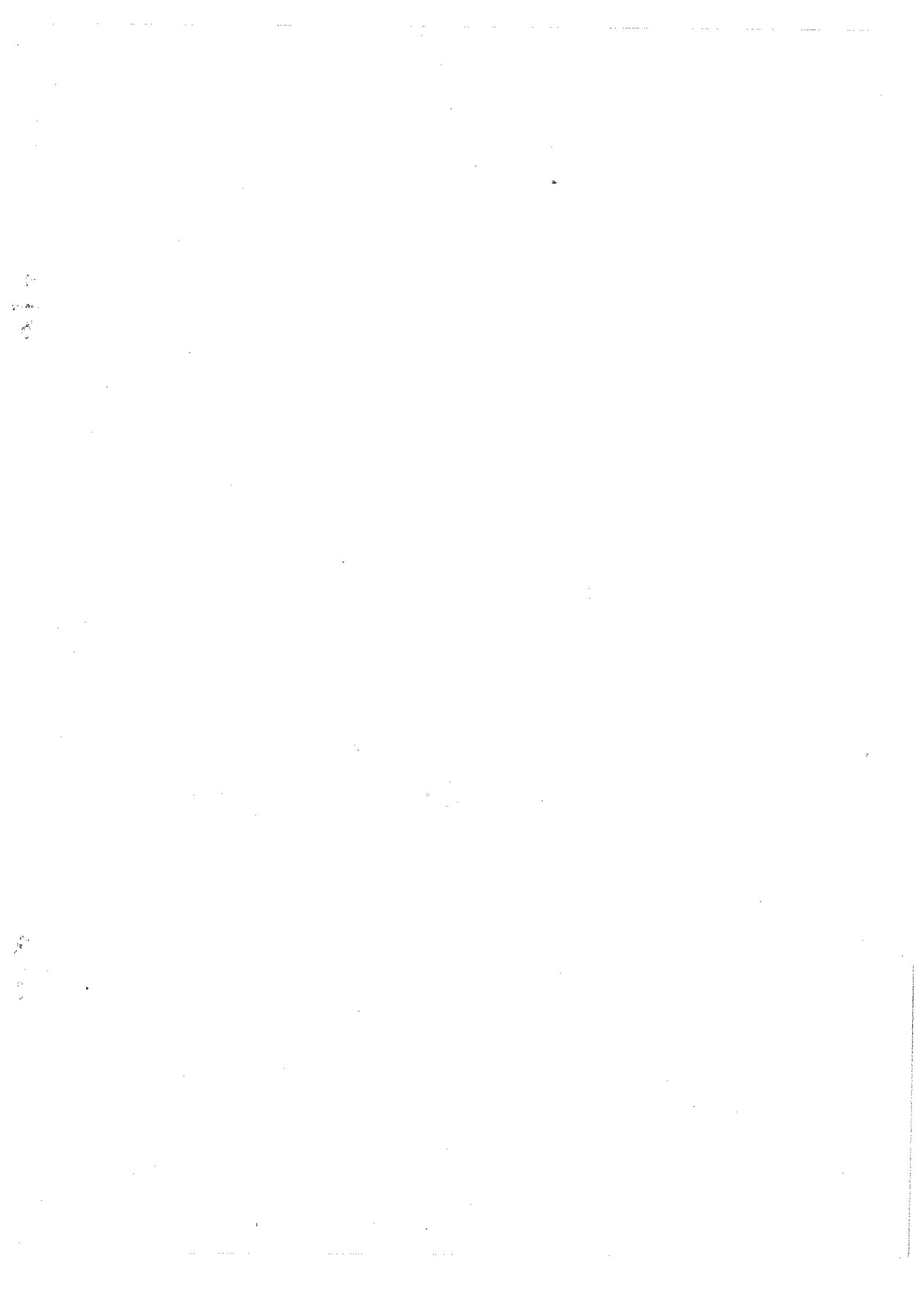


Presidencia del Gobierno  
INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL



# EL TERREMOTO DE ANDALUCIA DEL 25 DE DICIEMBRE DE 1884

Madrid, 1980





PRESIDENCIA DEL GOBIERNO  
INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

EL TERREMOTO  
DE ANDALUCIA DE 25 DE DICIEMBRE DE 1884

MADRID, 1981

Impreso en el INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

---

Depósito legal: M. 12.166-1981

## INDICE

	<i>Página</i>
I.—TERREMOTO DE ANDALUCIA: INFLUENCIA EN SUS EFECTOS DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO Y DEL TIPO DE CONSTRUCCION .....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	5
2. DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LOS EFECTOS .....	8
2.1. <i>Isosistas</i> .....	8
2.1.1. Isosistas según la Comisión Oficial española .....	8
2.1.2. Isosistas según la Comisión de la Academia dei Lincei de Roma .....	8
2.1.3. Isosistas según la Academia de Ciencias de París ...	9
2.1.4. Isosistas según el ingeniero D. Domingo de Orueta .	9
2.1.5. Otros mapas .....	9
2.1.6. Conclusiones obtenidas a partir de los mapas de isosistas .....	9
2.2. <i>Análisis cuantitativo de los daños en general</i> .....	13
2.3. <i>Efectos sobre el terreno</i> .....	17
2.3.1. Desprendimientos .....	17
2.3.2. Deslizamientos .....	21
2.3.3. Hundimientos .....	21
2.3.4. Grietas .....	22
2.3.5. Licuefacción .....	23
2.3.6. Alteración del régimen de las aguas .....	23
2.4. <i>Efectos sobre las edificaciones: Tipos de edificación y urbanismo</i> .....	25
3. CAUSAS QUE CONTRIBUYERON A LOS DAÑOS OBSERVADOS .....	27
4. AYUDAS RECIBIDAS Y MEDIDAS QUE SE PROPUSIERON PARA LA RECONSTRUCCIÓN .....	33
4.1. <i>Ayudas inmediatas</i> .....	33
4.2. <i>Medidas que se propusieron para la reconstrucción</i> .....	34
AGRADECIMIENTOS .....	41
BIBLIOGRAFÍA .....	49
ANEXO: MODELO DE CUESTIONARIO MACROSÍSMICO UTILIZADO .....	51
FOTOGRAFÍAS .....	55

	<i>Página</i>
II.—ESTUDIO DE LOS PARAMETROS Y SERIE DE REPLICAS DEL TERREMOTO DE ANDALUCIA DEL 25 DE DICIEMBRE DE 1884, Y DE LA SISMICIDAD DE GRANADA-MALAGA..	95
INTRODUCCIÓN .....	95
1. SISMICIDAD DE LA REGIÓN GRANADA-MÁLAGA .....	95
1.1. <i>Características topográficas y geológicas de la zona</i> .....	95
1.2. <i>Sismicidad. Terremotos más importantes de 1400 a 1980</i> ....	97
1.3. <i>Distribución espacial de la sismicidad</i> .....	106
1.4. <i>Distribución temporal y de magnitud</i> .....	106
2. EL TERREMOTO DE 25 DE DICIEMBRE DE 1884 .....	110
2.1. <i>Daños y distribución de intensidad</i> .....	111
2.2. <i>Parámetros focales</i> .....	120
2.3. <i>Serie de réplicas</i> .....	121
APÉNDICE A: RÉPLICAS DEL TERREMOTO DE 25 DE DICIEMBRE DE 1884 ..	127
APÉNDICE B: CORRECCIONES A LOS TERREMOTOS DEL AÑO 1885 DEL CATÁ- LOGO DE GALBIS .....	133
APÉNDICE C: SISMÓMETRO CONSTRUIDO POR D. MARIO JONA.....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	137
REFERENCIAS .....	139

# I

## TERREMOTO DE ANDALUCIA

### INFLUENCIA EN SUS EFECTOS DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO Y DEL TIPO DE CONSTRUCCION

A. LÓPEZ ARROYO  
A. J. MARTÍN MARTÍN  
J. MEZCUA RODRÍGUEZ

*Instituto Geográfico Nacional*

#### 1. INTRODUCCION

Uno de los grandes sismos que asolaron España en el pasado fue el llamado «Terremoto de Andalucía», ocurrido aproximadamente a las 21:08 horas, referidas al meridiano de Greenwich, del día 25 de diciembre de 1884.

Dicho terremoto afectó gravemente a un área de unos  $120 \times 70$  km<sup>2</sup>, de las provincias de Granada y Málaga, produciendo entre 750 y 900 muertos y más del doble de heridos, cifras muy notables si se tiene en cuenta la dispersión de los núcleos urbanos y la escasa población de la zona. Los daños materiales fueron también muy cuantiosos (foto 1), habiéndose de reedificar cerca de un millar de viviendas y de reparar unas catorce mil en más de cien núcleos de población (fig. 1), trabajos en los que se invirtieron unos diez millones de pesetas de la época, recaudados en diversas suscripciones que recibieron aportaciones de poblaciones de todas las partes del mundo en una ejemplar muestra de solidaridad (tablas I y II).

Pero la respuesta mundial no fue sólo de tipo económico. Científicos, en especial sismólogos e ingenieros, periodistas e historiadores, tanto

españoles como extranjeros, recorrieron la zona afectada dejándonos informes técnicos y descripciones literarias y aportando interesantes datos sobre el daño sufrido y la reacción y comportamiento de los afectados. También los fotógrafos con sus cámaras primitivas plasmaron en un documento gráfico de extraordinario valor el estado de destrucción causado por el terremoto, y, finalmente, los propios supervivientes de la catástrofe describieron ésta en cuestionarios que todavía se conservan en los archivos del Instituto Geográfico Nacional y que fueron preparados por la Comisión Oficial española, designada para estudiar el sismo.

Este material, junto con el que han aportado quienes con posterioridad han estudiado el terremoto y los datos obtenidos personalmente en el campo, han servido de base para la elaboración del presente trabajo, cuyo objeto es el estudiar la influencia que sobre la distribución de los daños tuvieron las condiciones del suelo y las características de la construcción. En él se recogen aquellas fotografías de la época que ha sido posible reproducir de cuantas hemos logrado recopilar, algunas de ellas en un estado técnico no muy bueno, dado los medios con

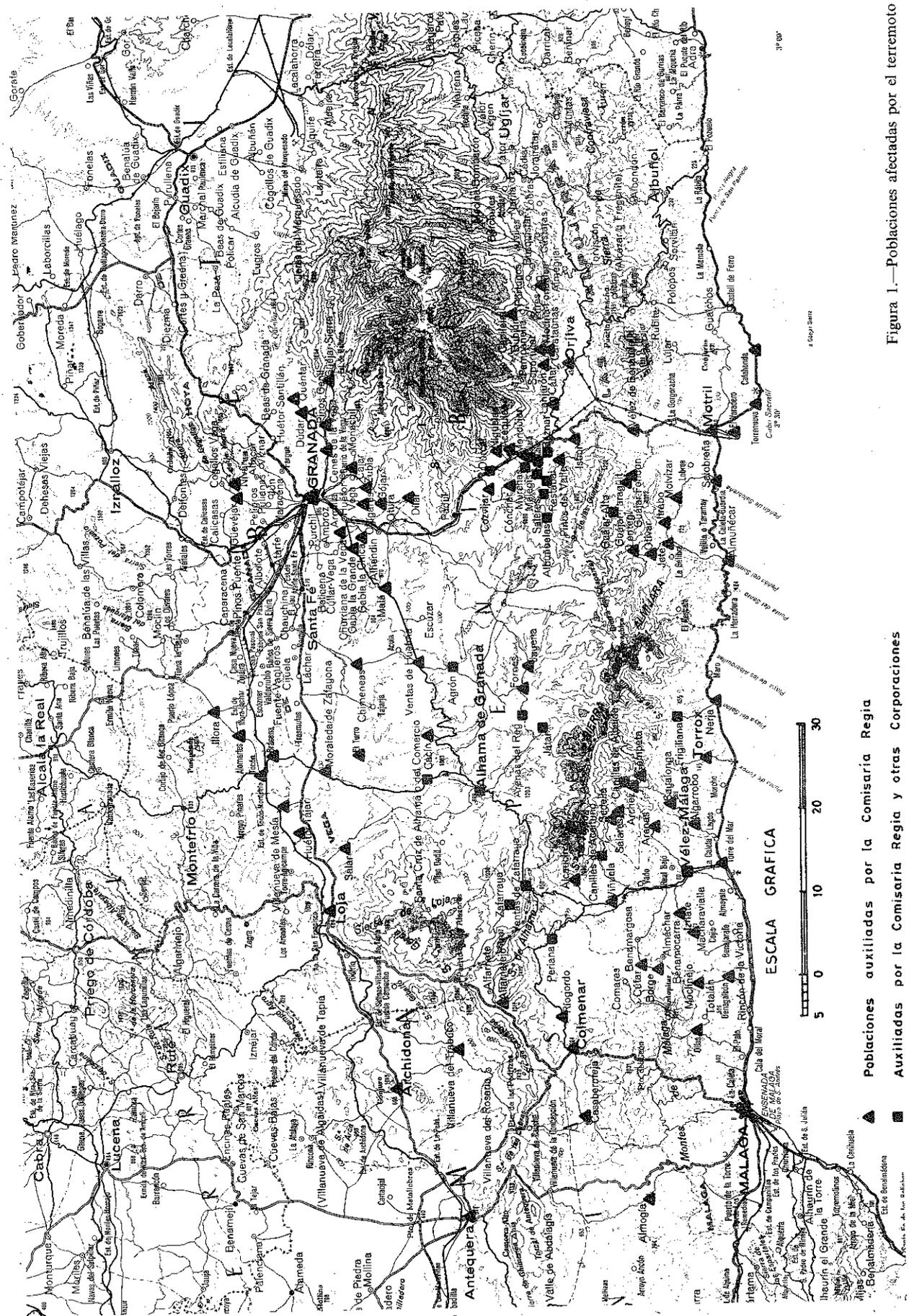


Figura 1.—Poblaciones afectadas por el terremoto

Poblaciones auxiliadas por la Comisaria Regia  
 Auxiliadas por la Comisaria Regia y otras Corporaciones

TABLA I.—Relación de los donativos recibidos de las provincias de España

	Pesetas		Pesetas
Alava .....	26.175,75	<i>Suma anterior</i> .....	1.134.561,06
Albacete .....	21.859,10	Albacete .....	21.859,10
Alicante .....	39.201,92	Logroño .....	35.118,42
Almería .....	12.104,56	Lugo .....	14.956,03
Ávila .....	27.044,18	Madrid .....	1.080.519,24
Badajoz .....	68.582,89	Málaga .....	3.296,68
Baleares .....	53.361,80	Murcia .....	80.822,49
Barcelona .....	157.925,59	Navarra .....	32.268,30
Burgos .....	50.348,73	Orense .....	11.796,10
Cáceres .....	68.333,80	Oviedo .....	56.460,10
Cádiz .....	103.503,04	Palencia .....	23.524,14
Canarias .....	2.403,36	Pontevedra .....	25.673,20
Castellón .....	21.453,73	Salamanca .....	37.702,56
Ciudad Real .....	23.394,21	Santander .....	27.713,65
Córdoba .....	55.592,89	Segovia .....	29.141,29
Coruña (La) .....	39.917,64	Sevilla .....	60.169,37
Cuenca .....	35.210,91	Soria .....	11.822,89
Gerona .....	25.106,62	Tarragona .....	43.691,46
Granada .....	8.885,80	Teruel .....	20.747,82
Guadalajara .....	33.707,21	Toledo .....	27.961,63
Guipúzcoa .....	79.650,94	Valencia .....	12.786,26
Huelva .....	50.041,25	Valladolid .....	37.924,81
Huesca .....	25.166,08	Vizcaya .....	32.136,56
Jaén .....	49.280,52	Zamora .....	41.472,06
León .....	34.114,11	Zaragoza .....	110.376,22
Lérida .....	22.194,43	Provincia de Ultramar .....	456.549,05
<i>Suma y sigue</i> .....	1.134.561,06	<i>SUMA TOTAL</i> .....	3.449.191,39

TABLA II.—Relación de los donativos recibidos de fuera de España

	Pesetas		Pesetas
S. S. el Papa León XIII .....	40.000,00	<i>Suma anterior</i> .....	1.726.908,34
Alemania .....	475.746,28	Italia .....	121.680,17
Argentina (República) .....	56.880,36	Japón .....	3.501,00
Austria-Hungría .....	107.906,25	Marruecos .....	35.304,27
Bélgica .....	32.769,59	Méjico .....	386.999,59
Bolivia .....	17.256,40	Nicaragua .....	516,65
Brasil .....	263.279,64	Países Bajos .....	105.589,25
Costa Rica .....	6.688,55	Paraguay .....	6.808,15
Chile .....	59.073,97	Perú .....	41.470,00
China .....	3.003,55	Portugal .....	396.044,38
Dinamarca .....	545,00	Rumania .....	3.706,90
Estados Unidos .....	77.989,80	Rusia .....	10.569,70
Francia .....	241.397,80	Santo Domingo .....	4.171,00
Gran Bretaña .....	313.572,75	Suecia y Noruega .....	16.665,96
Grecia .....	4.005,55	Suiza .....	7.203,81
Guatemala .....	24.872,30	Turquía .....	37.029,19
Haití .....	576,55	Uruguay .....	77.410,95
Honduras .....	1.344,00	Venezuela .....	25.215,15
<i>Suma y sigue</i> .....	1.726.908,34	<i>SUMA TOTAL</i> .....	3.006.794,46

RESUMEN DE LOS DONATIVOS

De las provincias de España .....	3.449.191,39
De fuera de España .....	3.006.794,46
<b>TOTAL GENERAL</b> .....	<b>6.455.985,85</b>

Fuente: Memoria del Comisario Regio

que fueron realizadas, el tiempo transcurrido y la manipulación que ha sido necesaria llevar a cabo para su reproducción.

Ha sido también objetivo del trabajo el poner de relieve las enseñanzas que del estudio de este sismo pueden deducirse en relación con las normas sobre construcción en regiones sísmicas, en particular en lo que se refiere a la consideración del efecto del suelo y de las características constructivas generales, así como comentar la política seguida y los resultados en la ayuda a corto, medio y largo plazo. Queda fuera de nuestro propósito el estudio sociológico de la respuesta de la población a la catástrofe y al programa de ayuda; investigación que, por otra parte, consideramos de gran interés y para la que existe abundante información.

## 2. DISTRIBUCION GENERAL DE LOS EFECTOS

### 2.1. ISOSISTAS

En todos los informes técnicos elaborados a raíz del terremoto se ha clasificado el daño en varias categorías de acuerdo con diversos criterios y se ha dibujado el correspondiente mapa de isosistas, o bien se ha descrito la superficie englobada por cada una de ellas. A continuación se comenta cada uno de estos mapas y la relación entre ellos.

#### 2.1.1. *Isosistas según la Comisión Oficial española*

La Comisión Oficial española nombrada para el estudio de los terremotos de Andalucía define en su informe la escala de diez grados de Rossi-Forel e indica por dónde pasaría cada una de las isosistas, de esta escala, sin dibujarlas. Así dice textualmente: «... de las cuales la primera, por ejemplo, pasaría por Roma y Moncalieri, donde ha podido percibirse el movimiento con aparatos sismométricos del mismo sistema; la tercera por Cáceres, Madrid y demás lugares en que no lo han sentido sino las personas que se hallaban en estado de quietud, no las que estaban distraídas y en movimiento para quienes pasó inad-

vertido; la quinta por Sevilla, donde fue sentido por las personas, movió los muebles e hizo sonar campanillas; la octava por Córdoba, donde el terremoto llegó a causar el desplome de la Torre de San Lorenzo; la novena abrazaría una gran parte de las poblaciones de Málaga y Granada; y la décima, por desgracia, encerraría en su fúnebre circuito los pueblos de Alhama, Játar, Arenas del Rey, Jayena, Albuñuelas, Murchas, Ventas de Zafarraya, Zafarraya, Periana, Alcaucín y Canillas del Aceituno». En el mismo informe, la Comisión española fija el epicentro «... en el espacio que comprende el valle de Zafarraya y las sierras de Tejada, Marchamonas y de Enmedio».

Como vemos, asigna la intensidad máxima de la escala escogida (grandes desastres, ruinas generales, conmociones y aberturas del terreno, desplome de peñascos, etc.) a una gran superficie. Por las descripciones que nos han llegado estimamos que esta asignación es bastante correcta, si bien hay que señalar que las modernas escalas de intensidad desglosan en más de un grado el de máxima intensidad de la escala de Rossi-Forel. Lo que no llevó a cabo la Comisión fue un estudio detallado de las zonas que no fueron gravemente afectadas, por lo que no podemos dibujar un mapa de isosistas completo, que hubiese sido muy interesante dada la escala escogida.

#### 2.1.2. *Isosistas según la Comisión de la Academia dei Lincei de Roma*

En la Memoria de la Comisión italiana de la Academia dei Lincei sí se recoge un mapa donde se dibujan dos isosistas que delimitan tres zonas: mesosísmica o de máxima intensidad, ruinoso o donde el terremoto arruinó algunos edificios en general, pero no completamente, y donde no hubo víctimas humanas; y fortísima aquella en la que aunque el daño fue bastante heterogéneo, función principalmente de la distancia al epicentro, llegaron a pararse algunos relojes y se ocasionaron daños a algunos edificios. También señala el epicentro del terremoto situándolo en un punto al este de Ventas de Zafarraya, casi a la mitad de camino entre esta población y Arenas del Rey, encerrando en otra línea la zona alrede-

dor de dicho punto donde convergen las direcciones de procedencia del movimiento.

El área de máxima intensidad, de unos 2.300 kilómetros cuadrados, es muy superior a la señalada por la Comisión española como de grado X. A groso modo, el área mesosísmica señalada por la Comisión italiana equivale a la asignada como de intensidad IX y X según el criterio de la Comisión española. La superficie total donde se sintió el terremoto la fija la Comisión italiana en 450.000 km<sup>2</sup>.

#### 2.1.3. *Isosistas según la Comisión de la Academia de Ciencias de París*

Basado en el informe de la Comisión francesa de la Academia de Ciencias de París se confeccionó también un mapa donde se han dibujado tres isosistas que delimitan las tres zonas que resultaron más afectadas y que llaman zona epicentral, zona media y zona externa, si bien se hace constar en dicho informe que el terremoto fue sentido al menos en un área de 400.000 km<sup>2</sup>.

El criterio adoptado para definir estas zonas fue encerrar en las respectivas isosistas las localidades arruinadas por el terremoto, las que resultaron considerablemente dañadas y aquellas en las que se sintieron de forma notable las sacudidas pero sin sufrir apenas daño. Con este criterio, la zona epicentral coincide prácticamente con la señalada por la Comisión española como de grado X.

#### 2.1.4. *Isosistas según el ingeniero don Domingo de Orueta*

En el mapa de intensidad del movimiento sísmico recogido en el informe de Orueta se clasifica la misma en cuatro categorías. Pero a diferencia de lo reflejado en otros informes, en éste no se asigna a cada intensidad una única zona continua. De la máxima, por ejemplo, se definen seis separadas que abarcan, respectivamente: los núcleos de Chozas del Rey, Ventas de Zafarraya, Alcaucín, Canillas del Aceituno y Periana, así como la zona del puerto del Sol, perteneciente a este último municipio; los núcleos de Santa Cruz, Alhama, Fornes, Jayena y Arenas del Rey; los de Albuñuelas, Murchas, Melegís, Restábal, Chite y Béznar; finalmente, las tres restantes, de dimensiones más reducidas, com-

prenden los núcleos y alrededores de Málaga, Vélez-Málaga y Cacín. Es de señalar que toda la zona indicada en el mapa de la Comisión italiana como zona epicentral queda excluida de las regiones calificadas por Domingo de Orueta como de máxima intensidad, si bien hay que hacer constar que en ella no existen núcleos de población y que no estaba atravesada por vías de comunicación importantes.

Comparando con los mapas elaborados por las Comisiones española, italiana y francesa puede verse que éstos incluyen dentro de sus respectivas zonas de máxima intensidad las tres primeras, según la relación anterior, de las consideradas como tales por el señor Orueta. Una nota que caracteriza el informe de Domingo de Orueta en general y su mapa en particular es la gran importancia otorgada por este autor a los efectos sobre el terreno. Por esta misma razón llama la atención el que no haya incluido entre las zonas más gravemente dañadas el pueblo de Güevéjar, al N de Granada capital, que sufrió un gran deslizamiento que obligó a su reconstrucción completa en una zona próxima más estable. Dado que en su informe no viene siquiera citado este pueblo debemos pensar que su recorrido y su estudio se ciñó a una zona más próxima al epicentro y que ni siquiera llegó a visitarlo.

