivares, los depósitos margosos del Infracretácico, situados sobre todo en la margen izquierda del río Velillos, deben considerarse como impermeables, no así el suelo superficial de estos, ya que poseen un cierto contenido de arenas, limos y gravas que los hacen semipermeables, a pesar del alto contenido de finos que posee.

En general, los depósitos carbonatados del Jurásico, constituidos sobre todo por dolomías y calizas, son permeables por karstificación y fracturación pudiendo contener en su seno acuíferos de volumen apreciable, con una elevada permeabilidad y transmisividad.

En la vaguada donde se originó la colada de barro, existía, según diversas informaciones, un manantial con caudales en torno a 1 l/sg. Esta surgencia podría explicarse por la intersección de un nivel freático alto con la superficie del terreno cuando se producían lluvias intensas. Debido a la baja permeabilidad de las arcillas ($K \approx 10^{-8}$ m/sg), dicho manantial podría mantenerse con los caudales mencionados, pero en la época de estiaje el nivel freático se debía rebajar y en consecuencia se secaría este manantial.

En otro orden de cosas, debe mencionarse el río Velillos o Frailes como un acuífero libre, cuyo caudal procede fundamentalmente del drenaje interno a que están sometidos los materiales carbonatados del Dominio Subbético (Dolomías y calizas) y cuyas surgencias desembocan, en gran parte, directamente al río.

4. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Los materiales, tanto de la propia población, como del entorno inmediato, poseen un conjunto de características geotécnicas que se indican a continuación.

Los depósitos carbonatados (dolomías y calizas) del Liásico, presentan, en general, una elevada capacidad portante en superficie, excepto en aquellas áreas, donde exista una karsificación importante o un intenso diaclasado. Pueden producirse desprendimientos puntuales de elevado volumen en los numerosos cantiles que presenta la zona. Por otra parte, pueden constituir masas canterables de calidad adecuada para préstamos.

Los tramos de margas y margocalizas cretácicas, que ocupan amplias extensiones superficiales en el sector estudiado, viene caracterizado por su baja capacidad portante superficial, presentan un nivel alterado en torno a 1,5 - 2,0 m de espesor o pueden removilizarse en zonas concretas donde las pendientes longitudinales, en general, sean superiores a 20-25°, también se caracterizan por ser materiales inadecuados como préstamos. Son fácilmente erosionables por arroyada laminar, aunque el abancalamiento y los cultivos realizados, retardan este proceso.

Con respecto a los depósitos cuaternarios, cabe hacer dos apartados distintos. Por un lado, destaca la zona altamente inestable tanto del sector de deslizamientos circulares y reptaciones situado aguas arriba de la Angostura, como la propia colada de fango, aunque esta última se encuentra actualmente estabilizada.

Por otro lado, destacan los materiales granulares, formados fundamentalmente por gravas y arenas con prospecciones minoritarias de arcillas y margas, y aunque poseen orígenes

diferentes (conos de deyección, aluviales, terrazas, etc) presentan una serie de características geotécnicas comunes, como pueden ser la media-baja capacidad portante que presentan, su posible uso como material de préstamo, la inundabilidad de determinadas zonas, etc.

5. ESTUDIO DE RIESGOS

Dentro de los riesgos geológicos que pueden llegar a producirse en Los Olivares, se han distinguido tres tipos básicos. Riesgo de inestabilidad de laderas, riesgo de inundaciones y riesgo sísmico. Estos tipos de riesgo se han plasmado en el mapa correspondiente, haciendo una gradación del mismo en sentido espacial, ya que, el cuantificar cuando va a producirse el hecho catastrófico, es actualmente inviable con las técnicas que se poseen.

El primero de los riesgos definidos, se ha estudiado tanto en función de los distintos tipos de movimientos observados como del área afectada y de la peligrosidad de los mismos.

El riesgo de inundaciones se ha circunscrito al río Velillos, así como a los diferentes conos de deyección intentando cuantificar aquellas áreas donde es previsible que llegue la inundación.