En la figura 2 se recogen superpuestos los mapas de isosistas elaborados por las Comisiones italiana y francesa y por el señor Orueta.

#### 2.1.5. *Otros mapas*

En fecha más reciente otros autores han estudiado la distribución de intensidades del sismo de Andalucía. En la figura 3 se recoge el mapa de isosistas publicado en 1931 por Steikhardt, referido a la escala de Mercalli, y confeccionado a partir de los informes ya citados. Finalmente, Udías y Muñoz (1978) han reevaluado los datos y estudiado también los cuestionarios macrosísmicos de la época, obteniendo el mapa de la figura 4 referido a la escala MSK, trabajo que es objeto del otro artículo de esta monografía.

#### 2.1.6. *Conclusiones obtenidas a partir de los mapas de isosistas*

Del estudio de la distribución de la intensidad sísmica, realizado a partir de las descripciones

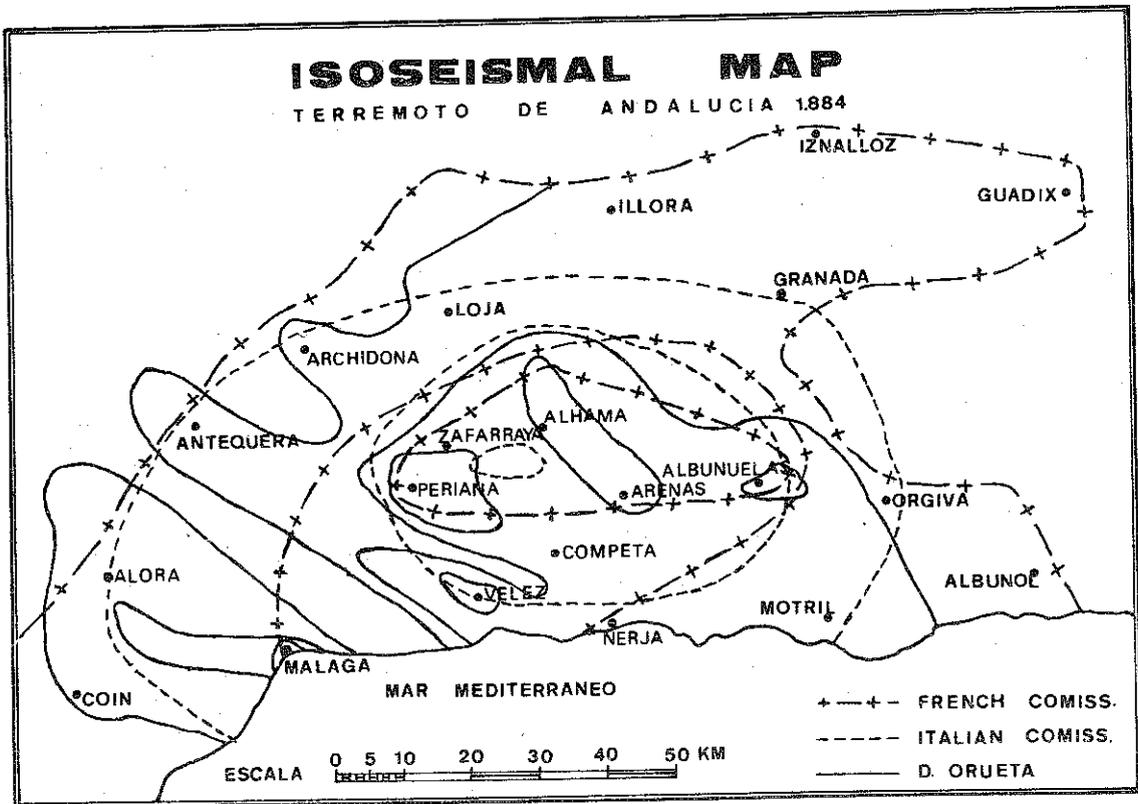


Figura 2.—Mapas de Isosistas

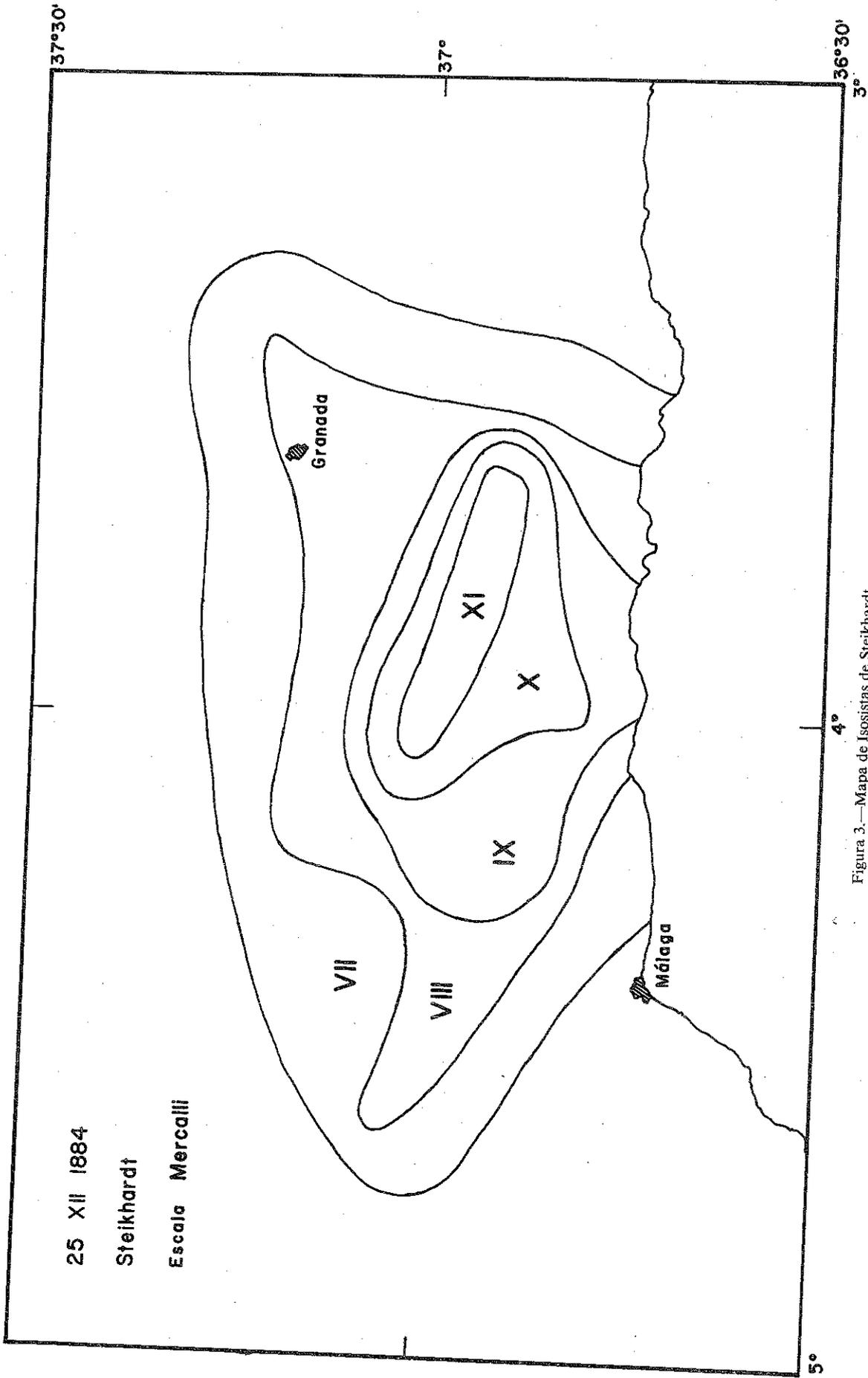


Figura 3.—Mapa de Isosistas de Steikhardt

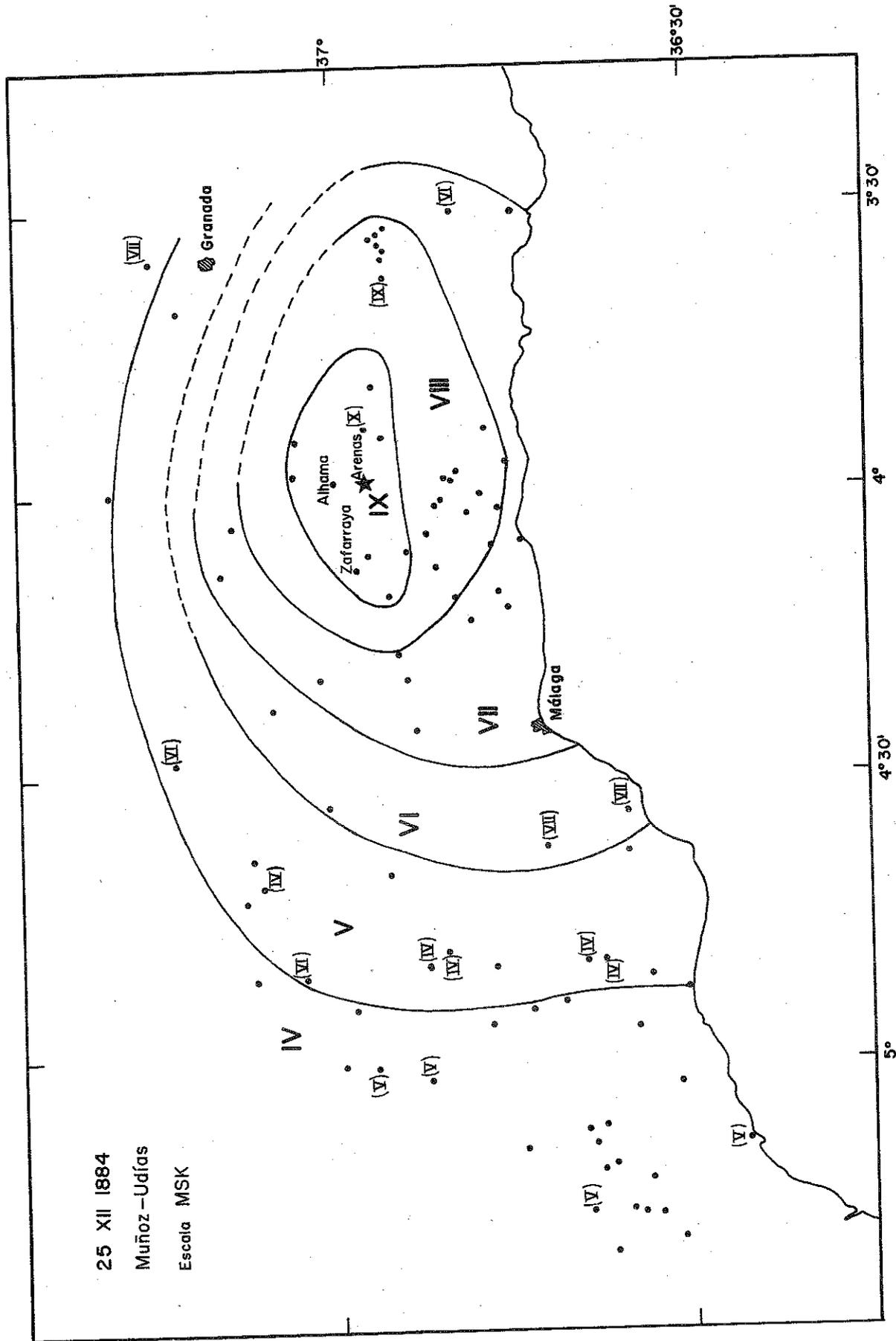


Figura 4.—Mapa de Isosistas de Udiás y Muñoz

de los informes, y por simple observación de los mapas de isosistas, se observa que éstas tienen una forma aproximadamente elíptica, con el eje mayor de la elipse en la dirección E-W pasando justamente por casi todos los núcleos más seriamente dañados: Guaro, Ventas de Zafarraya, Arenas del Rey, Fornes, Jayena, Albuñuelas y Murchas. Parece obvio preguntarse si hay alguna justificación tectónica de esta propagación. Sin embargo, del examen de la cartografía de superficie (figs. 5 y 6) y de la observación del terreno no se deduce la existencia de ninguna falla coincidiendo con esta línea. Tampoco en las imágenes de satélite hemos encontrado indicio de alineación alguno. También, en el verano de 1978, se ha iniciado por el Instituto Geográfico Nacional un estudio de microsismicidad en la zona, y aunque aún no ha finalizado la interpretación de los datos no parece que vaya a obtenerse nueva información en relación con este problema. Habrán de continuarse pues los estudios.

## 2.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS DAÑOS EN GENERAL

La información sobre la distribución cuantitativa de los daños vienen recogidos en la tabla III, donde se resumen, para las localidades más afectadas, los datos facilitados en los diversos informes preparados por las autoridades, científicos y periodistas.

Lo primero que salta a la vista al inspeccionar la tabla son las notables discrepancias entre unos y otros informes. Por ello estimamos de interés analizar cada conjunto de datos.

En primer lugar, y al analizar el número de víctimas, vemos que se han recogido datos de cuatro fuentes diferentes. Las primeras columnas corresponden a las cifras oficiales facilitadas en los primeros días inmediatos al terremoto por los Gobernadores Civiles de Granada y Málaga. Las columnas siguientes recogen los datos recabados para la provincia de Granada por los periodistas del diario local *El Defensor de Granada*, encuesta realizada algunos días después de la anterior y donde se ha incrementado el número de muertos y disminuido el de heridos, lo cual a primera vista parece lógico. En las últimas columnas se recogen los datos sobre muertos y heridos facilitados al Comisario Regio por la Dipu-

tación Provincial de Granada, y en ellos el número de víctimas es más reducido. Dado que este último informe fue elaborado unos meses después de ocurrir el terremoto pensamos que debe ajustarse más a la realidad; en cualquier caso, consideramos que puede llegarse a determinar dicho número de víctimas con bastante aproximación, pues en muchos municipios se conservan aún las actas de defunciones. Finalmente se han reflejado también las cifras facilitadas por Domingo de Orueta en su informe (elaborado asimismo inmediatamente después de ocurrido el terremoto), las cuales son del mismo orden de magnitud de las dadas por los Gobernadores Civiles y por *El Defensor de Granada* en esta provincia. En cuanto al número de heridos, es fácil explicar la heterogeneidad de los datos pensando en la divergencia de criterios que pueden adoptarse en su valoración de acuerdo con la gravedad de las heridas.

Algo análogo sucede cuando se habla de daños a edificios. Habría que fijar primeramente un criterio para analizar los daños, en especial un umbral mínimo, dado que a la vista de las construcciones de la época puede afirmarse que absolutamente todas las situadas en la zona pleistocénica debieron sufrir algún daño visible. En la tabla III se han recogido las cifras facilitadas por Domingo de Orueta y por las Comisiones francesa y española, la única por cierto que da cifras globales fijando en alrededor de 17.000 las casas dañadas. No se han recogido las cifras facilitadas por la Comisión italiana en su informe por ser la mayoría reiteración de las dadas por el señor Orueta. También se ha incluido, a fin de dar idea de la proporción, el número de habitantes de cada término municipal (según la división administrativa de la época), así como el número de viviendas existentes, clasificadas según el número de plantas, detalle que como se verá puede tener importancia a la hora de justificar los daños, habiéndose prescindido de la consideración de los albergues y cuevas, afortunadamente poco relevantes en número, excepto en Ventas de Zafarraya (28 albergues en el núcleo y 44 en el término municipal) y Zafarraya (157 albergues en el núcleo y 253 en el término municipal). Todas estas cifras se han obtenido a partir de los datos de los censos previos al terremoto, posteriores a 1860.

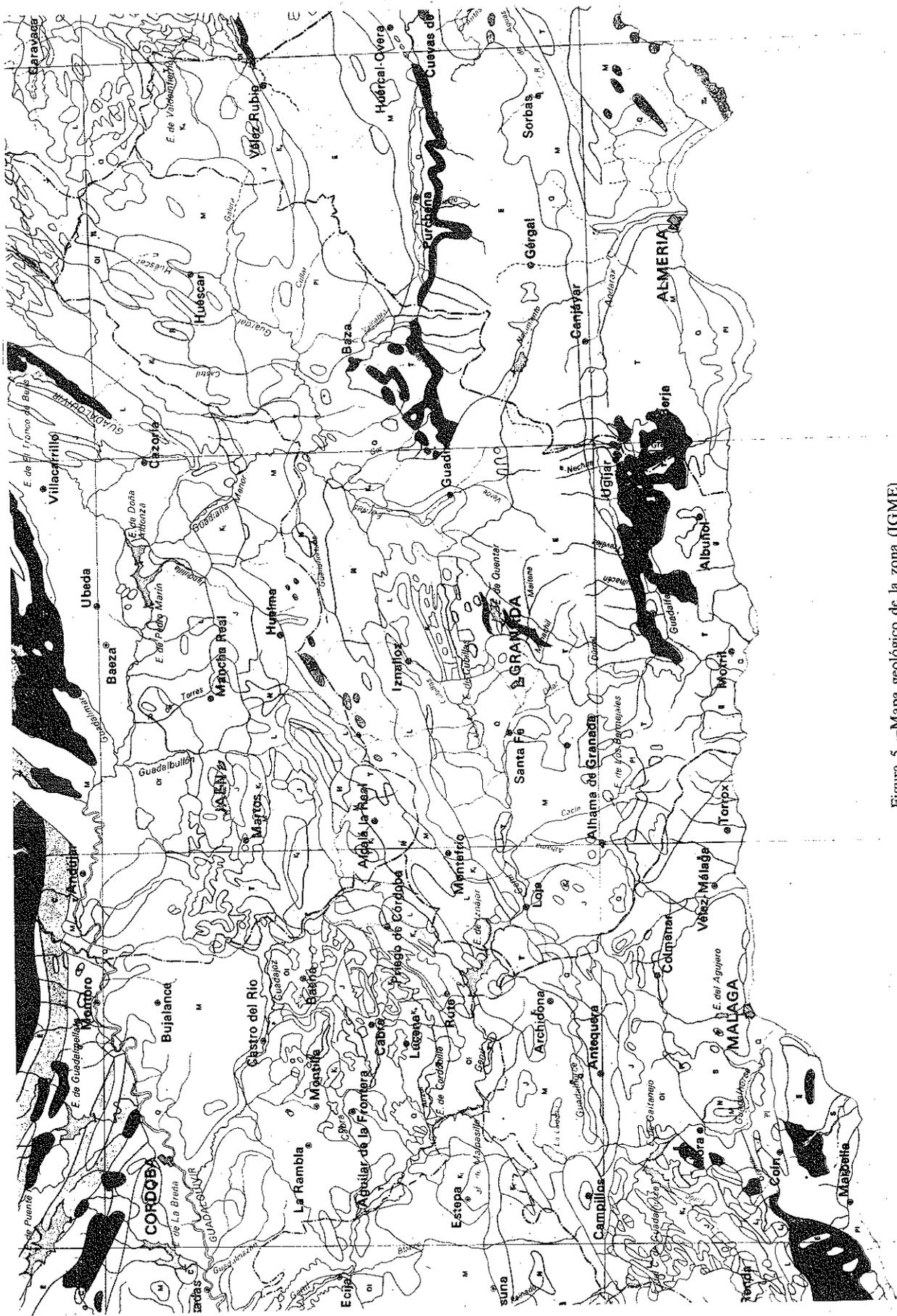
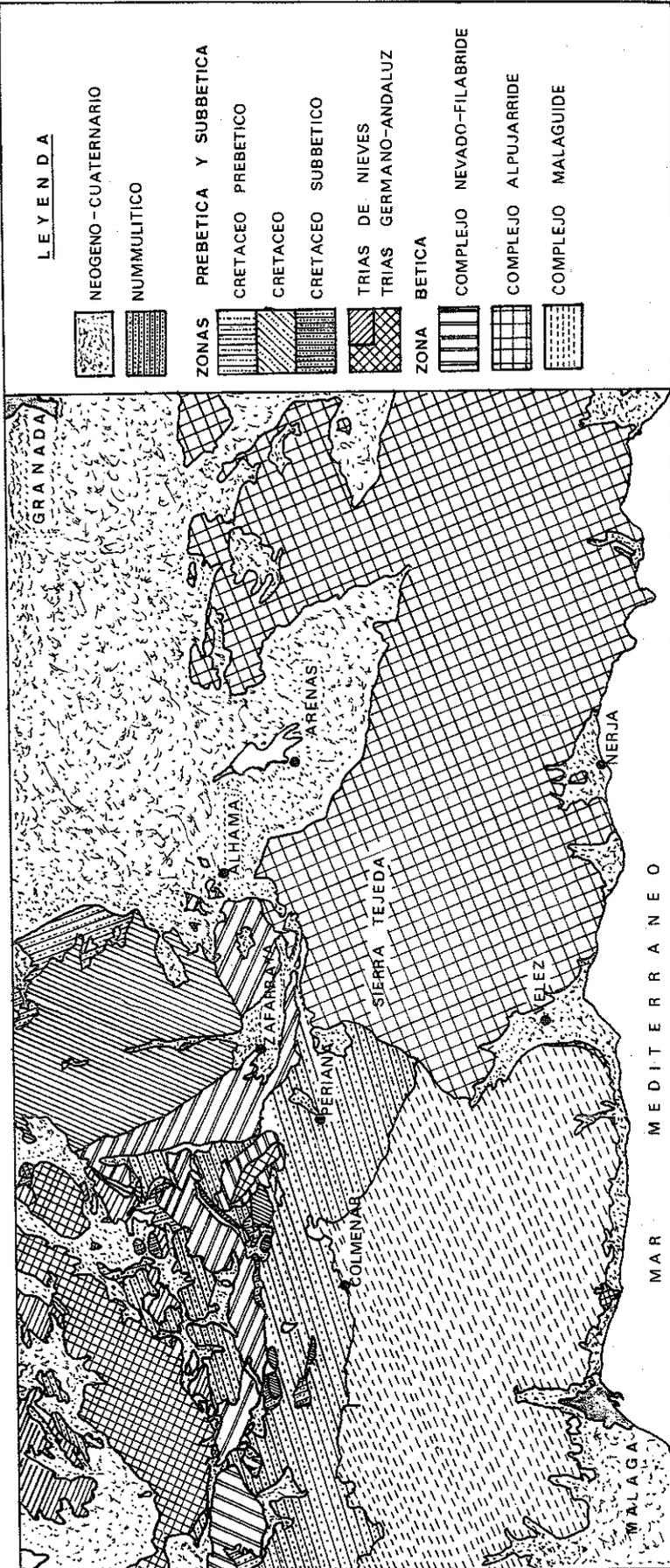


Figura 5.—Mapa geológico de la zona (IGME)

# SURFACE GEOLOGY MAP

AFTER J. A. VERA



LEYENDA

	NEOGENO - CUATERNARIO
	NUMMULITICO
	ZONAS PREBETICA Y SUBBETICA
	CRETACEO PREBETICO
	CRETACEO
	CRETACEO SUBBETICO
	TRIAS DE NIEVES
	TRIAS GERMANO-ANDALUZ
	ZONA BETICA
	COMPLEJO NEVADO-FILABRIDE
	COMPLEJO ALPUJARRIDE
	COMPLEJO MALAGUIDE

Figura 6.—Mapa geológico de superficie. (según J. A. Vera)

TABLA III.—Cuadro resumen de víctimas y daños

NUCLEO	POBLACION		VICTIMAS												EDIFICIOS EXISTENTES												DAÑOS A EDIFICACIONES				DINERO INVERTIDO POR LA COMISARIA REGIA (Pts.)
	Termino municipal		GOBERNADOR		EL DEFENSOR		D. ORUETA		DIPUTACION		N U C L E O			TERMINO MUNICIPAL			COMISION ESPAÑOLA		DOMINGO DE ORUETA		COMISION FRANCESA		Comisario regio	Entidades particulares	DAMNIFICADOS COMISARIA REGIA						
	Muertos	Heridos	Muertos	Heridos	Muertos	Heridos	Muertos	Heridos	Muertos	Heridos	1 Planta	2	3	1 Planta	2	3	Destruídas	Dañadas	Destruídas	Dañadas	Destruídas	Dañadas									
Albuñuelas....	102	500	102	253	190	75	92	75	56	303	7	116	308	7	463	26	26	900	146	380	?	?	380	346.925							
Alhama.....	307	502	463	473	330	500	330	473	8	478	793	248	488	793	1.084	560	900	1.247	146	?	?	?	1.500.000								
Almendral.....					4				17	25							16														
Arenas.....	135	253	118	146	140	92	101	92	14	319	14	30	343	15	397	72	350			66	227	96	1.033.765								
Cacín-El Turro.	728					6	1	6	8	124	6	9	137	6	21		50			66			9.421								
Fornes.....	746								6	114	6	6	117	6										30.882							
Granada.....	76.005								2	117	3	2	124	3						83	130			109.892							
Güevéjar.....	586								2	239	12	6	243	12	37	220	77	146	193	216				527.113							
Jatar.....	1.163				2		2	7	3	228	14	66	230	14	95	218	186	143	138	234	?	?	234	21.729							
Jayena.....	1.213	17	5	17	21	18	7	16	62	228	14	66	230	14	95	218	186	143	138	280			280	128.508							
Murchas.....	362	9	13	8	7		8	7	5	92		5	93		95					?	?	?	?	20.000							
Saeta Cruz....	708	13	8	13	19		20	98	10	182	7	11	215	7	162	44				?	?	?	?	17.781							
Ventás.....	934	73	7	73	14	74	58	26	22	50		53	98		119	20	80	6	83	46			46	17.781							
Zafarraya.....	2.700	25	86	27	86	80	20	34	47	150		74	203		200	171	72	200	289	132	40		132	122.421							
Total Granada.	690	1.426	828	1.164			478	675							3.332	2.438															
Alcaucín.....	2.019	4			6	5	6	5	90	237	8	175	311	8	150	600	112	25		69	?	?	69	9.335							
C. del Acefúno	3.231	5			6	34	6	34	75	500	10	343	590	10	92	382	323	334		69	?	?	69	8.251							
Málaga.....	94.732								751	3.846	2.640	1.839	4.443	2.644						76			76	146.885							
Periana.....	4.060	40			58	163	58	163	276	225	5	378	314	5	158	146	340	450	600	55	55		55	300.587							
Vélez-Málaga..	24.332	6	16		5	30	5	30	806	1.201	256	3.171	1.389	261	1.057	10.641		20	500	665			665	110.366							
Total Málaga..		55																													
Otros.....		9	72	145*																											

\* Sólo provincia de Granada

De todos modos, en lo que se refiere a la evaluación de los daños, todas estas cifras han de ser tomadas con precaución, al menos las correspondientes a los pueblos más alejados del epicentro, dada la picaresca que siempre surge cuando se presupone una gran inversión por parte del Estado. Así, por ejemplo, el propio Comisario Regio afirma en su Memoria: «... habiendo comprobado que en un cierto pueblo no pudieron enseñarle más deterioro que el tabique de una casa, cuál fue su sorpresa al observar que en el estado de daños de la provincia figuraba dicho pueblo con 107 casas total o parcialmente hundidas y 66.813 pesetas de perjuicios». La realidad final fue en este caso, según cuenta el Comisario Regio, que se auxilió a siete vecinos con una cantidad total que no llegó a 700 pesetas, cantidad irrisoria frente a los más de seis millones que se invirtieron por la Comisaría Regia. También cita otro caso en que los daños se valoraron en más de veintidós veces el valor de la riqueza urbana imponible del municipio. Llama asimismo la atención que en las primeras cifras facilitadas por los gobernadores civiles figuraba que el daño en la provincia de Málaga ascendía a ocho millones de pesetas, más que en la de Granada, cuando era obvio que el daño en esta provincia era mucho mayor.

Por ello, las únicas cifras referentes al daño que ofrecen gran fiabilidad son las facilitadas por el Comisario Regio en su Memoria, acerca del número de casas reconstruidas, damnificadas auxiliadas y dinero invertido. Pero debe recordarse que estas cifras son evidentemente incompletas dado que la inversión de la Comisaría Regia que administró la recaudación obtenida en la suscripción organizada oficialmente y en la que colaboraron gentes de todas partes del mundo, fue aproximadamente de dos terceras partes de la total: unos seis millones y medio de pesetas sobre un total de unos diez millones. Así, por ejemplo, en Albuñuelas el duque de Fernán Núñez construyó toda una barriada; Alhama recibió también ayuda de numerosas entidades. En Játar se construyó una barriada con fondos catalanes (el barrio Cataluña, todavía existente); el pueblo de Murchas fue reconstruido por el Arzobispo de Granada; el de Ventas de Zafarraya con fondos recaudados en la ciudad de La Habana; el de Canillas del Aceituno con

fondos provenientes de la isla de Cuba, y el de Santa Cruz de Alhama a cargo de la sociedad madrileña del Círculo de la Unión Mercantil (por eso hoy se llama Santa Cruz del Comercio). Finalmente, habrían de añadirse otras inversiones notables, como las que hizo el Estado de sus fondos públicos para reconstruir escuelas y edificios públicos, o la que llevó a cabo el Arzobispado para reconstrucción de las iglesias.

### 2.3. EFECTOS SOBRE EL TERRENO

La violencia del terremoto, unida al complicado relieve topográfico de la zona afectada por el mismo (fotos 2 y 3), caracterizado por sus fuertes pendientes y taludes inestables, así como por el carácter kárstico de las calizas que componen algunas sierras situadas en el área epicentral (foto 4), provocaron notables alteraciones del terreno: desprendimientos (foto 5), deslizamientos, hundimientos, alteración del régimen de las aguas, etc.

Aún hoy, al recorrer la zona, se observan bastantes rocas en equilibrio inestable o desprendidas al borde de las fuertes pendientes, por lo que no es nada extraño que bajo la acción dinámica del sismo, rocas que se encontraran en situación análoga a éstas rodaran por la pendiente, arrasando las edificaciones que encontraban a su paso.

#### 2.3.1. Desprendimientos

Así, en los informes que se elaboraron a raíz del terremoto, se recogen numerosas referencias a los desprendimientos. Se afirma que abundaron en las sierras próximas a la zona epicentral (de Enmedio, Marchamonas y Tejeda), y se hace referencia también a otros más concretos, notables por su envergadura, y por lo general próximos a núcleos habitados. Por ejemplo, se dice que en el cerro Vitón, junto al camino de Zafarraya a Loja, se produjeron verdaderas «voladuras de piedras» en una franja que describen como de «doscientos metros de longitud y más de veinte de anchura». Asimismo se produjeron desprendimientos en el cerro del Encinar, cerca de Periana, en el Tajo Fuerte, en las zonas llamadas Tajos Lisos, La Arcaza, la Cueva de Fájara y la Cueva de las Vacas, y en la vertiente meridio-

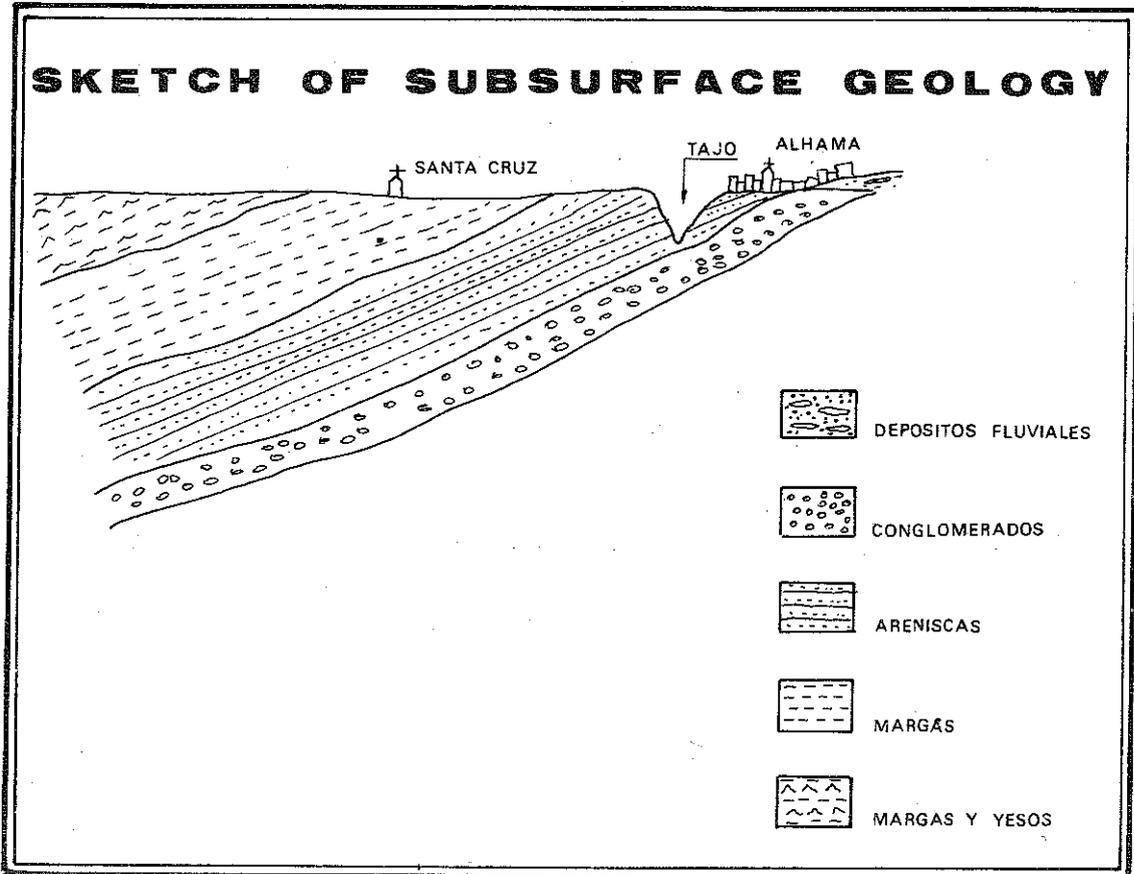


Figura 7.—Corte geológico esquemático en la dirección Santa Cruz-Alhama

# SKETCH OF SUBSURFACE GEOLOGY

AFTER ITALIAN COMISSION

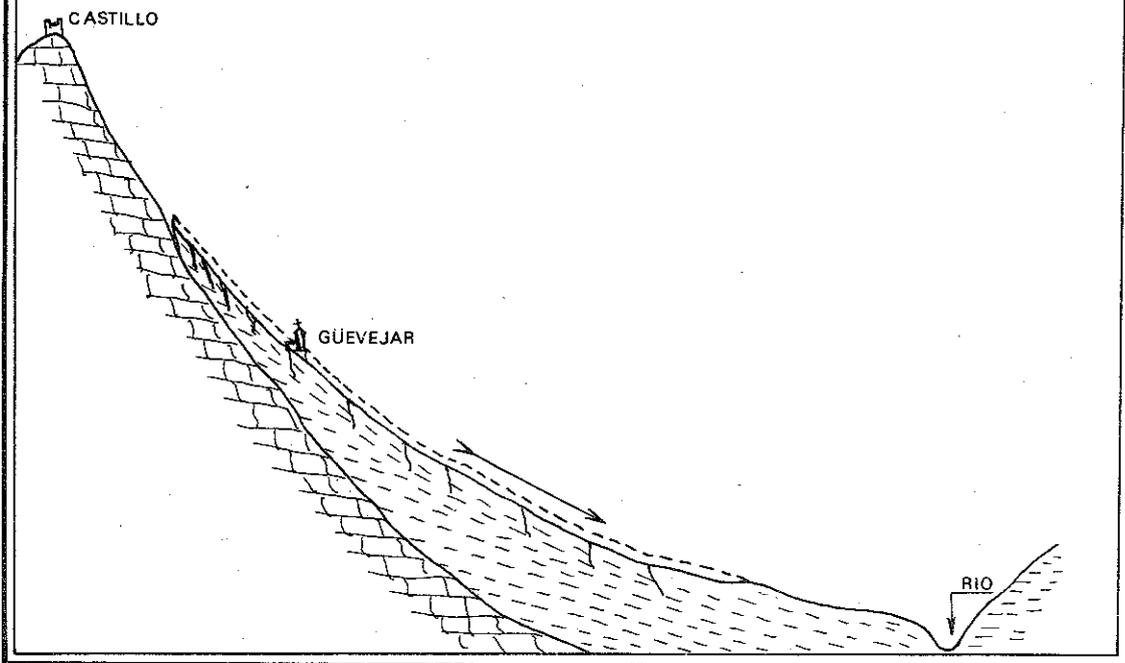


Figura 8.—Corte geológico esquemático de Güevéjar

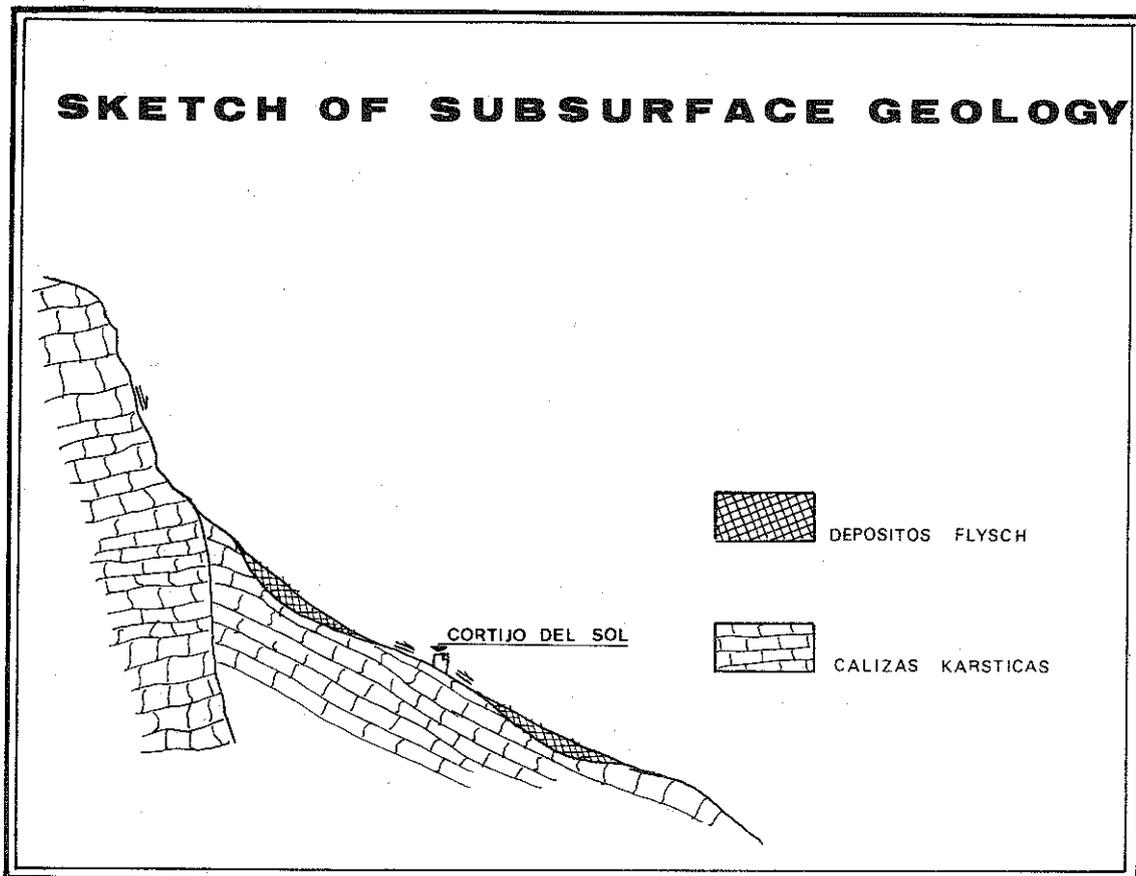


Figura 9.—Corte geológico esquemático de la zona del Puerto del Sol

nal de sierra Tejeda. Los caminos que unen Periana con Alfarnate y con Ventas de Zafarraya, en el Boquete, quedaron inservibles a causa de los desprendimientos.

Mención especial merecen, por el daño que ocasionaron a los edificios y las víctimas que motivaron, los desprendimientos habidos en el Tajo de Alhama (fotos 6, 7 y 8). Este pueblo se asienta sobre una capa de areniscas, bien cementadas, que son cortadas por el río Marchán formando el Tajo, en cuyas paredes verticales se pueden observar algunas grietas, y con las edificaciones asentadas sobre el mismo borde (figura 7). Al ocurrir el terremoto se desprendieron grandes bloques, arrastrando al precipicio las casas que se apoyaban en ellos, siendo ésta la principal causa del daño y de las víctimas ocurridas en esta ciudad.

### 2.3.2. Deslizamientos

Además de los grandes desprendimientos de los que hemos hablado en el punto anterior, se produjeron numerosos deslizamientos, algunos de ellos de gran extensión (fotos 9, 10 y 11). En unas ocasiones provocaron el arrastre de eras o árboles (fotos 12 y 13), siendo notable la referencia que se hace a los 141 pinos que se afirma que el terremoto desarraigó en el puerto del Fraile, en la sierra de la Almirajara, siete kilómetros al NE de Cómputa. En otras ocasiones los deslizamientos cortaron caminos (foto 14) o arrastraron pueblos enteros incluso, como en el caso de Güevéjar. Este pueblo se asienta sobre un terreno margoso que deslizó sobre su substrato calizo (fig. 8). Análogamente en Albuñuelas los estratos superiores deslizaron, ocasionando la mayor parte del daño producido por el terremoto, cosa que afortunadamente no ocurrió en algunos otros pueblos próximos a éste, pese a que las características del terreno son similares en toda esta zona.

Otras descripciones afirman que también se produjeron deslizamientos en Guájar Alto y en las faldas septentrional y meridional de sierra Tejeda. En el informe de la Comisión francesa se afirma también que hubo un pequeño deslizamiento en Ventas de Zafarraya. Este pueblo se asentaba a caballo entre la falda rocosa de

sierra Tejeda y el relleno cuaternario del valle de Zafarraya, que es el que debió deslizar.

### 2.3.3. Hundimientos

No obstante, la alteración más notable fue la que se produjo al oeste de la zona epicentral en la zona del Puerto del Sol, en término municipal de Periana.

En efecto, en la vertiente S de dicho puerto, las margas y margas-calizas del flysch se apoyan sobre un substrato calizo que, tal como se refleja en la figura 9, buza con fuerte pendiente (foto núm. 15). Este manto del flysch o nummulítico es muy plástico, presentando además las calizas una gran circulación kárstica, lo que dio lugar a que bajo el efecto dinámico del sismo se produjesen grandes desprendimientos y deslizamientos. Cabe destacar el hundimiento de más de dos metros de profundidad (fotos 16 y 17) que afectó a una franja de casi cuatro kilómetros de longitud por 10 a 35 metros de anchura y que discurría desde el puerto del Sol hasta una zona situada un kilómetro al N del cortijo de El Batán, pasando por los cortijos de Guaro, Zapata, El Batán y La Cueva. Este hundimiento provocó la destrucción completa de la aldea de Guaro (fotos 18 y 19) y la aparición en el cortijo de El Batán de una grieta de más de metro y medio de anchura (foto 20), transversal a la alineación principal del hundimiento; en cambio, el cortijo de Zapata permaneció intacto pese a su proximidad al hundimiento.

Como se ha dicho es éste el caso más notable de alteración del terreno a causa del terremoto, si bien, de acuerdo con el informe de la Comisión española, dicho hundimiento se produjo unas horas después de ocurrido el sismo, cuando casi todos los habitantes de la aldea se encontraban celebrando un baile en la era, que fue removida de tal modo que algunos fragmentos quedaron en posición vertical. La distorsión del terreno fue enorme, tal como se ha visto en las fotos; la fuente que abastecía la aldea desapareció, y en su lugar se formó una laguna de 1.800 m<sup>2</sup>; el número total de muertos ascendió a siete. En el informe de la Comisión española se afirma que por ésta se levantó un plano donde se recogían todos los detalles del hundimiento,

con indicación de la anchura y profundidad de las grietas. Desgraciadamente no hemos localizado dicho plano, preparado para ser incluido en la Memoria que la Comisión debía redactar, la cual, que nosotros sepamos, nunca se llegó a publicar.

En algunas zonas las características kársticas del terreno provocaron pequeños hundimientos que dieron acceso a cavernas excavadas por el agua. En los informes del terremoto se citan varios lugares concretos donde ocurrió este fenómeno, tal como Marrón de las Cuevas, a cinco kilómetros de Játar, en la vertiente de la sierra Almirajara, y en el camino de Alfarnate a Chozas del Rey.

#### 2.3.4. Grietas

Son también muy numerosas en los informes las referencias a las grietas que se produjeron en el terreno en las proximidades de los núcleos habitados (fotos 21, 22, 23 y 24).

En el informe de la Comisión española se destaca una que «... iniciándose en la sierra de Alhama con una que desde las Peñas de Vaqueros cruza la Cuesta de las Animas, se dirige por los Bermejales de los Llanos al cortijo de la Fuente de los Morales, y parece estar en íntima relación con otra que desde el barranco de las Piletas, origen del río Marchán, con dirección NO a SE y siguiendo los derrames septentrionales de la sierra Tejeda, pasa por el cortijo del Huerto de Navas y el de Valdeiglesias hasta la Similla de la Alcanta, desde cuyo punto se subdivide y se presentan otras, ya paralelas, ya perpendiculares a la anterior, en Hoyo Largo, en la Umbría de las Pilas y en el cortijo del Cementerio, la cual penetra por debajo de las casas de Ventas de Zafarraya». La longitud de la grieta descrita sería de unos siete kilómetros.

También fueron notables las grietas que se formaron en las proximidades de la cumbre de la sierra de Enmedio y las que se descubrieron en Periana, en el camino que va de los Baños de Vilo a Colmenar, y que según las descripciones se extendían desde el cerro del Encinar en las proximidades del pueblo. Otra grieta notable citada en los informes es la que pasando por Zafarraya corría a lo largo de sierra Tejeda en una longitud de ocho kilómetros hasta la sierra de Játar. Lo que

probablemente ocurrió fue un deslizamiento o movimiento relativo del relleno del valle de Zafarraya respecto al substrato calizo de la sierra Tejeda en el que apoya, formándose esa grieta que a nuestro juicio contribuyó grandemente como se verá, a la ruina del pueblo de Ventas de Zafarraya, que estaba situado prácticamente sobre la misma. En efecto, la distancia entre Zafarraya y Ventas de Zafarraya es siguiendo esta línea de unos tres kilómetros. El contacto del relleno cuaternario se prolonga a partir de este núcleo unos seis kilómetros hacia el este, en casi perfecta coincidencia con el eje mayor de la elipse formada por las isosistas. Dado que la distancia entre Ventas de Zafarraya y Játar es de unos 19 kilómetros siguiendo esta línea, estimamos que la grieta descrita no se prolongaba a través de la sierra fuera del valle, no siendo pues, indicio de la posible existencia de una falla que pudiera haber dado origen al terremoto.

También se cita otra grieta en las proximidades de la anterior, en el sitio llamado Hoyo del Toro en la sierra de Marchamonas, que corría de SE a NO en una longitud de unos 500 metros y con una anchura entre medio metro y un metro, la cual, según se dice en los informes, podía ser prolongación de otra que se formó en el cortijo de Los Buenos, situado en el camino de Chozas del Rey a Las Ventas, aunque se afirma que no se advertía la unión entre ambas.

Además de las grietas anteriormente citadas, en los informes se hace referencia a la aparición de grietas en el terreno próximas a casi todos los núcleos habitados situados en la zona más castigada por el terremoto. Así, se habla de que en Arenas del Rey se formaron varias grietas de 20 a 30 cm de anchura, bastante largas. En especial se cita una que se abrió en el centro del pueblo de unos treinta metros de longitud y de cuatro a diez centímetros de anchura, en la que se notaba además un pequeño desnivel entre los bordes. La grieta se extendía bajo algunos edificios, que dividió en dos.

Algo análogo sucedió en Alcaucín, donde también se formaron varias grietas, de las que la más importante comenzaba en la plaza, en el ángulo formado por la iglesia y el ayuntamiento, y la atravesaba en la dirección O-SO a E-NE llegando hasta la parte alta del pueblo y dividiendo también una casa en dos mitades. Su longitud

total era de treinta y cinco metros y su anchura de unos cuatro centímetros.