El riesgo sísmico puesto que es actualmente impensable el evitarlo, se ha enfocado en orden a caracterizar los distintos parámetros sísmicos y así aplicar a las diferentes construcciones a realizar, una serie de criterios, para intentar minimizar los efectos catastróficos de un terremoto de elevada intensidad.

Otros tipos de riesgos geológicos, como pueden ser subsidencias, riesgo de erosión y deposición eólica, no se ha considerado puesto que en principio no son posibles se produzcan en el área estudiada.

5.1. RIESGOS DE INESTABILIDAD DE LADERA

Tanto los deslizamientos de ladera, como los desprendimientos o desplomes de material competente son impredecibles en el tiempo, por cuanto no es fácil conocer ni el volumen movilizado ni el momento cuando va a producirse el movimiento.

No obstante, si pueden separarse dentro de un sector determinado, áreas concretas en donde el riesgo de producirse inestabilidades, sea elevado.

Por otra parte, existen una serie de factores desencadenantes de los procesos de movimientos, que hacen aumentar extraordinariamente la probabilidad de que se produzca el movimiento. Entre estos factores principales pueden citarse, la saturación del suelo tras lluvias intensas (que hacen rebajar la cohesión del material), el zapado basal de torrentes y ríos, (que hace rebasar el ángulo de rozamiento interno), la anisotropía de los materiales (estratificación desfavorable, diaclasado intenso, etc), y en general, cualquier factor que de una u otra manera, modifique las condiciones de equilibrio del sistema.

En el sector estudiado se han diferenciado tres tipos básicos de movimientos: deslizamientos circulares y colada de barro, desprendimientos y desplomes y reptaciones superficiales de la capa de alteración.

5.1.1. Deslizamientos y coladas de barro

Dentro de este apartado, se engloban aquellos deslizamientos circulares profundos, anastomosados, que removiliza gran cantidad de material hacia ladera abajo y que se sitúan al oeste del pueblo, en el lugar denominado los Bujeos.

Esta zona fue la que nutrió de material a la colada

de barro ("mud flow") que llegó hasta el río Velillos, en Abril de 1986. Este área está considerada como de riesgo elevado en el mapa correspondiente, toda vez que los deslizamientos del sector de "Los Bujeos", se encuentran activos actualmente. El tramo de la colada de barro, también se ha considerado como de riesgo elevado, ya que, a pesar de encontrarse estabilizada, es previsible en el futuro próximo, se produzca un nuevo flujo de barro que discurriría por encima de la actual. Este fenómeno tan espectacular, debió de producirse varias veces en el pasado.

5.1.2. Desprendimientos y desplomes

En determinadas áreas del tramo y principalmente en los afloramientos rocosos liásicos, se han producido o pueden producirse desprendimientos y desplomes puntuales de elevado volumen. Estas zonas también vienen marcados en el plano de riesgos, como de elevada inestabilidad.

5.1.3. Reptaciones superficiales

Este tipo de movimientos afecta casi exclusivamente a la formación de margas y margocalizas cretácicas situándose en la ladera este del río Velillos.

Las labores de cultivo y abancalamiento llevadas a cabo en este sector, han impedido en gran medida, que el proceso siga desarrollándose, y aunque en principio el movimiento no se encuentra del todo estabilizado, no es previsible se desencadene un deslizamiento superficial generalizado de la ladera. En este sentido, se ha clasificado el área como de riesgo moderado, allí donde aquella se encuentra abancalada, y como de riesgo elevado en donde el territorio se presenta con su pendiente natural, sin labores de fijación.

Otros sectores que han sufrido este tipo de procesos, se sitúan aguas abajo del pueblo, en ambos márgenes del río Velillos, más intensos en el margen izquierdo del mismo que en el derecho.

5.1.4. Análisis geomecánico de los movimientos

a) Flujos de barro

El deslizamiento de Abril de 1986 constituye por su génesis, amplitud y localización un fenómeno singular dentro del ámbito de Olivares.

Su estudio se ha recogido en una publicación monográfica, conjuntamente con este trabajo, por lo que ello no se repetirá aquí.

b) Reptaciones de ladera

Se producen fundamentalmente a las formaciones cretácicas y suelen afectar a una delgada capa superficial de unos 2 m de potencia.