También en Cómpeeta se abrieron numerosas grietas que fueron aumentando, sin duda por un deslizamiento del terreno, de forma que dos meses después algunas de ellas medían hasta metro y medio de anchura por quince de longitud.

Otra grieta citada en los informes es una que se formó al SO de Sedella, con unos cuatro centímetros de anchura y unos treinta metros de longitud, que se dirigía de E-NE a S-SO.

Ya hemos hablado anteriormente de los hundimientos y deslizamientos ocurridos en Guaro, Albuñuelas y Güevéjar, que naturalmente fueron acompañados de la formación de numerosas grietas. En este último, el pueblo, que deslizó en bloque sin derrumbarse, quedó rodeado en la parte alta por una grieta semicircular de más de un kilómetro de longitud, y que según se cuenta dividió el tronco de un olivo en dos mitades, una de las cuales siguió al movimiento del terreno.

Finalmente diremos que también se citan algunas grietas en lugares alejados del epicentro. Así la carretera que unía a Granada con Motril quedó agrietada en las proximidades de la Venta de las Angustias. El punto de ubicación de estas grietas está situado al este del epicentro, en la prolongación de la línea recta que une los núcleos más dañados.

### 2.3.5. *Licuefacción*

En los informes español y francés se describen fenómenos que pueden claramente identificarse como de licuefacción. Entre los puntos donde ésta se observó están: el valle del río Marchán; el cortijo de los Alamos; el núcleo de Santa Cruz del Comercio; el llano de las Donas, cerca del cortijo de Mudapelo; el Pago de las Ventas, en Albuñuelas, donde se describe que salieron de las grietas entre los olivares, montones de barro; las márgenes del río Bermuza, no lejos de Canillas del Aceituno, y un campo al SO de Vélez-Málaga. En la figura 10 se recoge la ubicación de aquellos de los puntos antes citados que son identificables con cierta aproximación.

### 2.3.6. *Alteración en el régimen de las aguas*

Otro efecto notable del terremoto fue la alteración del régimen de las aguas, provocando

subidas y descensos del nivel de los pozos, aumento o disminución de los caudales de los cauces, pozos y manantiales, enturbiamientos, cambios de la temperatura de las aguas, formación de lagunas (foto 25), etc.

Son numerosas las referencias a estas alteraciones. Así, en Alhama, vieron cómo el río Marchán disminuía de caudal después del terremoto, quedándose totalmente seco en la mañana del día 26, dado que no brotaba agua de su manantial, el cual reapareció más tarde, formándose aguas arriba, a unos 100 metros del antiguo manantial, uno nuevo. Este fenómeno de variación del emplazamiento sucedió también con el manantial del Chopo, próximo a Alhama. En muchos de los restantes manantiales de este municipio se observaron variaciones de caudal.

Mención especial merecen los manantiales de los Baños de Alhama, ya conocidos en tiempo de los romanos. Aquí hemos de hacer constar que las descripciones reflejadas en los informes en cuanto a alteración transitoria de las características físicas o químicas de las aguas termales producidas por el terremoto nos han sido fudadas por el Director del balneario basándose en los datos contenidos en la Memoria del mismo. En los informes se dice que el manantial cesó de correr tras el terremoto para renacer pasadas cuatro horas, pero con las aguas muy turbias y en escasa cantidad. El caudal fue aumentando y a las cinco de la mañana del día 26 rebo-saron la pila, ya que alcanzaron un nivel 50 cm más alto que el que tenían antes del terremoto. Se afirma también que la temperatura ascendió dos grados centígrados y que surgió un nuevo manantial también termal, un kilómetro al este del antiguo; y que en un punto cercano a una cañada que desemboca en el río se formó una cavidad circular, de cuatro metros de diámetro (foto 26), de cuyo fondo brotaba una enorme cantidad de agua que llegaba hasta un nivel de un metro de altura de los bordes superiores. Emitía el manantial abundantes vapores y en su superficie podían observarse un número considerable de burbujas, indicativo de la gran cantidad de gases que contenía, revelándose a gran distancia la presencia de ácido sulfhídrico por su olor. Según el informe de la Comisión italiana, la temperatura del agua era en el mes de mayo siguiente al terremoto de 50 °C, mientras

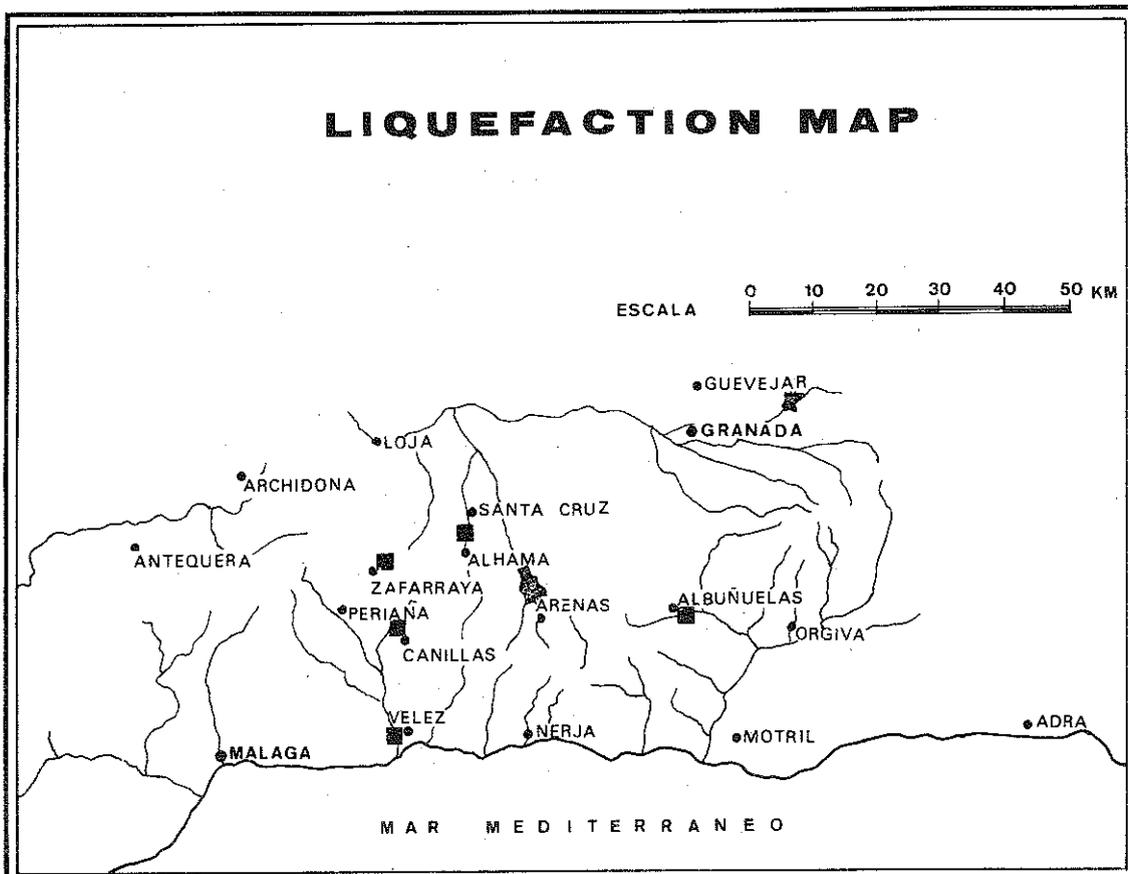


Figura 10.—Lugares donde se produjo licuefacción

que en el antiguo manantial era de 46° tan sólo.

Próximo a estos lugares y cerca de Santa Cruz, en el cortijo de Los Alamos, se afirma que apareció otro manantial termal y sulfhídrico, que desapareció en la tarde del día 26 para no reaparecer más.

Otros baños termales de la zona, muy conocidos, son los Baños de Vilo (Periana), cuyas aguas sulfurosas parece que aumentaron en caudal y riqueza de «hidrógeno sulfurado» manteniéndose a una temperatura de 21 °C.

Dentro de este mismo término municipal de Periana, en Guaró, el manantial que surgía bajo el cortijo se enturbió primero y desapareció después, aunque reapareció más abajo formándose una laguna.

También parece que aumentó el caudal de las aguas minerales de la Malá, donde surgieron nuevos veneros, y en el barranco de la Cueva, en las proximidades de Izbor, surgió un manantial termal cuyas aguas exhalaban un fuerte olor a anhídrido sulfhídrico.

En Alcaucín, las aguas del pueblo, procedentes de un manantial próximo, «cesaron de correr tras el terremoto, reapareciendo media hora después, muy turbias y en tal cantidad que rompieron cañerías e inundaron algunas calles volviendo finalmente a su caudal habitual». Algo análogo sucedió en otro manantial de este pueblo, en el de la fuente de las Parras, y justamente todo lo contrario en el manantial de Carrión Alto, que se agotó totalmente.

En Sedella se afirma que reventaron algunas conducciones, mientras en Almuñécar aumentaron los caudales de algunos pozos y se enturbiaron las aguas de otros. También se enturbió, hasta adquirir un color chocolate, el torrente Riofrío, en las proximidades de Loja.

En Játar, en el manantial que surtía de aguas al pueblo, se observó una disminución del caudal que llegaba a las fuentes públicas; en cuanto al río Potril, próximo al pueblo, también sufrió alteraciones de caudal, quedando totalmente seco y recuperando poco a poco su caudal normal con posterioridad. Sin embargo, los manantiales de Arenas del Rey, pese a lo mucho que afectó el terremoto a este núcleo de población, se alteraron relativamente poco.

Finalmente, hemos de hacer constar que existen otras muchas referencias a alteraciones en

el régimen de las aguas, en lugares más alejados de la zona epicentral. Así, en la provincia de Málaga, se afirma, en los informes y cuestionarios, que subió el nivel de las aguas de algunos de los pozos y manantiales en Antequera, Archidona, Benalmádena, Canillas del Aceituno, Cuevas Bajas (próximo a Archidona), Estepona, Málaga, Riogordo y Vélez-Málaga. Disminuyeron los caudales en cambio en Benalauría, mientras en Torrox desaparecieron algunos manantiales y lo mismo ocurrió en Arenas de Vélez-Málaga y Benalmádena, si bien posteriormente reapareció el manantial en el primero. Sufrieron enturbiamiento de las aguas en Archidona, Campillos, Canillas del Aceituno, Canillas de Albaida, Macharaviaya (próximo a Vélez-Málaga), Málaga, Riogordo y Torrox. Finalmente consta que en Canillas del Aceituno aumentó la temperatura de las fuentes públicas.

Análogamente, en la provincia de Granada, ascendió el agua de los pozos en Santafé, Armilla, Picena, Pulianas, Atarfe y Cúllar Baza. Aumentó el caudal de las fuentes y manantiales en Chite y Talará, Algarinejo, Cijuela, Fuente Vaqueros, Salobreña, Granada, Illora y Melegís. En cambio se secaron o disminuyeron de caudal en Pampaneira, Pinos del Valle, Jayena, Carataunas, Iznalloz y Soportújar. En Cáñar, Santa Cruz y Ventas de Zafarraya desaparecieron o disminuyeron de caudal algunos mientras aparecieron otros. En Pinos del Valle y Arenas del Rey vieron reaparecer las aguas que antes perdieron.

También sufrieron enturbiamientos las aguas de numerosos pozos, fuentes y manantiales de Loja, El Almendral, Padul, Ventas de Zafarraya, Pampaneira, Vélez Benaudalla, Algarinejo, Bayacas, Iznalloz, Motril, Soportújar, Purullena y Zújar. En Güevéjar, Lachar y Mecina-Alfahar se notaron alteraciones en los cauces a su paso por ellos.

#### 2.4. EFECTOS SOBRE LAS EDIFICACIONES: TIPOS DE EDIFICACIÓN Y URBANISMO

Es indudable la influencia que el tipo de construcción ejerce sobre el comportamiento de las estructuras durante el terremoto, y por ende, sobre los daños. En el caso del terremoto de An-

dalucía, dada la época en que ocurrió y la estructura socioeconómica de la zona, fue la pobreza de las edificaciones la causa principal del daño ocurrido, tanto en lo que se refiere a pérdidas materiales como humanas.

En efecto, tal como se verá, las construcciones no reunían, desgraciadamente, unas mínimas características sismorresistentes ni en su concepción, ni en sus materiales, ni en su ejecución. Esto puede generalizarse prácticamente a la totalidad de las edificaciones de la zona, dado que, salvo la mayoría de las iglesias, representaban una gran uniformidad en cuanto al proyecto, a los materiales usados en su construcción y a la forma de ejecución. No incluimos aquí gran número de las edificaciones existentes en las capitales Málaga y Granada, de una mayor calidad, y que se comportaron mejor, si bien ninguna de las dos ciudades se encontraba en la zona más fuertemente dañada. Como ejemplo las fotos 27, 28 y 29 recogen tres vistas del mismo pueblo, Jayena, las dos primeras de la casa del marqués de Campotejar, terrateniente y hombre de grandes recursos económicos. Tal como se puede observar, la construcción es en todas de calidad similar, análoga además a la que era común en los restantes núcleos de población, no existiendo más que algunas variaciones en pequeños matices constructivos de los que hablaremos más tarde, derivados, generalmente, de la posibilidad de obtención de los materiales.

Esta uniformidad del tipo de construcción se extiende, además, al número de plantas de los edificios, generalmente tan sólo una o dos (fotos números 30 y 31), lo que da lugar, a igualdad de los demás parámetros, a una respuesta similar para las distintas frecuencias. Tan sólo en Alhama y Vélez-Málaga (dentro de la zona gravemente dañada) existía un número significativo de viviendas de más de dos plantas (ver tabla III y fotos 32, 33, 34 y 35).

Podemos hablar pues, de que el tipo usual de edificación estaba constituido por casas de una o dos plantas, prácticamente carentes de cimentación, cuyos muros y paredes estaban contruidos con cantos rodados unidos por un conglomerante, en general barro, o en el mejor de los casos cal o yeso poco cocido, de acuerdo con la disponibilidad de estos materiales en la zona

y los recursos económicos del propietario (fotos números 31, 33, 36, 37, 38, 39 y 40). Estos muros eran, generalmente, medianeros entre una edificación y la contigua, como puede observarse en las fotos anteriores y en las números 41, 42, 43 y 44, entre otras, lo que, como veremos, tuvo también su influencia en el daño.

Los forjados de los pisos y cubiertas se caracterizaban por su gran peso y prácticamente nula trabazón. En efecto, las vigas estaban generalmente constituidas por troncos de árboles, simplemente desbastados, que se apoyaban o empotraban en los muros laterales con un débil anclaje a los mismos. Cada viga era independiente de la contigua, pues no solía haber zuncho, cerco o correa alguna. Sobre dichas vigas se apoyaban cañas, a-veces atadas con cuerdas a ellas, sistema que aportaba muy poca rigidez al forjado. Este se completaba con una capa de piedras y barro como mortero, que hacía aumentar mucho el peso sin aportar tampoco rigidez. Análogamente, las cerchas que sostenían el tejado se apoyaban simplemente sobre los muros sin rigidizarse a éstos o entre ellas mediante correas.

La capacidad para resistir los esfuerzos horizontales era pues muy pequeña. En algunos lugares la construcción presentaba, no obstante, algunas ligeras variantes que mejoraban sus características sismorresistentes. Así, en Albuñuelas, las esquinas de las casas solían disponer de pilares de ladrillos pobremente cocidos (fotos 41, 45, 46 y 47), que, sin embargo, tal como se observa, resistieron bastante bien. Si las vigas hubiesen estado suficientemente rigidizadas a ellos el número de muertos hubiese estado muy lejos del centenar que realmente hubo. Es de resaltar también el gran daño que se produjo en la unión de las distintas fábricas, efecto que fue también bastante notable en muchas iglesias y que puede observarse asimismo en las uniones de los muros exteriores con los pilares reflejadas en las fotografías anteriores.

Las características sismorresistentes no se vieron en cambio muy favorecidas en las zonas madereras de Jayena y Játar donde se utilizaron mucho como vigas gruesos troncos de castaño desbastados de hasta 50 centímetros de diámetro, lo que dio lugar a forjados extremadamente pesados (fotos 27, 28 y 48).

Las iglesias presentaban, por lo general, características claramente diferentes a las descritas, desde el punto de vista constructivo y de su sismorresistencia. Consecuentemente, su respuesta al terremoto fue distinta a la de los demás edificios debido a su diferente periodo de vibración, a que en su construcción se utilizaron mejores materiales y a una más cuidada ejecución. Así, generalmente, disponían, al menos, de una mayor cimentación que los edificios corrientes y también de pilares de mampostería o sillaría en los ángulos, con zunchos perimetrales del mismo material a nivel del suelo y del apoyo de la bóveda o de las cerchas de la cubierta, rellenándose las paredes y muros con cantos rodados unidos por el consabido mortero de yeso o cal. No obstante, existían iglesias con una construcción totalmente similar a la de las edificaciones corrientes, y otras, sobre todo en los núcleos principales de población, cuyos muros eran totalmente de sillares o de mampostería careada. En las fotos números 49 a 58 inclusive se puede observar la diferente estructura y calidad de construcción de varias iglesias de la zona.

En general, todas las iglesias situadas en el área donde el terremoto se sintió con gran intensidad sufrieron daños apreciables. Así, en las que estaban construidas con dos fábricas diferentes, como las de Beznar, Murchas, Izbor, Periana y Cacín, los daños se centraron en la unión de dichas fábricas. También se recogen en los informes los daños concretos que se registraron en diversas iglesias. Por ejemplo, la iglesia de Periana (foto 52) se hundió en gran parte, cayendo la fachada y quedando medio arruinado el campanario, del que cayó la campana. En la iglesia de Murchas se formaron grietas en los arcos de las cuatro ventanas. La iglesia de Saleres sufrió en general mucho, quedando su torre inclinada y amenazando ruina.

También la iglesia de Canillas del Aceituno fue muy dañada, rompiéndose por la clave los arcos de ladrillo de la nave central. En Vélez-Málaga la iglesia de los Capuchinos se arruinó totalmente y la iglesia parroquial se agrietó bastante. Igualmente se agrietaron las iglesias de Restábal y Totalán. En la catedral de Málaga aparecieron varias fisuras y una grieta en el arco

posterior al altar mayor. Y en esta misma ciudad la nave central de la iglesia de los Mártires quedó separada de las laterales por grietas, formándose asimismo fisuras en el campanario; además, la iglesia de la Aurora quedó en estado peligroso y en la iglesia de la Santísima Trinidad se produjeron varias roturas.

Finalmente y refiriéndonos al aspecto urbanístico, las calles, como las de casi todos los pueblos de Andalucía, eran bastante estrechas y sinuosas (fotos 30, 33, 38, 42, 59 y 60). Esto hizo que quedasen intransitables tras el terremoto a causa de los escombros caídos y no ofreciesen cobijo seguro a los que pudieron abandonar sus viviendas durante el terremoto, pese a la poca altura de éstas. Este problema, igual que muchos de los expuestos sobre el tipo de construcción, no pasó inadvertido a quienes estudiaron el terremoto, y en especial, a la Comisión española que, como veremos, planteó soluciones razonables a la hora de afrontar la reconstrucción.

### 3. CAUSAS QUE CONTRIBUYERON A LOS DAÑOS OBSERVADOS

Es bien conocido que aun supuesto un foco no puntual, la distribución del daño viene condicionada, además de por la distancia al mismo, por las características del terreno, en especial del subsuelo próximo y de las edificaciones, dándose el caso de que edificios de similares características o poblaciones muy próximas sufren un daño muy diferente.

Este diferente comportamiento fue ya observado por los científicos que estudiaron el terremoto inmediatamente después de su ocurrencia, los cuales trataron de dar explicación al fenómeno. Como idea general podemos afirmar que las edificaciones construidas sobre terrenos de aluvión o menos firmes sufrieron más que las construidas sobre terrenos rocosos o más firmes. No obstante, en muchos casos esta sencilla explicación no es suficiente. Parece evidente que hay que considerar que la construcción era, en general, de muy mala calidad y pésimas características sismorresistentes, lo que dio lugar a que, en la zona donde las acciones sísmicas alcanzaron un grado notable, todas las edifi-

caciones sufrieran un fuerte daño; y los factores determinantes de que este daño llegase al colapso fueron, sin duda, la existencia de fallos en la ejecución, la orientación del edificio en relación con el máximo efecto del sismo y la influencia de edificios contiguos. Se hace necesario, por tanto, un análisis caso por caso de los datos de observación.

a) Estudiando el daño habido en los tres núcleos del valle de Zafarraya puede verse que mientras en Ventas de Zafarraya apenas quedó una casa en pie (figura 11) y en Zafarraya el daño fue muy notable (fotos 50 y 61), en El Almendral, en cambio, casi todas las casas resistieron. La causa de este diferente comportamiento sí parece encontrarse en la diferente composición del terreno bajo los tres núcleos y así lo expusieron ya algunos de los científicos que analizaron el terremoto. En efecto, Ventas de Zafarraya se asienta actualmente casi en su totalidad sobre el relleno cuaternario del valle, junto al contacto meridional con las calizas de sierra Tejada. Antes hablamos de cómo en el informe de la Comisión francesa se afirmaba que por este contacto corría una grieta y que el terreno aluvial había deslizado sobre las calizas. Las descripciones en las que se afirma que las casas construidas sobre estas calizas fueron las que mejor se comportaron y que las que justamente se asentaban sobre dicho contacto las que peor, confirman la influencia que el terreno tuvo sobre el daño en este pueblo.

Zafarraya o Chozas del Rey, si bien sufrió también un grave daño dada su proximidad al epicentro, no resultó tan afectada como Las Ventas, dado que se asienta sobre un promontorio calizo que aflora en medio del valle aluvial, lo que fue determinante de su mejor comportamiento. Finalmente, el tercero de los núcleos del valle de Zafarraya, El Almendral, está ubicado en la parte norte del valle, sobre terreno firme aunque próximo al relleno cuaternario. Esto, unido a la mayor proporción de casas de una sola planta, hizo que su comportamiento fuese mucho mejor.

Análogamente, las edificaciones de Málaga capital tuvieron un comportamiento distinto en los diferentes barrios como consecuencia de las características del terreno donde se asentaban. Así, la parte edificada al pie del castillo de Gi-

bralfaro resistió mucho mejor que el resto de la ciudad, asentada sobre terreno más blando, siendo los edificios situados justamente sobre la línea de contacto entre ambos tipos de terreno los que sufrieron mayor daño. En Vélez-Málaga (fotos 34 y 35), también la parte alta de la población, la Villa, sufrió menos que la parte baja, siendo además la línea de contacto de los dos terrenos que definen estas zonas el lugar donde se asentaban los edificios más dañados. En Alcaucín, los alrededores sufrieron más que la población. En Periana sucedió algo análogo: la parte alta del pueblo sufrió más que la baja, dato que se tendría posteriormente en cuenta al construir un nuevo barrio. En Canillas del Aceituno, los edificios situados dos kilómetros tan sólo al oeste del pueblo sufrieron muy poco, mucho menos que el núcleo de población situado sobre terreno de distinta naturaleza.

Caso distinto es el de Santa Cruz de Alhama o del Comercio (fotos 39, 49 y 59), donde la parte alta del pueblo sufrió más que la baja. Aquí influyeron por un lado la distinta composición del terreno, formado en la parte alta del pueblo por margas mezcladas con yesos, y por otro la topografía, dado que la pendiente del terreno es también mayor en la parte alta. En la figura 12 se recoge un corte esquemático donde se observa el subsuelo bajo Santa Cruz. Desde luego no es de extrañar que se produjesen algunos deslizamientos de margas que ayudaran a la destrucción, ya que hoy día pueden observarse restos de deslizamientos que originan el típico relieve de «bujecos».

b) También en Alhama se observó un comportamiento diferencial de las edificaciones según el barrio en que se asentaban, resistiendo mucho mejor las construcciones de la parte antigua de la ciudad que las de la nueva, situada en las proximidades del Tajo. Sin embargo, a nuestro juicio, no está claro que la estructura del terreno subyacente fuese la causa de este diferente comportamiento. Es, sin embargo, muy significativo que cuantos narraron los efectos del terremoto atribuyan la terrible destrucción originada por el mismo, que dañó muy seriamente e hizo colapsar más de las dos terceras partes de las casas de que constaba la población, al hecho de que estas casas se encontraban al mismo borde del ya citado Tajo, y se produjesen



Figura 11.—Calle Real y Boquete de las Ventas de Zafarraya (Granada)

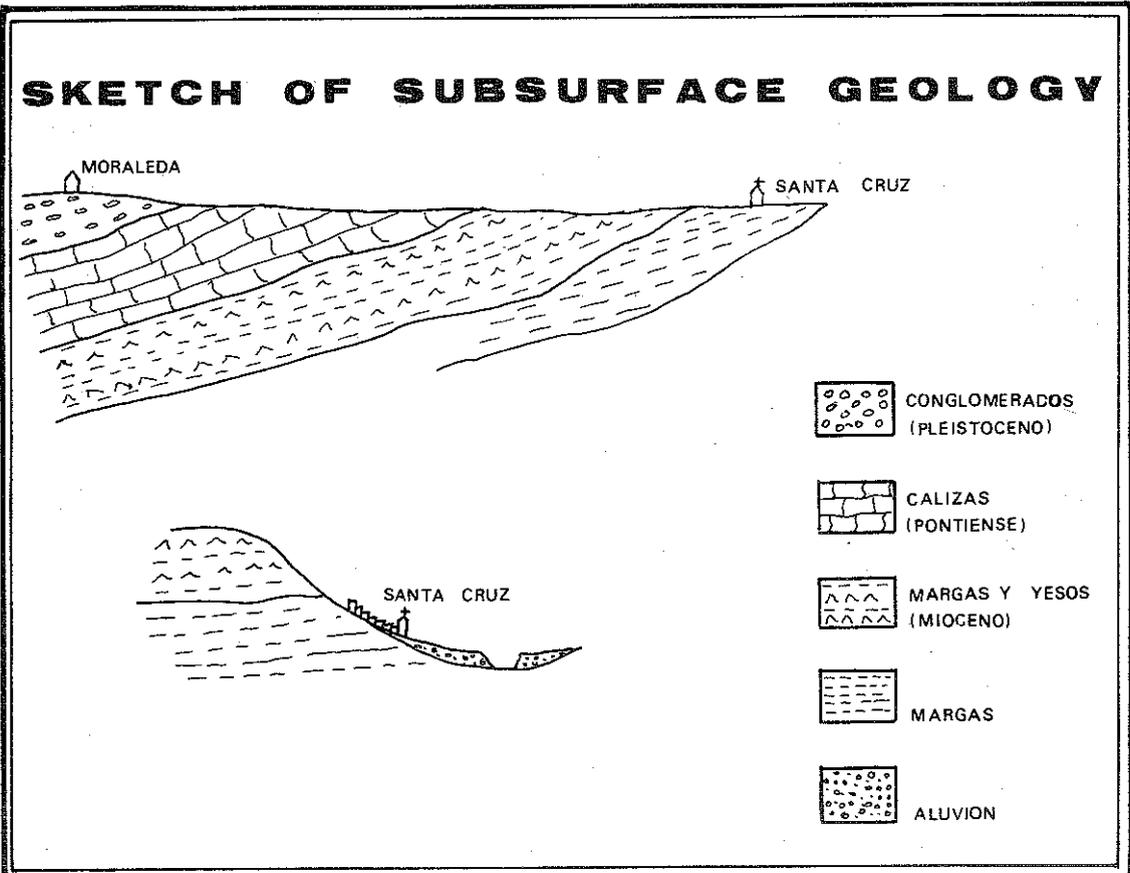


Figura 12.—Corte geológico esquemático en la dirección Moraleda de Zafayona-Santa Cruz del Comercio

desprendimientos en los márgenes (fotos 32, 33, 36, 37, 38, 53, 54, 62, 63, 64, 65, 66, 67 y 68). Ya se vio (figura 7) que Alhama se asienta en su mayor parte sobre una capa de areniscas muy bien consolidadas, de cuya observación se deduce claramente la posibilidad de grandes desprendimientos pese a ser las paredes del Tajo prácticamente verticales. Es cierto que las casas llegan hasta el mismo borde y que se observan algunas fisuras o grietas en la roca, pero cuesta creer que se produjesen los colosales desplomes de rocas necesarios para hacer caer, por ejemplo, las casas de la acera oeste de la calle Enciso que discurre paralela al Tajo.

Indudablemente, y a pesar de la apariencia externa actual, hemos de admitir que los desprendimientos y formación de grietas en el borde del Tajo debieron ser muy notables durante el terremoto, provocando el colapso y la ruina de muchos edificios, puesto que así nos lo cuentan quienes lo vieron. Ahora bien, a nuestro juicio, debieron concurrir además, dado el daño, otras circunstancias agravantes, empezando por la propia topografía. En efecto, la zona donde se acumuló el daño junto al Tajo tiene forma semicircular, estando rodeada por el río Marchán y con notables desniveles que obligan a sus calles a ser empinadas. Dado que en esta zona se ubicaban las construcciones más recientes y también las más altas (el 60 por 100 de las casas de Alhama tenían al menos tres plantas y casi todas estaban ubicadas aquí), cabe pues pensar que se produjo una focalización de energía sísmica amplificándose por el terreno ondas de algunas frecuencias, las cuales afectaron a este tipo de edificios más altos, que por otro lado presentaban una mayor debilidad a los esfuerzos horizontales. También las características constructivas, de las que ya hemos hablado, como la existencia de muros medianeros, así como la orientación prácticamente en la dirección del epicentro de las calles cuyos edificios sufrieron un daño mayor, debieron ser causas coadyuvantes de los daños.

Resumiendo, estimamos que no se puede hablar de una sola causa fundamental al hacer referencia al extraordinario daño sufrido por la ciudad de Alhama, sino que éste se debió a la concurrencia de una serie de circunstancias que sumaron sus efectos.

También es de resaltar el diferente comportamiento de las edificaciones de Arenas del Rey, Játar, Jayena y Fornes, núcleos todos ellos muy próximos. Si exceptuamos Játar que se encuentra situado parcialmente sobre el cuaternario, los otros tres pueblos se ubicaban exactamente sobre el mismo tipo de terreno, como se puede observar en la figura 13. En ésta, el núcleo de Arenas del Rey que figura es el nuevo pueblo edificado tras el terremoto; el antiguo se hallaba situado frente al actual, en la margen contraria de la carretera de Arenas del Rey a Fornes, a unos quinientos metros de distancia.

Pues bien, mientras Arenas del Rey quedó totalmente destruida por el terremoto (fotos 1, 30, 40, 51 y 69), en Fornes el daño fue considerablemente menor, así como en Jayena y Játar. En el caso de este último (fotos 31 y 70) debió ser el tipo de terreno que, como hemos visto, era distinto, la causa del diferente comportamiento. Hay que hacer notar Játar se halla situado más próximo al epicentro. En cambio, no puede achacarse al tipo de terreno la causa del diferente comportamiento de los edificios de Jayena y Arenas del Rey dado que es idéntico; hay que pensar, pues, en otras causas. Posiblemente la construcción de Jayena fuese mejor que la de Arenas del Rey, dada la abundancia de madera de una gran calidad junto a aquel núcleo; de hecho, en las fotografías de este pueblo (27, 28, 29, 48, 71 y 72) se observa una gran cantidad de madera entre los escombros y es obvio que con tan mala construcción cualquier pequeña mejora tuvo que tener reflejo en el comportamiento sismorresistente.

c) Hay casos donde el deslizamiento del terreno fue claramente la causa fundamental del daño. Así, ya se ha hablado de que el pueblo de Güevejar deslizó en bloque mencionándose la causa (figura 8). También en Albuñuelas (fotos números 41, 45, 46, 47, 57, 58, 73, 74 y 75) el daño se debió fundamentalmente a fallo del terreno. Este pueblo se asienta sobre un terreno deslizante, de cuyo deslizamiento pueden observarse numerosas muestras actualmente. Es, pues, lógico que ante el efecto dinámico del sismo se acrecentaran notablemente dichos deslizamientos provocando el colapso de casi todas las casas situadas en la parte alta y occidental, la de mayor pendiente. En cambio las casas si-

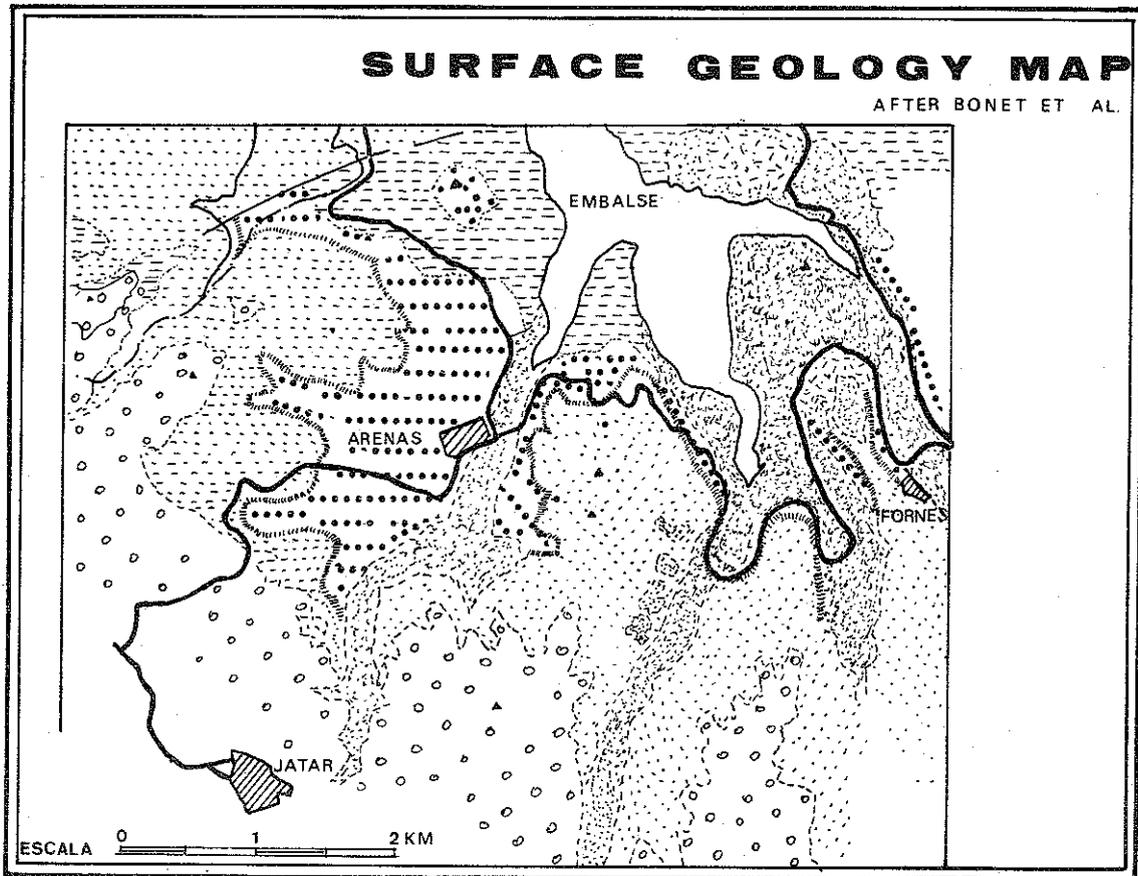


Figura 13.—Mapa geológico de la zona de Játar, Arenas del Rey y Fornes

tuadas en el barrio bajo sufrieron notablemente menos.

Finalmente, ya se habló del daño sufrido por la aldea de Guaro, en término municipal de Periana, debido a un gran hundimiento y deslizamiento del terreno.

Aunque la mayor parte del daño fue ocasionado por la sacudida principal del día 25 de diciembre, ésta fue acompañada por numerosas réplicas, algunas de ellas bastante notables, ver Udías y Muñoz (1979), que debieron terminar con muchos edificios ya bastante maltruchos. En los informes que se elaboraron sobre el terreno se recoge este dato, si bien es difícil evaluar porcentualmente el daño debido a las mismas, aunque suponemos no debió ser muy significativo.

Por último, hemos de hacer constar que aunque en los informes se hace referencia a lugares donde se produjo licuefacción, dato que ya hemos hecho constar, no se indica en ninguno de estos informes que edificio alguno sufriese daño por esta causa. Además, parece que dicho fenómeno sólo afectó a zonas muy pequeñas y no edificadas.

#### 4. AYUDAS RECIBIDAS Y MEDIDAS QUE SE PROPUSIERON PARA LA RECONSTRUCCION

##### 4.1. AYUDAS INMEDIATAS

Al día siguiente de acaecido el terremoto empezaron a llegar al resto del país las primeras noticias sobre los catastróficos daños. No obstante, dadas las comunicaciones existentes en aquellos tiempos y la ubicación de los núcleos más dañados, hasta el día 27 no se conoció el grave daño sufrido, por ejemplo, por Arenas del Rey y Albuñuelas, enviando entonces la Diputación Provincial unas «Comisiones informativas» a la zona. Podemos asegurar, pues, que hasta que el diario *El Defensor de Granada* pidió el día 29 auxilio a la prensa nacional, no había cundido la alarma, y aun así su llamada fue interpretada por los periódicos de Madrid como una exageración andaluza, lo que provocó una epistolar polémica, resuelta tras la visita efectuada a la zona pocos días después (8 de

enero), por corresponsales de dichos periódicos, quienes pudieron comprobar que desgraciadamente no se había exagerado, volcándose desde ese mismo momento, dicho sea en honor de la verdad, en poner todos sus medios de comunicación en ayuda de los damnificados.

Así pues, durante los tres o cuatro primeros días, cada población y cada familia tuvo que subsistir con sus escasos medios, aunque se dieron algunos encomiables casos de ayuda, como la prestada nada más conocida la magnitud de la catástrofe, por los vecinos de Talará a los de Murchas. Hay que pensar, por tanto, que los primeros momentos debieron ser terribles, sin alimentos, sin vivienda y sin medios de descombros, que habían quedado en gran parte sepultados. La falta de auxilio debió provocar numerosas muertes, más aún al haber ocurrido el sismo de noche en el mes de diciembre y haber sobrevenido pocos días después una de las mayores nevadas que se recordaba en la zona y de la que hay constancia en numerosas de las fotografías mostradas (15, 27, 29, 30, 31 50, 70 y 71). Se asegura en los informes que algún tiempo después de la catástrofe fallecían diariamente en Arenas del Rey tres personas por término medio debido a las inclemencias del tiempo.

Abierta por *El Defensor de Granada* una suscripción de urgencia el día 1 de enero, la rápida respuesta permitió al Director de dicho diario recorrer la zona entre los días 3 y 9 del mismo mes, llevando lo que para muchos fue el primer auxilio que recibieron, constituido fundamentalmente por mantas y víveres, si bien él mismo relata en sus crónicas que a Alhama habían llegado el día 4 los primeros socorros. El retraso en la percepción de ayudas debió minar, sin duda, la baja moral de los habitantes de la zona, quienes a partir del día 10 de enero recibieron la visita de su majestad el rey Alfonso XII, el cual, pese a su delicada salud, quiso observar los daños y ofrecer personalmente la reconstrucción, para lo que se hizo acompañar de los ministros de la Guerra y de Fomento (foto 76).

Una vez subsanada la falta de alimentos, era la vivienda la necesidad más perentoria de aquellos habitantes. Lógicamente hubo que recurrir en un primer momento a tiendas de campaña (fotos 77 y 78), si bien éstas sólo eran efica-

ces en las poblaciones meridionales de la vertiente mediterránea: Periana, Alcaucín, Vélez-Málaga, etc., donde el clima era más suave. En las demás poblaciones debió recurrirse a casetas de madera que, desgraciadamente, no estuvieron prestas a ser ocupadas hasta dos meses después del terremoto. Así, el día 18 de enero se subastaron en Granada, con destino a Arenas del Rey, cien casetas de madera de 25 metros cuadrados y dos casetas mayores con destino a iglesia y a hospital. En Jayena se instalaron 37 de estas casetas de 25 metros cuadrados; 20 en Santa Cruz de Alhama; 5 en Zafarraya; 2 en Alhama, una de este tamaño para vivienda del maestro y otra de las grandes para escuela. También en Albuñuelas, y gracias a la ayuda de las ciudades de Córdoba y Sevilla, se formaron dos barrios de casetas de madera (fotos 79 y 80), que recibieron el nombre de estas dos ciudades. En Vélez-Málaga se construyeron barracas en las que incluso se establecieron tiendas (foto 81).

Pero desgraciadamente estas ayudas, además de llegar relativamente tarde, fueron insuficientes dadas las necesidades, lo que obligó a mucha gente a vivir en chozas construidas por ellos mismos con los materiales de los escombros o los que podían reunir en aquellos momentos (foto 82), mientras que otros preferían cobijarse bajo las paredes que aún se mantenían en pie, pese al riesgo que suponía el estar expuesto a un derrumbamiento provocado por una réplica o por la lluvia. Peligro que era bastante real, siendo una de las cosas que más se echó de menos la realización de una política de descombro que impidiese la caída de los muros que amenazaban ruina.

#### 4.2. MEDIDAS QUE SE PROPUSIERON PARA LA RECONSTRUCCIÓN

La reacción mundial ante el terremoto no se limitó al campo científico, sino que se enviaron ayudas económicas y materiales desde todos los continentes, que se canalizaron, fundamentalmente, a través de las suscripciones nacional e internacional abiertas al efecto (tablas I y II), y cuya recaudación ascendió a un total de más de seis millones y medio de pesetas, de los que

algo más de tres millones procedían del exterior. Para la administración y distribución de estos fondos se creó en abril de 1885 una Comisaría Regia, al frente de la cual se nombró un Comisario y, que se disolvió una vez realizado su cometido treinta y dos meses después.

El primer problema que se planteó al Comisario Regio fue conseguir una evaluación real del daño, pues las cifras oficiales facilitadas por los gobernadores civiles, dieciocho millones de pesetas, hacían pensar por comprobaciones efectuadas que se habían exagerado en muchos casos. Sin embargo, y tal como se comprobaría en la realidad, con los seis millones y medio de pesetas recaudados en esta suscripción, unidos a los tres millones y medio recaudados en otras, es decir, con un total de unos diez millones de pesetas se lograría, reparar todo el daño en la edificación, ya que fue criterio unánime del Comisario Regio y de cuantas entidades particulares colaboraron con diversas aportaciones a la reconstrucción, que debía ser objeto de preferencia la urbanización y reedificación de los pueblos dentro de unas normas de seguridad sismorresistente, a fin de dar, ante todo, albergue a los damnificados. Además, de este modo se obligó a los moradores a no descuidar las labores agrícolas, como algunos habían comenzado a hacer, pensando que la ayuda prometida les cubriría con creces su dejadez.

También hubo de adoptarse un criterio de preferencia en cuanto al orden en que se deberían llevar a cabo estas acciones. Se acordó comenzar por aquellos núcleos cuyo daño se evaluaba como de grado IX o X en la escala de Rossi-Forel, aunque, dado el volumen que adquirió la recaudación, en la práctica se actuó simultáneamente en los 106 núcleos a que se extendió la ayuda de la Comisaría Regia (tabla IV).

Desechada por ésta la idea de acometer por sí misma las obras de reparación y construcción de nueva planta de las casas dañadas, y con objeto de acelerar la reconstrucción, se dictaron rápidamente las normas por las que se establecían las ayudas para la reconstrucción, que oscilaban entre un 75 y un 30 por 100 del daño, en función inversa al impuesto pagado por la finca dañada, con un límite absoluto de 3.000 pesetas, excepto en las capitales de Málaga

TABLEA IV.—*Relación de las poblaciones que fueron auxiliadas por el Comisario Regio con los fondos de la suscripción nacional para la reedificación o reparación de sus casas*

<i>Provincia de Granada</i>	Pesetas		Pesetas
Acequias.....	8.449,09	Ojijares.....	150,00
Agrón.....	2.255,00	Orgiva.....	2.995,88
Albuñuelas.....	346.923,15	Otívar.....	51.864,57
Alhama.....	1.514.120,70	Padul.....	15.522,00
Almuñécar.....	38.884,65	Pinos Genil.....	13.586,01
Arenas del Rey.....	1.033.765,98	Pinos del Rey.....	20.121,68
Bayacas.....	9.953,90	Quéntar.....	8.217,17
Béznar.....	75.752,85	Restábal.....	27.100,37
Cacín y su anejo Turro.....	9.421,69	Salar.....	9.789,57
Cájar.....	591,05	Saleres.....	36.200,11
Cáñar.....	24.760,39	Salobreña.....	42,00
Capileira.....	2.274,50	Soportújar.....	2.942,75
Cenes.....	2.967,00	Vélez de Benaudalla.....	3.475,25
Cónchar.....	31.870,62	Ventas de Huelma.....	10.005,45
Cozvíjar.....	5.965,20	Ventas de Zafarraya.....	17.781,77
Chauchina.....	1.713,00	Villanueva de Mesía.....	7.112,45
Chimeneas.....	15.220,51	Zafarraya.....	122.421,45
Chite y su anejo Talará.....	34.354,48	Zubia (La).....	1.049,05
Churriana.....	1.424,50		
Dílar.....	9.998,50	<i>Provincia de Málaga</i>	
Dúdar.....	6.325,22	Alcaucín.....	8.251,00
Dúrcal.....	13.062,75	Alfarnatejo.....	5.040,25
Fornes.....	30.882,58	Algarrobo.....	10.085,57
Gabia la Grande.....	1.050,00	Almogía.....	10.157,37
Gabia la Chica.....	5.025,75	Antequera.....	50.381,20
Gójar.....	2.591,10	Archez.....	22.172,22
Granada.....	109.892,50	Archidona.....	1.481,00
Guájjar Alto.....	11.988,30	Arenas de Daimalos.....	14.041,40
Guájjar Faragüit.....	3.163,50	Benagalbón.....	1.425,48
Guájjar Fondón.....	1.673,75	Benamocarra.....	8.493,75
Güéjar Sierra.....	543,07	Borge.....	9.035,50
Güevéjar.....	527.113,05	Canillas de Albaida.....	37.501,99
Huétor Tajar.....	12.265,34	Casabermeja.....	18.641,00
Illora.....	15.077,62	Colmenar.....	3.307,50
Itrabo.....	7.492,92	Cómpeta.....	79.725,00
Izbor y su anejo Tablate.....	15.704,01	Cútar.....	35.926,25
Játar.....	21.729,92	Frigiliana.....	11.023,85
Jayena.....	128.508,53	Iznate.....	3.463,67
Jete.....	13.125,92	Málaga.....	146.885,54
Lanjarón.....	917,00	Moclínejo.....	11.110,22
Lentegí.....	11.563,43	Nerja.....	14.274,25
Loja.....	81.863,46	Oliás.....	7.567,50
Malá (La).....	117,00	Periana.....	300.587,30
Mecina Fondales.....	3.674,45	Riogordo.....	647,00
Melegís.....	64.924,38	Salares.....	29.835,50
Molvizar.....	23.066,54	Sayalonga y Corumbela.....	23.167,98
Mondújar.....	37.573,95	Sedella.....	19.215,21
Moraleda.....	6.322,25	Torrox.....	21.624,44
Motril.....	37.482,56	Vélez-Málaga.....	110.366,35
Murchas.....	20.000,00	Villanueva del Trabuco.....	975,00
Nigüelas.....	72.261,25	Viñuela.....	617,00
Nívar.....	981,00		

y Granada. De este modo se favorecía más a los de menor capacidad económica, quienes, con la cantidad recibida y los materiales que aprovechaban de los escombros, podían reconstruir totalmente sus viviendas; además, para garantizar el destino de la cantidad aportada, se estableció que de ésta no podía adelantarse una proporción superior al 50 por 100, se limitó el plazo de ejecución de las obras y se estableció una vigilancia administrativa sobre la calidad de la reedificación. Por otra parte, cuando la peligrosidad del terreno, a la vista de la experiencia, aconsejaba no reedificar o reparar la casa en el mismo lugar, o cuando la reparación afectase a una planta superior a la principal, es decir al primer piso, no se otorgó ninguna ayuda para dicha reparación o reedificación, si bien se consideró al damnificado en caso análogo al que había perdido totalmente su vivienda y no se dictó disposición alguna prohibiendo la reconstrucción a costa del propietario.