Su movilización se debe en algunos casos a la saturación por aguas de escorrentía concentradas en vaguadas o zonas de mal drenaje y, en otros, al afloramiento de niveles freáticos confinados en las capas más permeables de la formación.

Los problemas también se asocian a veces a la fisuración por desecación de capas arcillosas de plasticidad media a alta, con apreciable contenido de montmorillonita. Al sufrir ciclos sucesivos de saturación-desecación el manto superficial del terreno queda degradado y solo se moviliza una resistencia

residual que, según las zonas oscila entre $\phi'_{res} = 10^\circ$ y 20° , con cohesión prácticamente nula.

En general las laderas afectadas por las reptaciones se encuentran en la gama 7° - 15° , lo cual es coherente con los valores de resistencia indicados.

Con flujo paralelo al talud $\gamma\alpha = 10^\circ$ el deslizamiento se produciría para

$$\operatorname{tg} \phi' = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 - \gamma_w/\gamma} = \frac{\operatorname{tg} 10^\circ}{1 - 1/1,9} = 0,372$$

$$\phi' = 20^\circ$$

valor límite de las resistencias residuales medidas en las arcillas gris-verdosas cretácicas.

Señalemos que las resistencias de pico no son mucho mayores ($\phi' < 22^\circ$), si bien en esa fase se cuenta con una cohesión del orden de 2 t/m^2 .

En los casos en que el único aporte de agua es el de la lluvia infiltrada sobre el talud la situación es menos crítica ya que, de no estar el terreno muy fisurado, la penetración de la onda de humedad suele ser inferior a $0,50 \text{ m}$. La tensión tangencial a esa profundidad vale

$$\tau = 0,5 \gamma \cos \alpha \operatorname{sen} \alpha = 0,17 \text{ t/m}^2$$

$$\text{para } \gamma = \gamma_{sat} = 2 \text{ t/m}^3 \text{ y } \alpha = 10^\circ$$

Valores tan bajos de resistencia solo se alcanzan al remoldear la arcilla con humedades del orden de las del límite líquido, situación que no es verosímil en las condiciones de una ladera natural.

Se sabe, sin embargo, que si las condiciones de saturación se mantienen bastante tiempo, el terreno puede fluir lentamente (creep) aunque su resistencia movilizable sea superior al valor anterior.

5.2. RIESGO DE INUNDACIONES

Las áreas susceptibles a este tipo de riesgo, se ciñen, en primer lugar, a una franja de terreno correspondiente al río Velillos, cuya probabilidad de inundación estará en función, principalmente, de la pluviometría de la zona y consecuentemente del período de retorno que se considere.

Otras áreas sujetas a inundación, serán las correspondientes a los distintos conos de deyección del área, por efecto del cambio de curso de los torrentes distributarios. Estas áreas se consideran en conjunto como de riesgo elevado ya que es todo el cono de deyección el que puede estar sujeto a la inundación.

Por último, debe comentarse el hecho, de la posible inundación de la población por efecto de la arroyada laminar, ya que, al no existir en la ladera, inmediatamente aguas arriba del pueblo, un arroyo que canalice las aguas pluviales y sea el área prácticamente impermeable, aquellas se desplazan en forma de lámina de agua pudiendo discurrir por en medio de las calles.

5.3. RIESGO SISMICO

Es conocido desde antiguo, la gran actividad sísmica que presenta la provincia de Granada. Desde el terremoto de Andalucía en el día de Navidad del año 1884, con una intensidad sísmica de grado IX, se ha desencadenado, tanto en Granada capital como en los pueblos de los alrededores, numerosos sismos de intensidad variable (ver cuadro nº3), que atestigua el carácter de zona sísmicamente activa del territorio.

Dado que actualmente no puede ni prevenirse ni evitarse el movimiento sísmico, si debería tomarse en consideración la Norma Sismorresistente que obliga, a las construcciones a realizar en este área, tomar en consideración los parámetros sísmicos característicos, a la hora de proyectar las distintas estructuras.