Para los casos de pérdida total de la vivienda se establecieron unos módulos, función del valor de amillaramiento de la finca destruida, con objeto de que la ayuda fuese proporcional al daño. Así se valoró el metro cuadrado de construcción en 20 pesetas y a fin de que nadie saliese perdiendo según se calificase su vivienda como totalmente destruida o apta para la reparación se le dio opción al propietario en estos casos a elegir la alternativa que más le conviniera. De todos modos, la Comisaría Regia se encargó directamente de la reconstrucción en aquellas poblaciones en que fue necesario construir más de cuarenta viviendas de nueva planta, lo que se llevó a cabo en seis núcleos: Arenas del Rey, Albuñuelas, Alhama, Güevéjar, Periana y Zafarraya.

Así pues, de los seis millones y medio de pesetas a que ascendió la suscripción oficial se gastaron unos dos millones y medio en reparaciones de viviendas, con un auxilio medio por finca de 205,50 pesetas, y los casi cuatro millones restantes en la ejecución de nueva planta de 739 viviendas, cuya ejecución se adjudicó por concurso a precios que oscilaron entre 54 y 148 pesetas metro cuadrado, cifra que se alcanzó en el verano de 1885, cuando una epidemia de cólera se desencadenó sobre la zona, agravando más el panorama.

Para la realización de estas obras se procedió en primer lugar a la elección del emplazamiento, procurando que el terreno fuese estable y no hubiese sido afectado gravemente por el terremoto. Como toda solución ingenieril fue ésta una solución de compromiso, pues existían también otros muchos condicionantes tales como la proximidad al núcleo superviviente o a la zona donde se ubicaban las fincas que labraban; la facilidad de comunicaciones, de abastecimiento de agua y de saneamiento; el precio de los terrenos, que en ocasiones fueron incluso donados o vendidos a bajo precio; problemas de expropiaciones, que en algún caso como Albuñuelas fueron muy graves; facilidades para otorgar escritura pública, etc. También se tuvo en cuenta la orientación respecto a los vientos dominantes y la topografía, procurándose, en particular, que las pendientes no superasen el 5 por 100.

Así, en Alhama se escogió el llamado Hoyo del Ejido (figura 14). En Arenas del Rey, un terreno situado a 300 metros del antiguo núcleo (figura 15), una vez que se llegó a un acuerdo con el Instituto de Fomento del Trabajo Nacional, de Barcelona, que había adquirido otros terrenos para edificar también algunas casas. En Albuñuelas (figura 16), se eligió, tras muchas vicisitudes, el llamado Llano de la Conca. En Periana (figura 17), se eligió el llamado Carrascal. En Güevéjar (figura 18), un punto próximo al antiguo emplazamiento, junto a la carretera de Granada, y en Zafarraya (figura 19), una zona situada al norte del antiguo pueblo. La superficie total ocupada por estas edificaciones en los seis núcleos de población fue de unas veintiséis hectáreas y media.

Una vez elegido el emplazamiento se procedió a proyectar el conjunto urbanístico. Para ello, y además de crear la infraestructura necesaria, se limitó la altura de las edificaciones en dos plantas y la anchura de las calles en un mínimo de diez metros, excepto en Albuñuelas, donde, debido a los problemas surgidos, a los que antes hicimos alusión, se redujo a seis metros. Las iglesias, escuelas y casas consistoriales que fueron reconstruidas por el Estado con cargo a otros fondos (figura 20), se ubicaron en las plazas, dada la mayor anchura de éstas.

Se procuró que los edificios reunieran aquellas

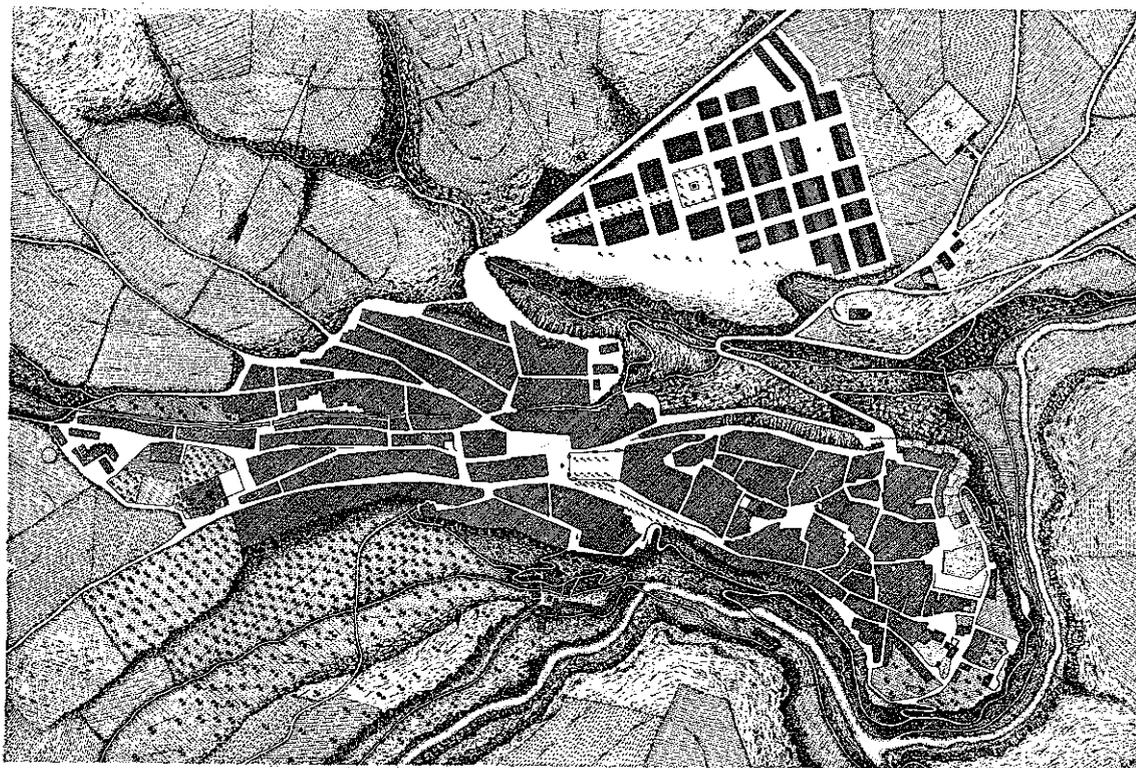


Figura 14.—Plano del nuevo barrio en el Hoyo del Ejido en Alhama de Granada

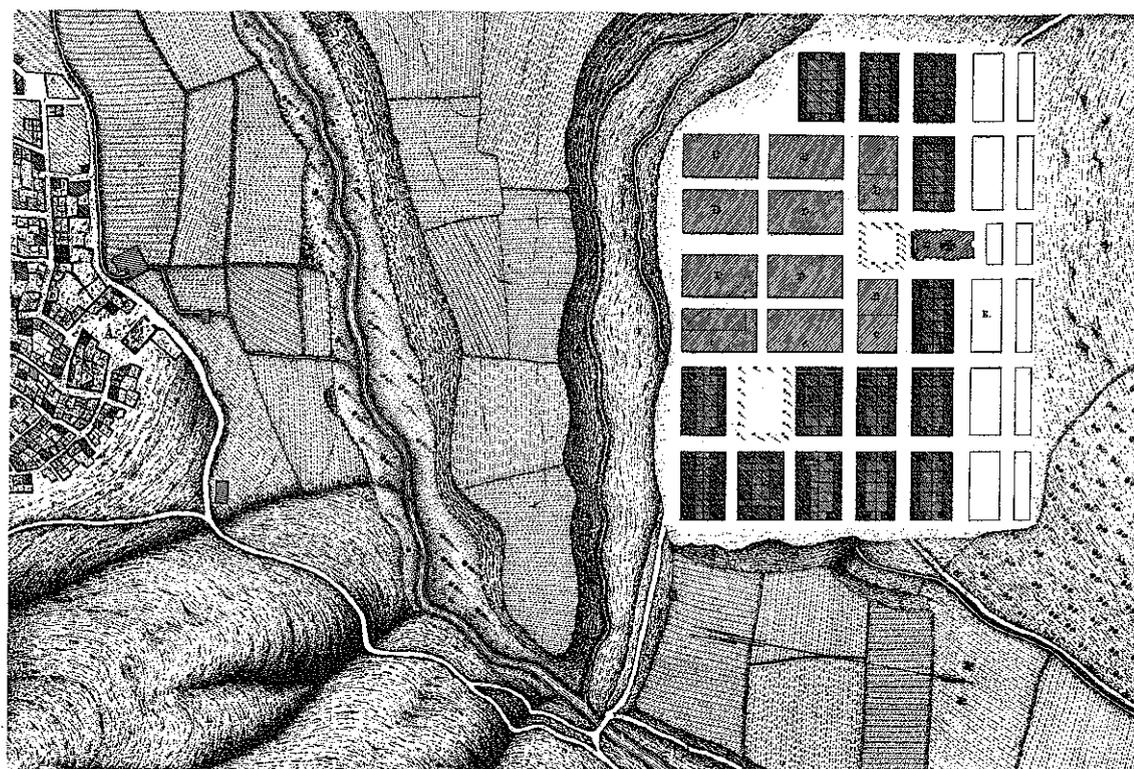


Figura 15.—Planos de los núcleos antiguo y nuevo de Arenas del Rey

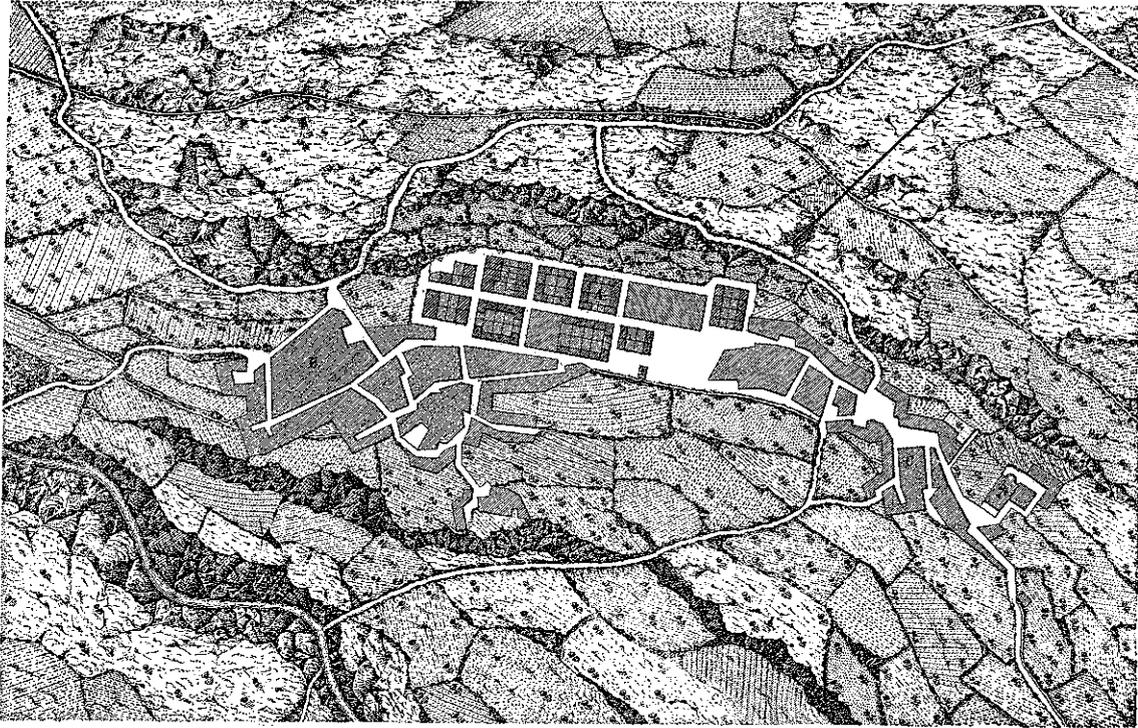


Figura 16.—Plano del nuevo barrio de Albañuelas, reedificado en los terrenos del Llano de la Conca

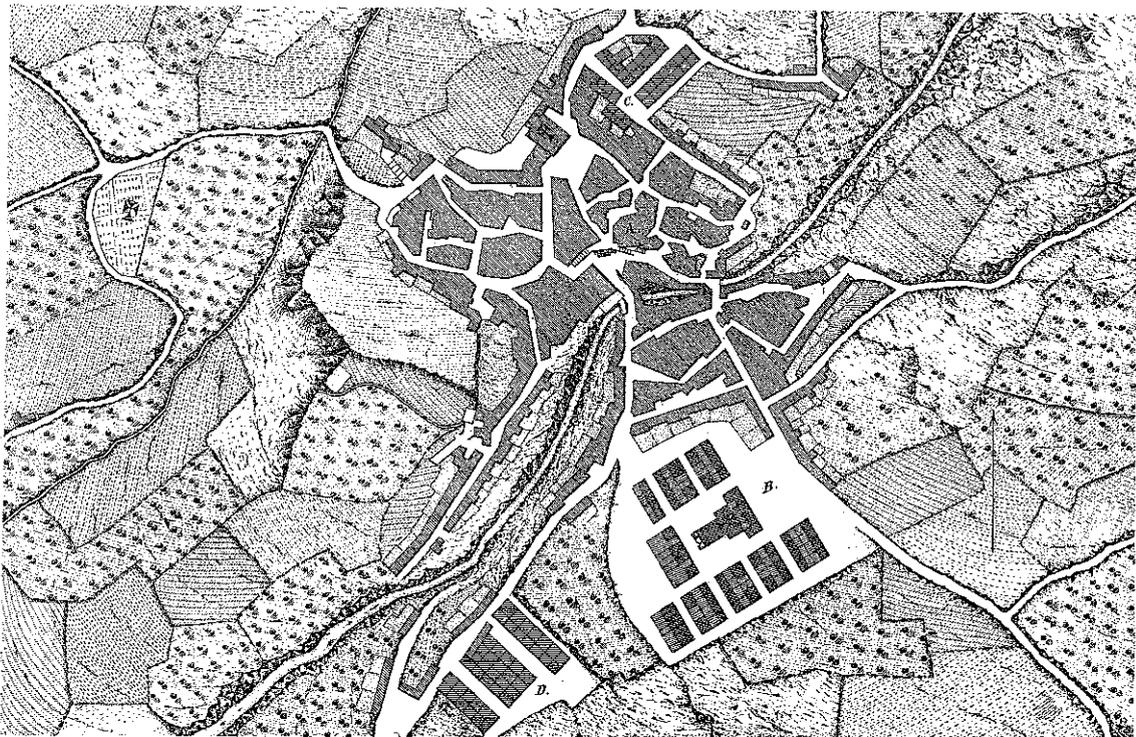


Figura 17.—Plano del nuevo barrio de Periana, edificado en el Carrascal

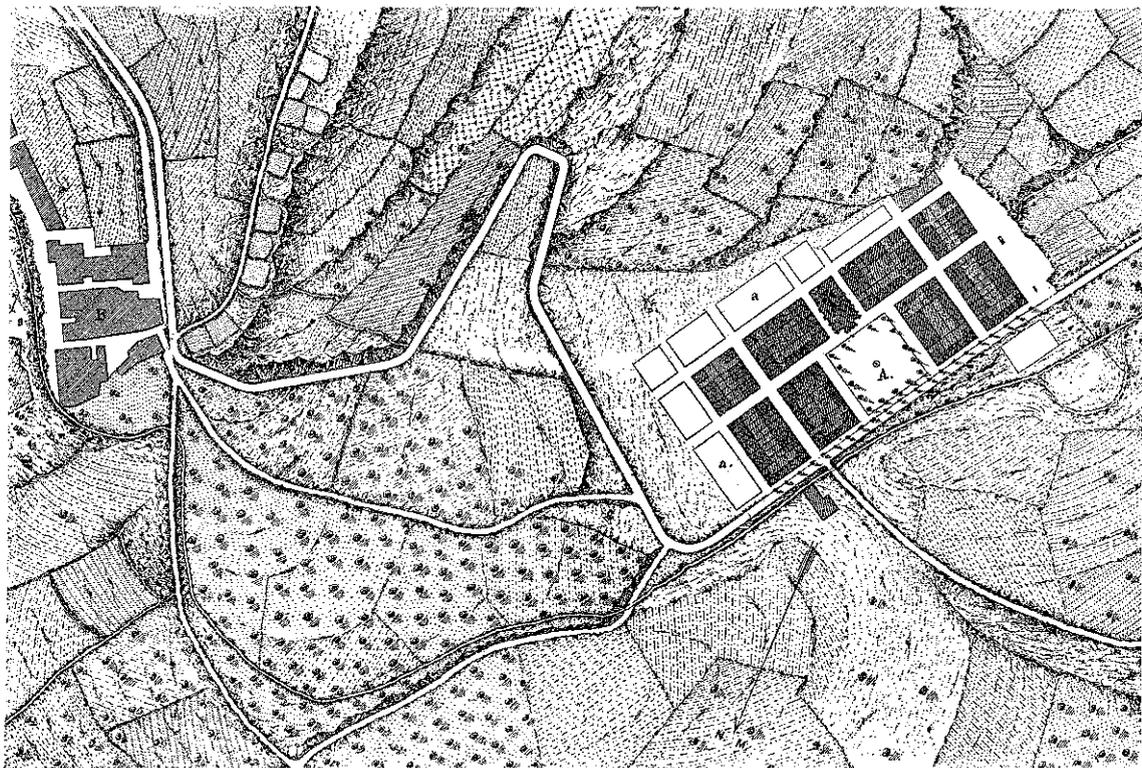


Figura 18.—Plano del antiguo y nuevo núcleo de Güejar

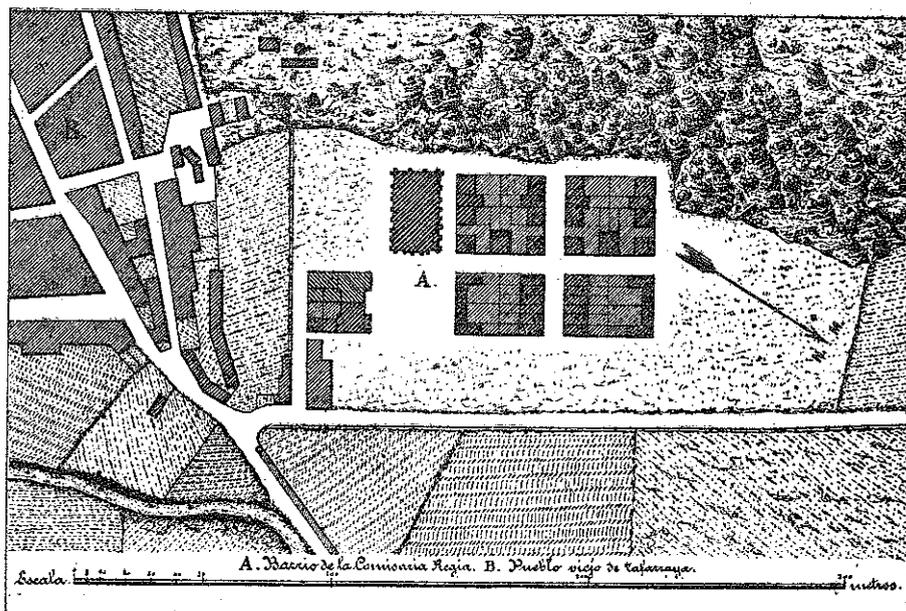


Figura 19.—Plano del nuevo barrio y del pueblo viejo en Zafarraya

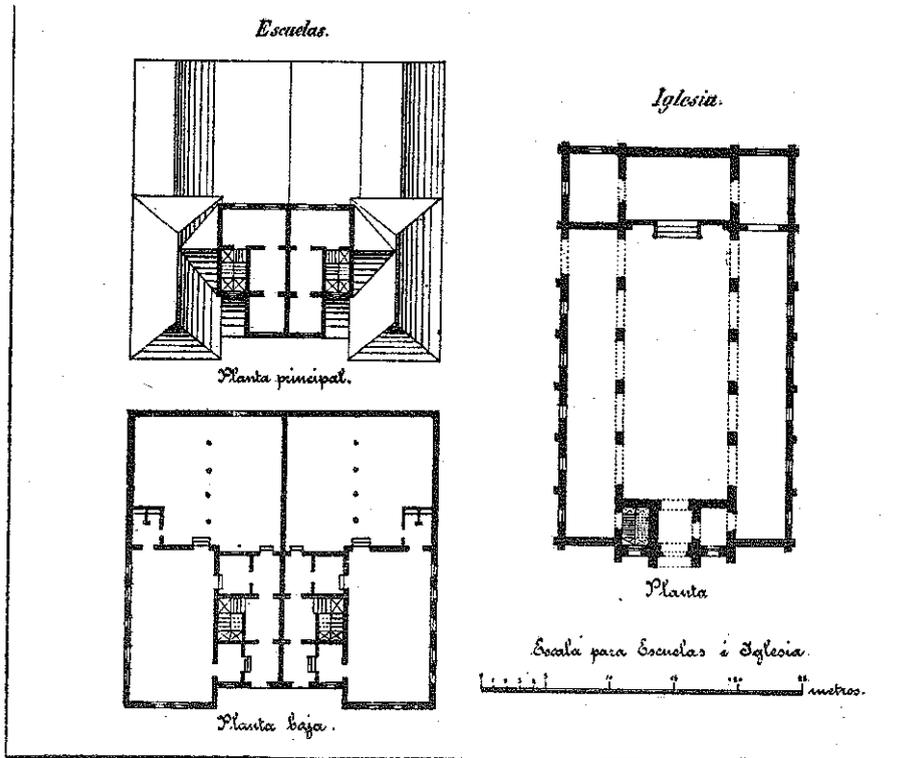


Figura 20.—Planta de las escuelas e iglesia de Zafarraya

características constructivas cuya carencia se había detectado como causa próxima de la ruina de muchas por el terremoto. Para ello se las dotó, en primer lugar, de una buena cimentación, cuya profundidad llegó a ser superior a la altura aparente del edificio, lo que contrasta gravemente con la casi inexistencia de la misma en las casas construidas antes del terremoto. Después se procedió a una elección adecuada de los materiales y a un control cuidadoso de la ejecución de acuerdo con las técnicas usuales entonces.

Especial énfasis se puso en cuidar la adecuada unión entre las distintas fábricas y los entramados de tabiques, pisos y cubiertas. Para ello, los muros exteriores de mampostería se enrasaron a la terminación de cada cuerpo con una faja de ladrillo, con el que se reforzaron también los ángulos. El enlace de los machos del ángulo con los macizos de mampostería se hizo por medio de endejas y empotrando en éstas los grandes mampuestos del muro. Las vigas de madera del forjado de los pisos se apoyaron claveteadas sobre carreras empotradas en los muros. Estas carreras forman un cerco, cuyos ángulos se reforzaron con herrajes. Análogamente la armadura del tejado se hizo descansar sobre un marco similar.

Se construyeron cinco tipos fundamentales de casas (figuras 21, 22, 23, 24 y 25), todas con similares características constructivas y con superficies comprendidas entre 40 y 151 metros cuadrados, con objeto de que hubiese una cierta correlación entre las pérdidas sufridas y la casa recibida. Las dimensiones de estas casas eran ligeramente superiores a las edificadas por otras instituciones o entidades que oscilaban entre 28 y 112 metros cuadrados. El coste por casa osciló, según sus dimensiones y emplazamiento, entre 1.500 y 5.100 pesetas, siendo necesario realizar para su construcción un volumen total de movimiento de tierras de más de noventa y cinco millones de metros cúbicos, que importaron unas 117.500 pesetas. Estas viviendas, pese a todos los medios técnicos y organizativos empleados por la Comisaría Regia, no pudieron ser entregadas hasta el mes de junio de 1887, es decir, dos años y medio después del terremoto.

Tal como expusimos anteriormente, además de esta inversión realizada por la Comisaría

Regia, equivalente a la recaudación de la suscripción oficial (y de cuyo importe el 95 por 100 lo percibieron directa o indirectamente los damnificados y el 5 por 100 restante fue destinado a gastos de personal y administración), otras entidades aportaron una suma de casi tres millones y medio de pesetas, que también se invirtieron en ayudas a la vivienda (figura 1). Entre las obras realizadas a cargo de estas entidades hemos de hacer constar el Barrichuelo de Béznar, construido por *La Correspondencia de España* y que se acabó ya el 4 de octubre de 1885. Ventas de Zafarraya fue reconstruido totalmente con capital de la isla de Cuba. El diario *El Imparcial* construyó en Alhama un barrio que se inauguró el 29 de marzo de 1886, mientras que el 14 de septiembre de este mismo año se inauguró en Játar el barrio Cataluña, construido con fondos de la Prensa Asociada de Cataluña. Finalmente, el 21 de octubre de 1887 se inauguraba el nuevo pueblo de Santa Cruz de Alhama (foto 83) reconstruido con los fondos aportados por la Unión del Círculo Mercantil de Madrid, y que desde entonces se denominaría en honor de esta entidad Santa Cruz del Comercio.

#### AGRADECIMIENTOS

Parte de la información contenida en este trabajo nos ha sido proporcionada por diversas personas, a quienes queremos agradecer su colaboración. En particular deseamos destacar a don José Antonio Parra, cura párroco de Arenas del Rey y estudioso de la historia local; don Antonio Gutiérrez Jiménez y su esposa, maestros de Arenas del Rey y director él del balneario de Alhama, de quienes obtuvimos valiosos datos sobre los efectos del terremoto en el balneario y Arenas; don Salvador Peña Velasco, alcalde de Alhama, que facilitó la toma de fotografías de documentación existente en el archivo local; don Mario Ruiz Morales y don José Antonio Garrido Martín, que tomaron las fotografías antes citadas, y don José Manuel Martín Martín, geólogo, quien aportó los datos geológicos básicos.

Quisiéramos, finalmente, recordar a muchas otras personas que nos atendieron amablemente en nuestro recorrido por la zona, contribuyendo

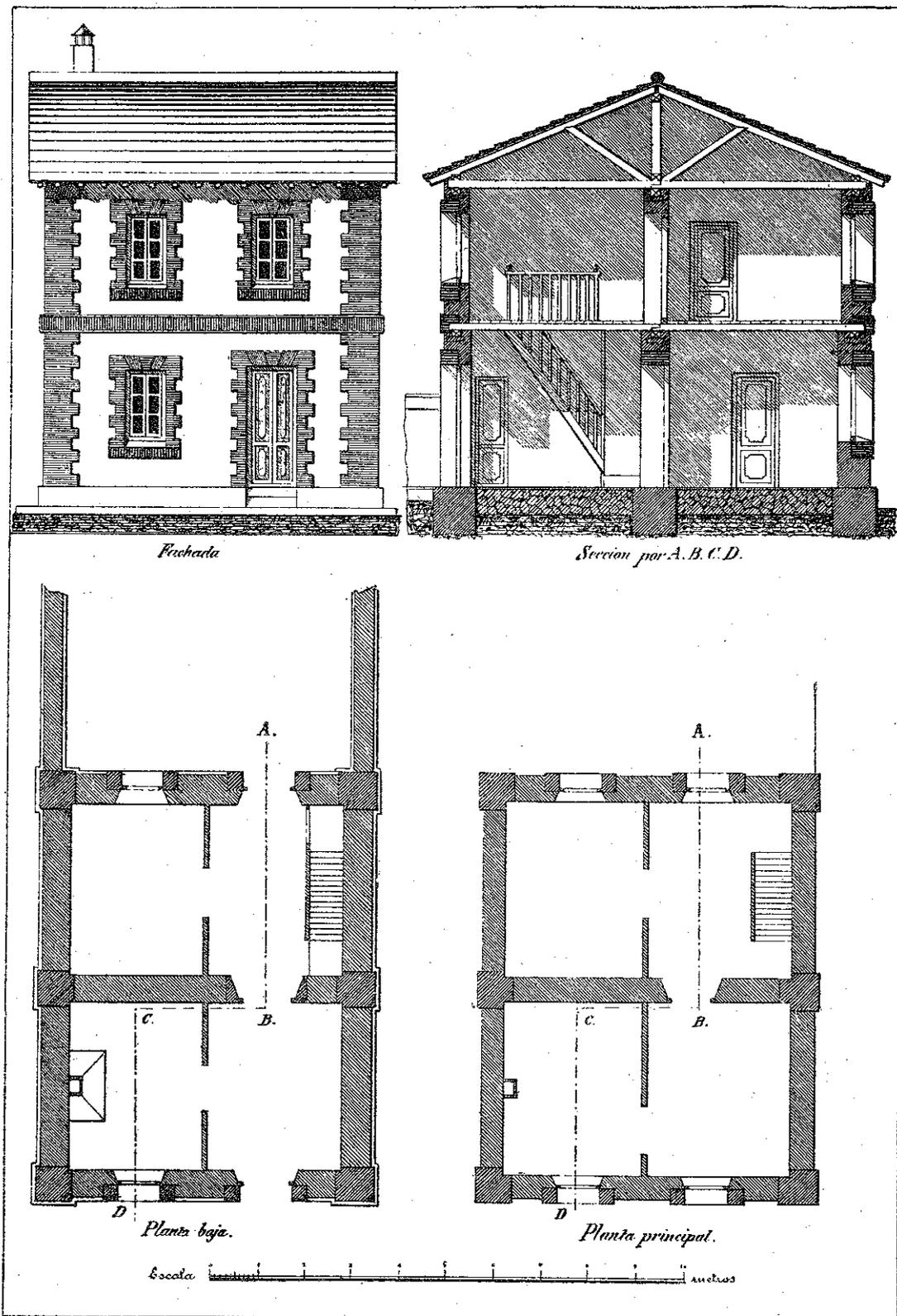


Figura 21.—Casa tipo N.º 1

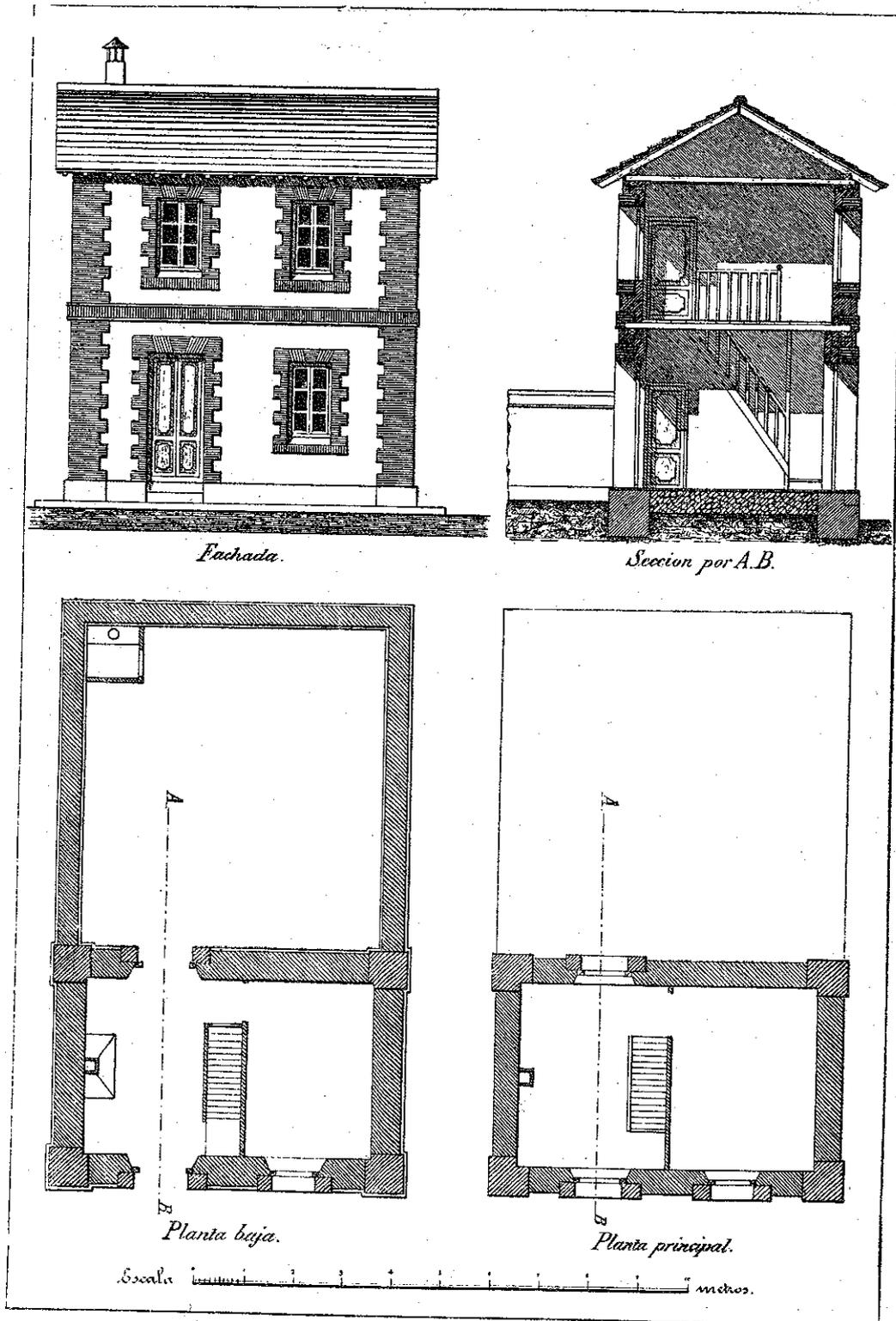


Figura 22.—Casa tipo N.º 2

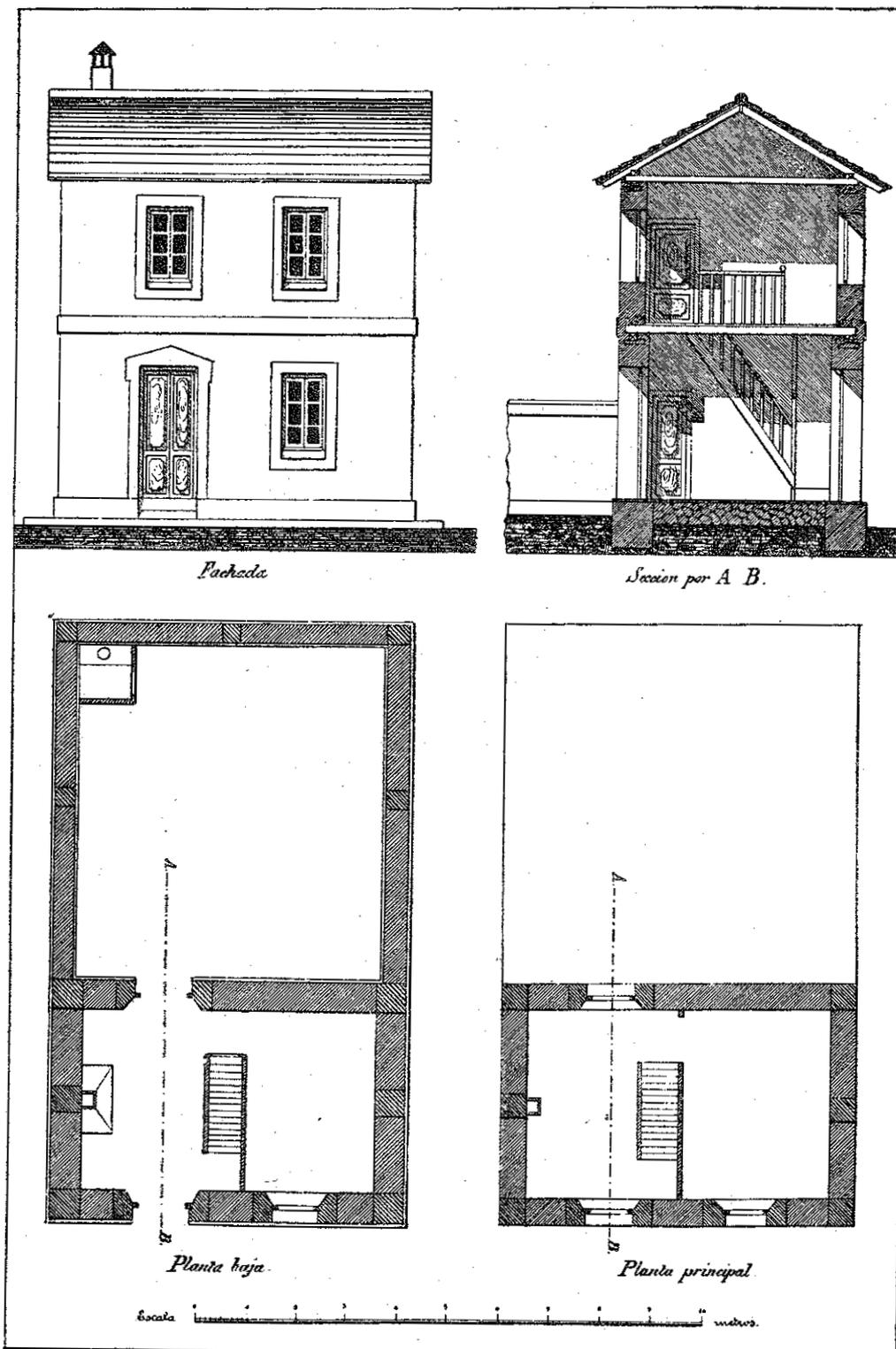


Figura 23.—Casa tipo N.º 3

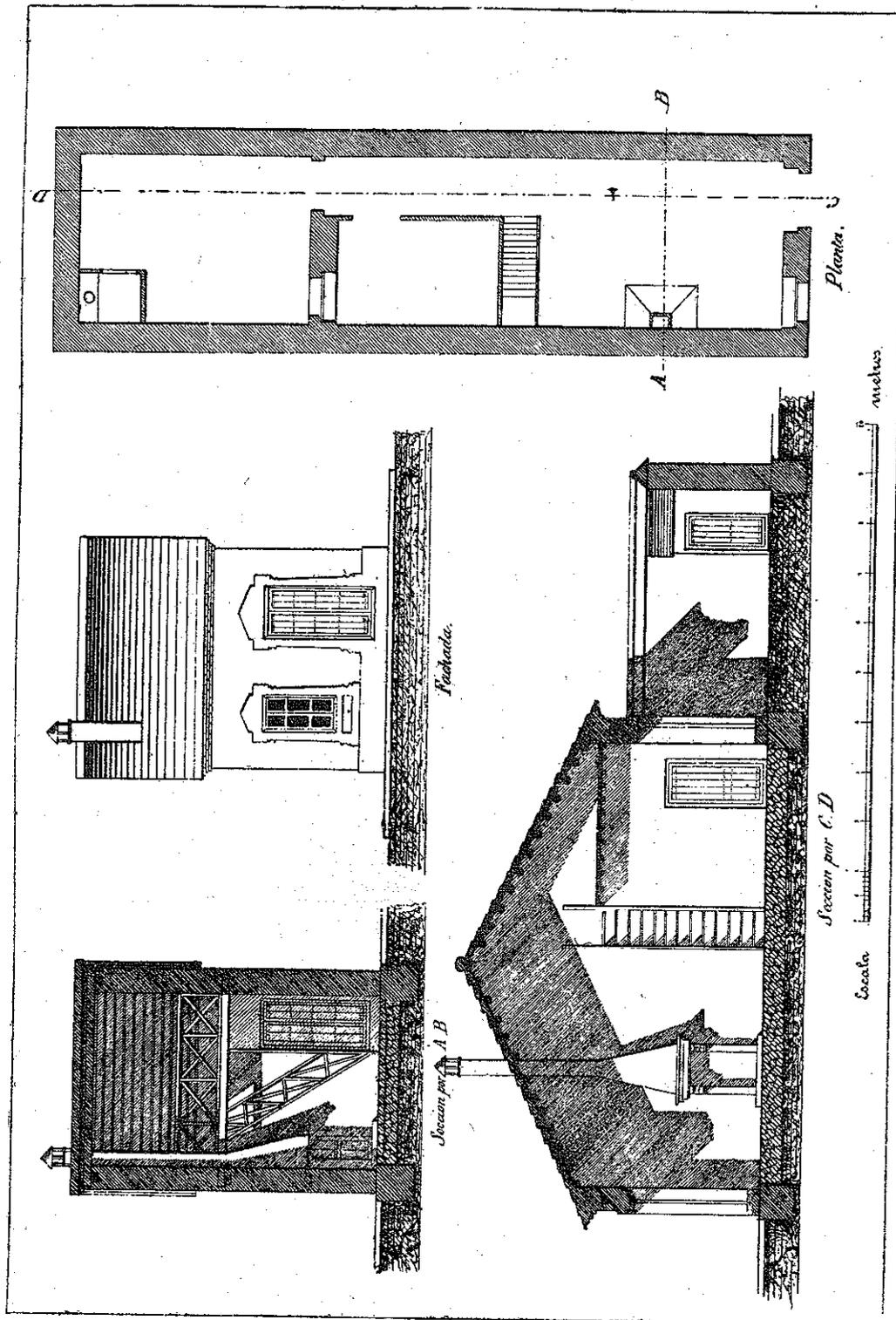


Figura 24.—Casa tipo N.º 4

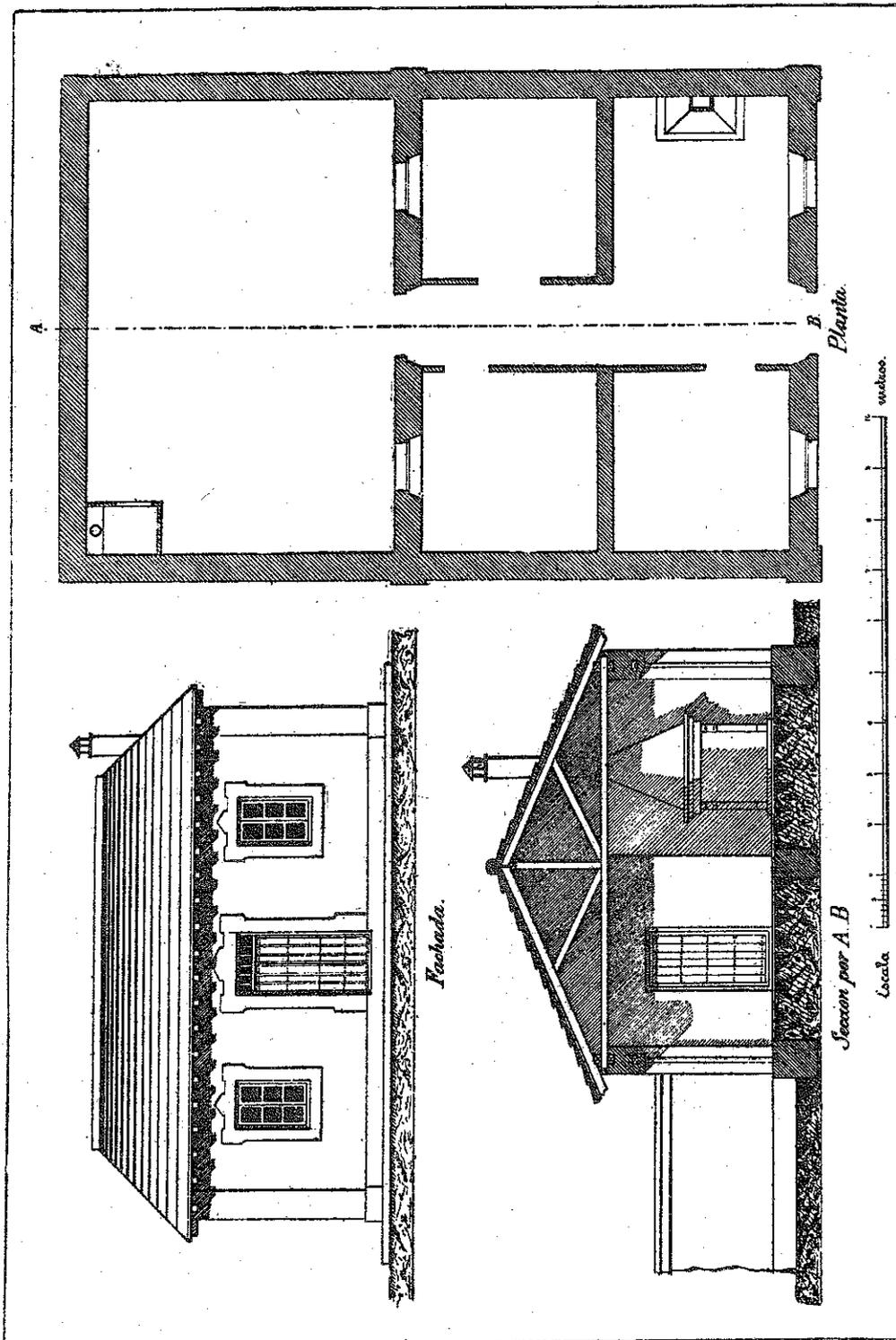


Fig. 25.—Casa tipo N.º 5

con datos conocidos por tradición oral inmediata a completar la información recogida en memorias y publicaciones.

Las fotos recogidas en el presente trabajo pertenecen a la colección de la Comisión española, a la colección publicada en el informe de don Domingo de Orueta y a la colección existente en el ayuntamiento de Alhama, do-

nación reciente del doctor don Jesús Thomas Gómez.

#### NOTA

Este trabajo fue presentado en agosto de 1978 en la reunión de la Comisión Sismológica Europea, celebrada en Estrasburgo.



## BIBLIOGRAFIA

- Andalucía*. Colección literaria y artística con destino a los terremotos de 1884-85. Madrid, 1885.
- AYUNTAMIENTO DE PERIANA: «Actas Capitulares».
- BOTELLA Y DE HORNOS, F.: *Los terremotos de Málaga y Granada*. Imprenta de Fortanet. Madrid, 1885.
- BONET, E.; DABRIO, C.; MIACHAUX, J.; PEÑAS Y RUIZ BUSTOS, A.: *Stratigraphie et paleontologie du miocene superieur d'Arenas del Rey, bassin de Grenade (Andalousie, Espagne)*.
- BUEN, O. DE: *Historia Natural*, tomo I. Barcelona, 1896.
- COMISARIO REGIO: *Memoria*. M. Minuesa de los Ríos, impresor. Madrid, 1888.
- COMISIÓN DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE PARÍS: «Estudios referentes al terremoto de Andalucía». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico*. Imprenta y fundición Tello. Madrid, 1890-93.
- COMISIÓN PARA EL ESTUDIO DE LOS TERREMOTOS DE ANDALUCÍA: *Informe dando cuenta del estado de los trabajos el 7 de marzo de 1885*. Imprenta y fundición de M. Tello. Madrid, 1885.
- FELIU BOADA, E.: *Los terremotos: relación de los ocurridos en las provincias de Granada y Málaga*.
- HERBERT.: «Sur les tremblements de terre du midi de L'Espagne». *C. R. Ac. Sc. París*, 1885.
- MACPHERSON: «Observaciones sobre los terremotos de Andalucía». *Actas Sociedad Española de Historia Natural*, t. XIV, págs. 4-6. Madrid, 1885.
- MARGERIE, E.: «La geologie de l'Andalousie et le temblement de terre du 25 de decembre 1884». *Revista Gen. Sciences*, 1889.
- MARTÍNEZ AGUIRRE, C.: *Los temblores de tierra*. Ed. Biblioteca Andaluza. Málaga, 1885.
- MORALES VILLANUEVA.: *Acción del terremoto de Andalucía en Periana*. Riojordo, 1976.
- NATURE: *Nouveaux temblements de terre de Andalousie*. Año XIV, págs. 143-144, 1886.
- NOGUÉS: «Phénomènes géologiques produits par les temblements de terre du 25 de decembre 1884 au 16 janvier 1885». *Com. Royal Academie Sciences*, pág. 233. París, 1886.
- ORUETA, D. DE: «Informe sobre los terremotos ocurridos en el Sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885». Tipografía y litografía de Fausto Muñoz. Málaga, 1885.
- SECO DE LÚCENA.: *Mis memorias de Granada: los terremotos de 1884 en los pueblos de esta provincia*, págs. 79 a 104.
- TARAMELLI, T., Y MERCALLI, G.: «I terremoti Andalusí cominciati il 25 dicembre 1884». *Memoria letta nelle sedute dei giorni 10 e 12 giugno 1885. Atti della R. Academia Lincei. Memoria della classe di Scienze tiche e Naturali*. Roma, 1886.
- UDÍAS, A., Y MUÑOZ, D.: «The Andalusian earthquake of 25 december 1884». *Tectonophysics* 53, 1979.
- VARIOS: «Respuesta a los cuestionarios macrosísmicos». 1885.
- VERA: *Mapa de distribución de afloramientos y facies del jurásico de las cordilleras béticas*, 1970.