En este sentido y de acuerdo con la citada Norma, los parámetros característicos con que puede contarse para un sismo de grado IX, (máximo previsible en el área), son los siguientes:

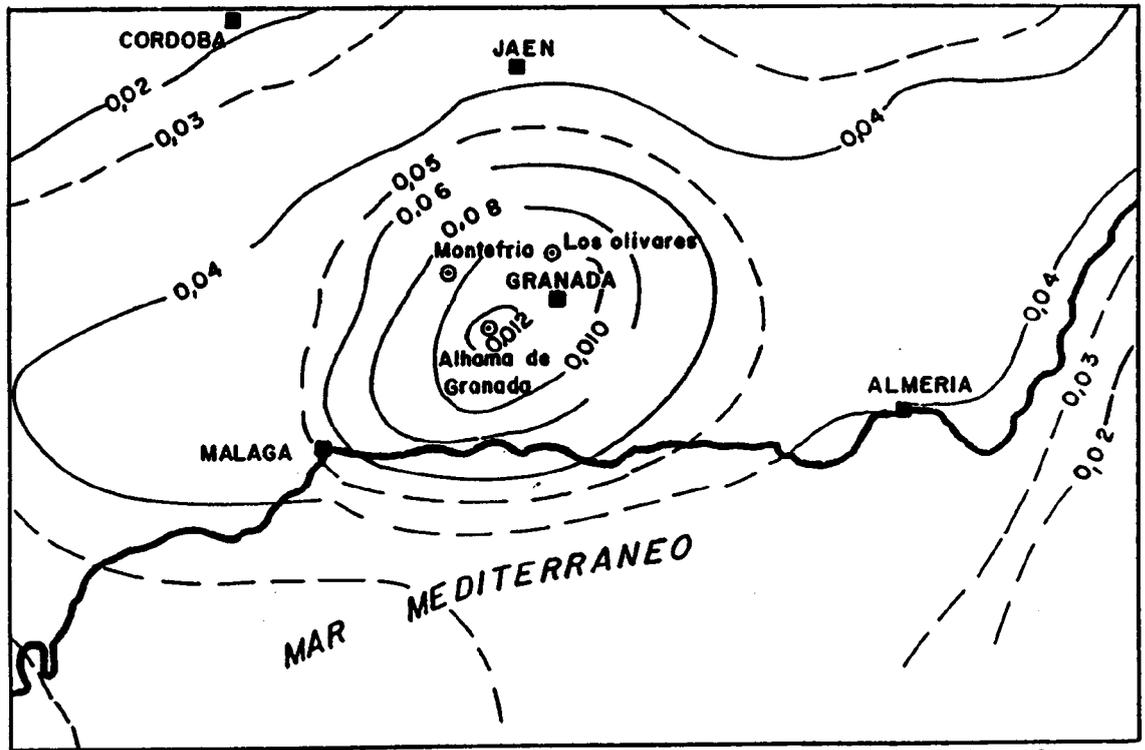
Velocidad	24,0 cm/seg
Aceleración	301,4 cm/seg ²
Desplazamiento	1,91 cm.

Para un período $T = 0,5$ seg, el coeficiente sísmico básico (c) será:

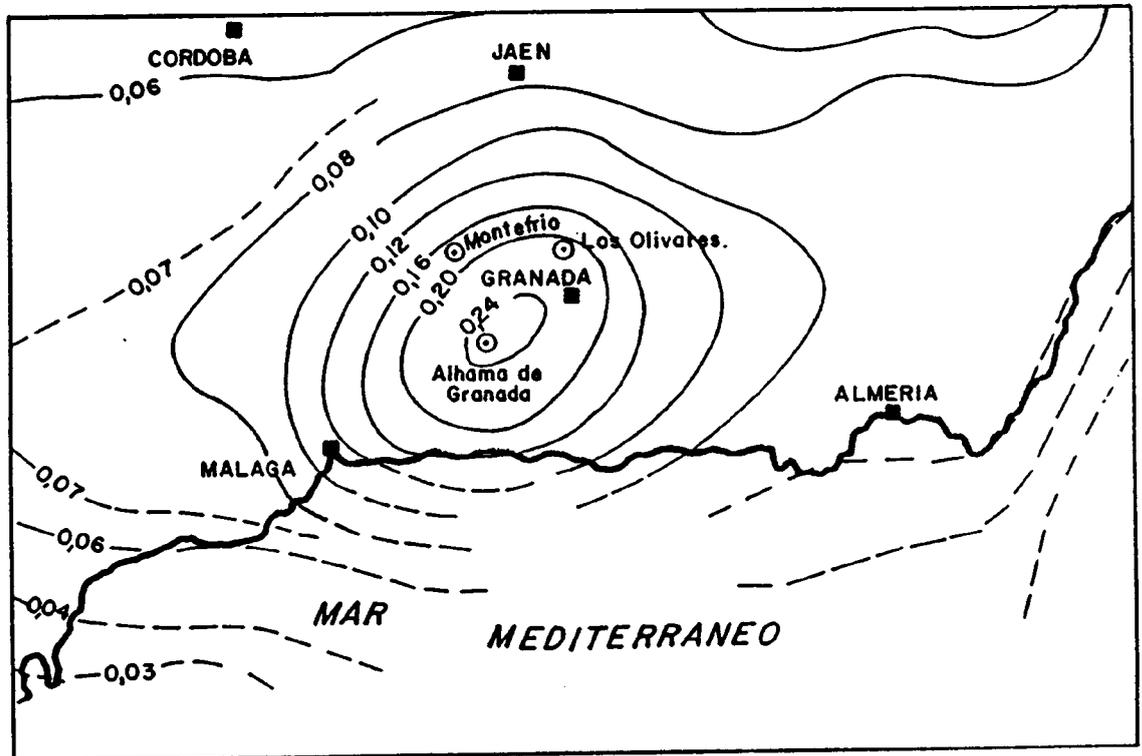
$$c = 0,30$$

Por otro lado, en la figura nº 4 cedida por la comisión encargada de la redacción de la futura Norma Sismorresistente, se refleja la curva de aceleración sísmica básica, para períodos de retorno de 100 y 500 años. En dicha figura se observa que en el entorno de Los Olivares la probabilidad de sufrir un terre-

moto de intensidad entre VII y VIII se hace 1 cada 100 años y en el segundo caso, para intensidades entre VIII y IX la probabilidad es 1 para 500 años de período de retorno.



PERIODO DE RETORNO 100 años
 PROBABILIDAD ANUAL 0,001



PERIODO DE RETORNO.. 500 años
 PROBABILIDAD ANUAL .. 0,002

FIG. 4.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha efectuado un estudio exhaustivo, de las características naturales del entorno del pueblo de Los Olivares, en orden a establecer una base geológico-geotécnica para la prevención de los diversos riesgos geológicos que pueden afectar a este area.

En este sentido, se ha realizado un análisis de las características, climatológicas, litoestratigráficas, geomorfológicas, tectónicas, sísmicas, etc., que son los parámetros básicos ligados intimamente al suceso catastrófico.

Una vez efectuado el análisis de las características anteriores, se ha realizado una síntesis de todos los riesgos que pueden producirse en Los Olivares. Dichos riesgos quedan circunscritos a inestabilidades de ladera, riesgos de inundaciones y, por último, riesgos sísmicos.

Respecto a los primeros, el más espectacular fue la colada de fango ("mud flow"), que se produjo en Abril de 1986. Aunque actualmente, ésta colada se encuentra estabilizada, en el futuro se producirán nuevas coladas que discurrirían por encima de la actual si no se toman medidas estructurales.

También existen otros tipos de riesgo asociado a inestabilidad de ladera, como pueden ser los desprendimientos y desplomes, así como las reptaciones superficiales.

Los riesgos de inundaciones, se circunscriben a la que pueden producirse en el río Velillos, en los conos de deyección

y los que tienen su origen en la arroyada laminar.

Respecto al riesgo sísmico, la máxima intensidad previsible en el área será de grado IX, por lo que habrá de contarse con los parámetros característicos que recomienda la Norma Sismo-resistente para dicha intensidad.

Tanto las características geológicas, como las geomorfológicas, inestabilidades superficiales y de riesgos, se han plasmado cartográficamente a escala 1/5.000 en los distintos mapas que se adjuntan a esta memoria.