# MODELO DE CUESTIONARIO MACROSISMICO UTILIZADO

COMISIÓN ESPECIAL PARA EL ESTUDIO

DE LOS

## TERREMOTOS OCURRIDOS EN EL MEDIODÍA DE ESPAÑA

EN LOS ÚLTIMOS DÍAS DEL AÑO DE 1884 Y PRIMEROS DE 1885.

*Provincia de Malaga*

*Pueblo de Malaga*

### INTERROGATORIO.

### CONTESTACIÓN.

1—¿En qué día ocurrió el primer movimiento perceptible.

1 *El día 25 de Diciembre de 1884.*

2—¿Hora.

2 *a las 8.<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> de la noche.*

3—¿Hubo varias sacudidas?

3 *Hubo 3 sacudidas en aceleración con expansiones.*

4—¿Horas en que ocurrieron.

4 *Véase el cuadro junto.*

5—Dirección de los movimientos.

5 *Nord-Est à Sud-Ouest (mas inclinada al Est)*

6—¿Se han repetido los terremotos?

6 } *Véase el cuadro junto.*

7—¿En qué días y horas?

7 }

8—Efectos que han causado en los edificios.

8 *Se quebraron mas o menos indistintamente todos los arcos de todas las ventanas y puertas en los muros principales, y se rajaron crasialados los tabiques*

9—Orientación de los muros principales de las casas arruinadas.

9

10—Idem de las que menos daños han experimentado.

10 *No lo he averiguado.*

11—Dirección é inclinación de las quebras producidas en los edificios.

11 *Los tabiques en direccion de N a S se rajaron generalmente en sentido diagonal de alto a bajo; los muros de E a O en sentido vertical se bien horizontal.*

12—Idem en el terreno, y su longitud y anchura.

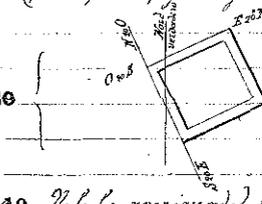
12 } *No se ha observado en Malaga.*

13—¿Hubo subidas del suelo, derrumbamientos, deslizamientos ó hundimientos en el terreno?

13 }

14—¿Qué fenómenos experimentaron las personas y los animales?

14 *No he podido notar ningún fenómeno fisiológico ni biológico.*



INTERROGATORIO.

- 15—¿Hubo ruidos subterráneos?
- 16—¿Qué sucedió en las fuentes?
- 17—¿Cambiaron de nivel las aguas de los pozos?
- 18—¿Se enturbiaron los manantiales?
- 19—¿Se agularon ó aparecieron otros nuevos?
- 20—¿Cambió la temperatura en alguno de ellos?
- 21—¿Se notaron cambios en el curso de los ríos ó arroyos?
- 22—¿Se han desprendido gases en algún sitio del término?
- 23—¿Se apreció algún olor en las aguas ó en la atmósfera?
- 24—¿Son frecuentes los terremotos en la localidad?
- 25—¿Se recuerda alguno notable?
- 26—¿Se presentaron cambios en algunos fenómenos atmosféricos?
- 27—¿Hubo subida ó bajada en el barómetro?
- 28—¿Aumentaron ó disminuyeron las nubes?
- 29—¿Se presentó alguna tempestad atmosférica?
- 30—¿Se observó la brújula? ¿Presentó algunas oscilaciones?
- 31—¿Hay algún aparato especial para el estudio sísmico en la localidad?
- 32—¿Cuál es y qué observaciones se han hecho con él?
- 33—En caso en que la localidad se halle en la costa, ¿hubo variación notable en la marea ó el oleaje?

CONTESTACIÓN.

- 15 *Si, y atonados, acompañado de detonaciones muy fuertes, y distintas de las ruidas producidas por el bombeo.*
- 16 *Leo de los objetos movibles.*
- 17
- 18
- 19 *No he podido observarlas.*
- 20
- 21
- 22
- 23 *En Málaga, no.*
- 24 *Lo ignora siendo extranjera de la localidad.*
- 25
- 26 *Hasta las 8 de la noche del 25 Dec. tiempo claro seco despejado, fue nublándose sucesivamente hasta llover cerca de las 11 de la noche; temperatura muy baja en los días anteriores, aumentó notablemente la noche del 25 D.*
- 27 *A bajado en la noche del 25 al 26 Dec.*
- 28 *Aumentaron.*
- 29 *En los días sucesivos.*
- 30 *Ha sido observada en los primeros días.*
- 31 *Se montado los aparatos primitivos para comprobar la evidencia de las sacudidas.*
- 32 *Véase en los planas que siguen.*
- 33 *Mareas ordinarias correspondientes al pleu-nio.*

Nota. Cuando las contestaciones sean extensas, se escribirán en la hoja de observaciones, precedidas del número de la pregunta correspondiente.

## OBSERVACIONES.

Ad 32. He montado 3 aparatos (permítaseme la inmodestia de llamarlos así, por ser contruidos provisionalmente y con los medios que estaban a mi alcance en el primer momento, sin los auxilios necesarios mecánicos, aprovechando al fin un aparato telégrafico) de los cuales dos son péndulos verticales y el tercero un doble sistema de básculas horizontales.

Los dos péndulos son de alambre de hierro de  $\frac{1}{2}$  mm de diámetro por 3 metros de largo (alto) colgados a unos pescantes de madera de 15 mm de diám. por 250 de largo fijos por una estremidad al muro principal de la habitación.

Cada péndulo lleva un peso de aproximamente 5 kilos suspendido a su estremidad inferior, al fin de mantenerlo por cuanto posible fijo en posición vertical.

Estos péndulos puestos en la mas débil oscilacion cierran un conductor eléctrico fijado próximamente a  $\frac{1}{4}$  parte de la altura del alambre de abajo arriba, y hace funcionar una soneria eléctrica, la cual al mismo tiempo está junta a un reloj de cuadrante giratorio, dejando fijada automáticamente la hora en que ha habido la oscilacion.

Uno de estos péndulos tiene la interrupcion de contacto tan minima, sensible y construida de tal manera oscilante, que no debería dejar inservada las mas pequeñas vibraciones del muro en que estan fijados.

El segundo, a demás de un contacto analogo, lleva un pantógrafo establecido sobre una meseta fija en el muro lateralmente al péndulo. Uno de los brazos del pantógrafo está unido al alambre del péndulo, la otra lleva una punta de lápiz que traza, sobre un cuadrante de papel orientado segun la línea meridiana, todos los movimientos que le vienen impulsados por el mas leve movimiento sea de la meseta sea del péndulo mismo.

Este segundo péndulo no tiene por objetivo indicar los amplitudes de las oscilaciones, sino mas bien su direccion con respecto al meridiano.

El tercer aparato está destinado a señalar las vibraciones verticales o susultorias que los dos primeros dejaban inobservadas.

Está compuesto de dos básculas cada una de brazos desiguales (al fin de obtener oscilaciones non simétricas) puestas horizontalmente en sentido contrario, con los brazos mas largos resguardándose, están en balance muy suave sobre dos apoyos afilados fijos en el muro principal, y equilibrados horizontalmente por medio de dos contrapesos colgados a los dos brazos mas

cortos de las basculas.

Las extremidades <sup>que se</sup> ~~pesquardantes~~ llevan dos resortes horizontales muy finos que pueden tocarse desde que se rompe el equilibrio de horizontalidad por efecto de oscilaciones, y tocandose cierran tambien el conducto-e. lectivo dejando señalada la oscilacion.

La sensibilidad de movimiento pues basta  $\frac{1}{2}$   $\mu$ m de oscilacion en la extremidad por constituir el contacto y está obtenida por medio de dos largos resortes de espirales elipsoidales de alambre de acero muy fino que llevan colgados los contrapesos.

Las vibraciones del muro por efectos seismicos no pueden ser transmitidas a los contrapesos sino por intermedio de los espirales las cuales alargandose o restringiendose bajo el impulso recibido ponen en oscilacion las dos basculas y cierran el conducto que hace funcionar la campanilla marcando la oscilacion.

Malaga 23 de febrero 1885

M. D. S.

Calle Pescaderia N.º 26 y 27

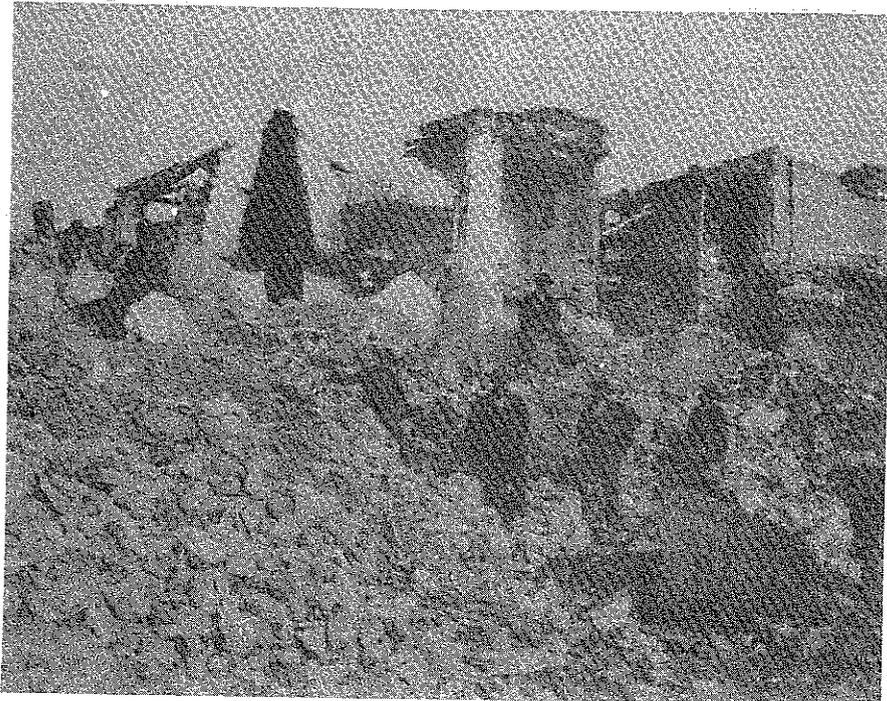


Foto 1.—Plaza de Arenas del Rey



Foto 2.—Sierra Tejada vista desde la iglesia de Cómpea

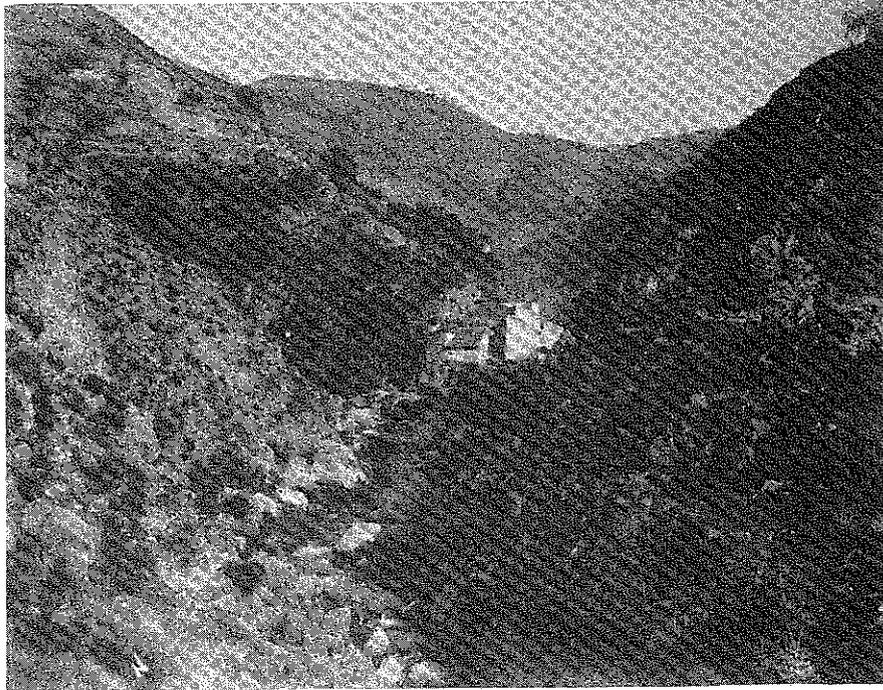


Foto 3.—Río de Canillas de Albaida visto desde el puente

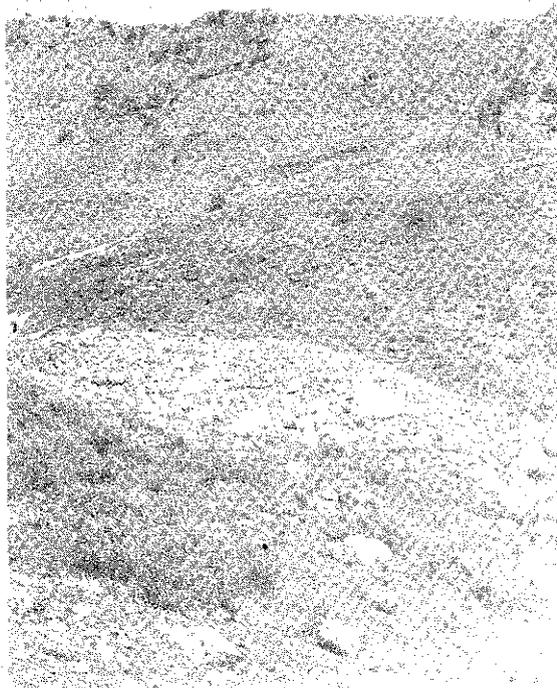


Foto 4.—Puerto del Sol (Periana)

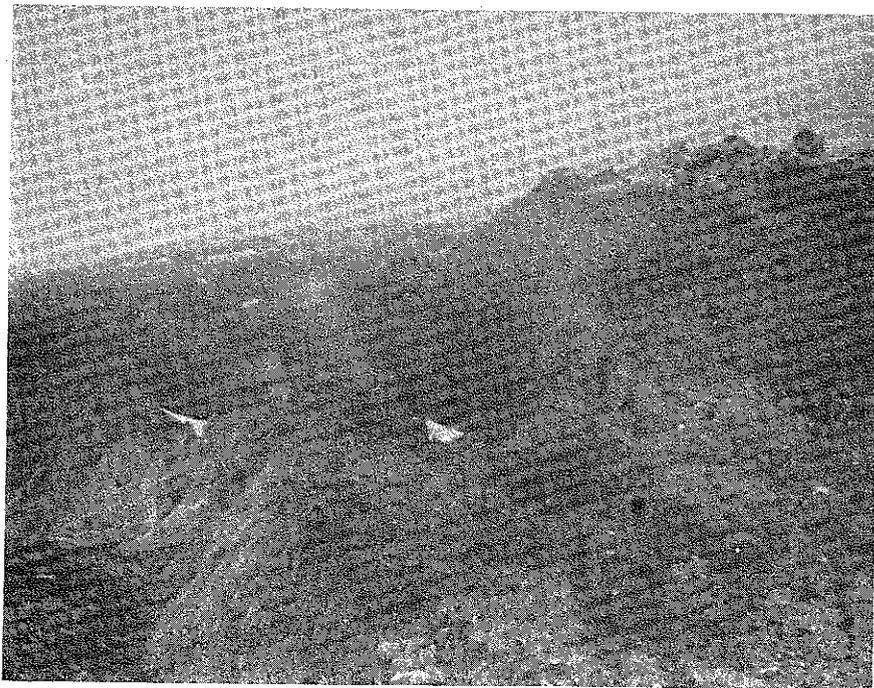


Foto 5.—Desprendimientos



Foto 6.—Alhama: vista del Tajo

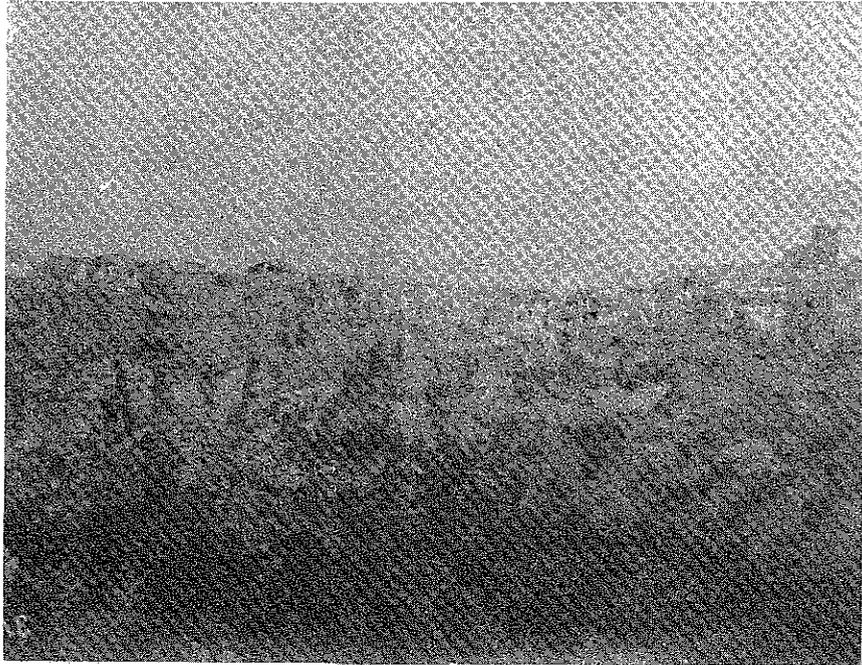


Foto 7.—El Tajo de Alhama

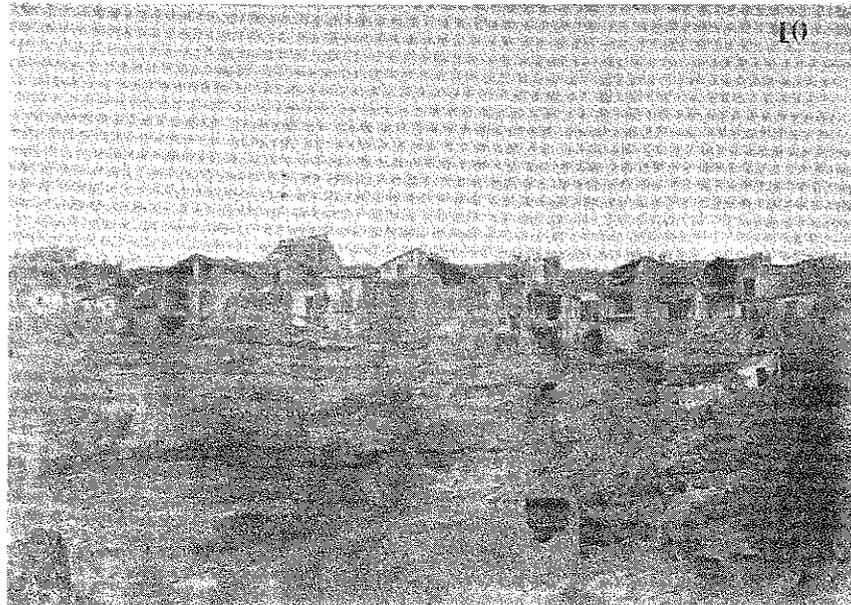


Foto 8.—Alhama de Granada: ruinas del Tajo desde los huertecillos

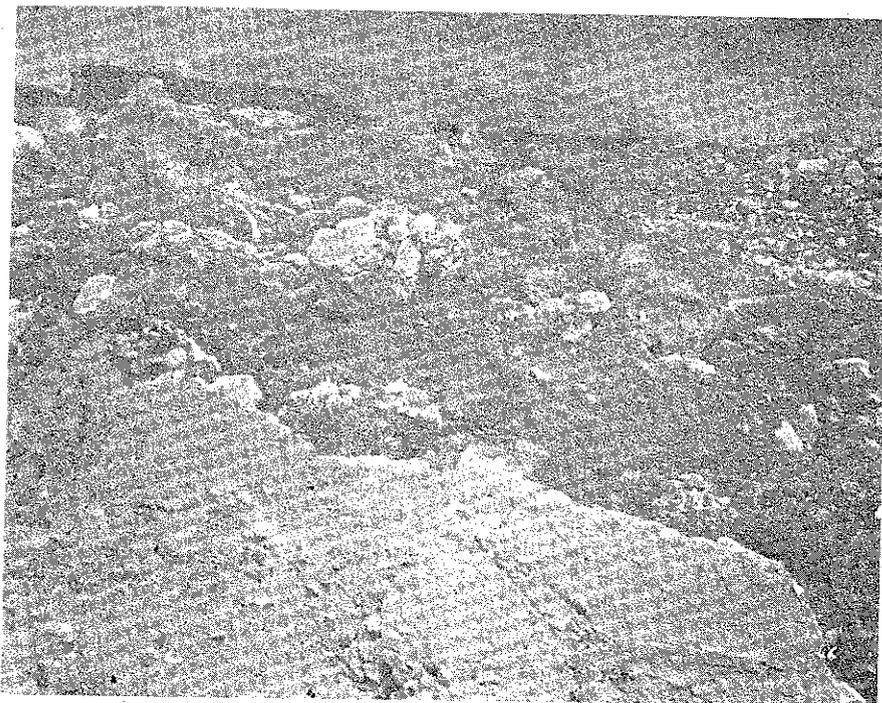


Foto 9.—Deslizamientos



Foto 10.—Deslizamientos

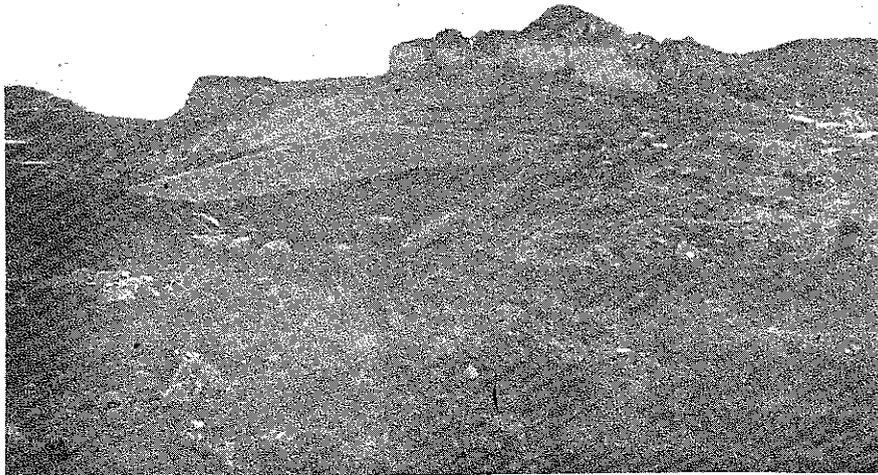


Foto 11.—Deslizamientos

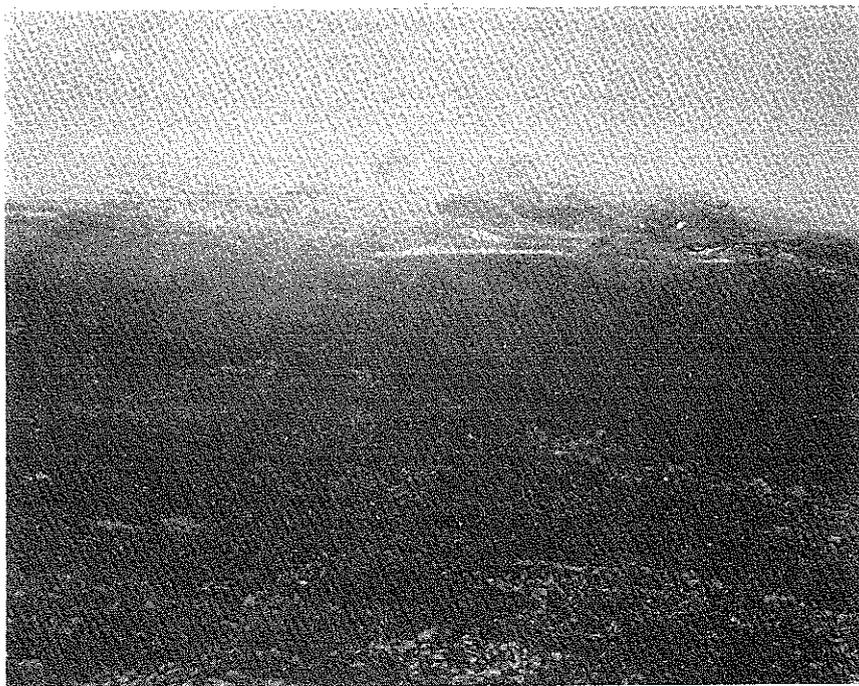


Foto 12.—Era arrastrada por un deslizamiento

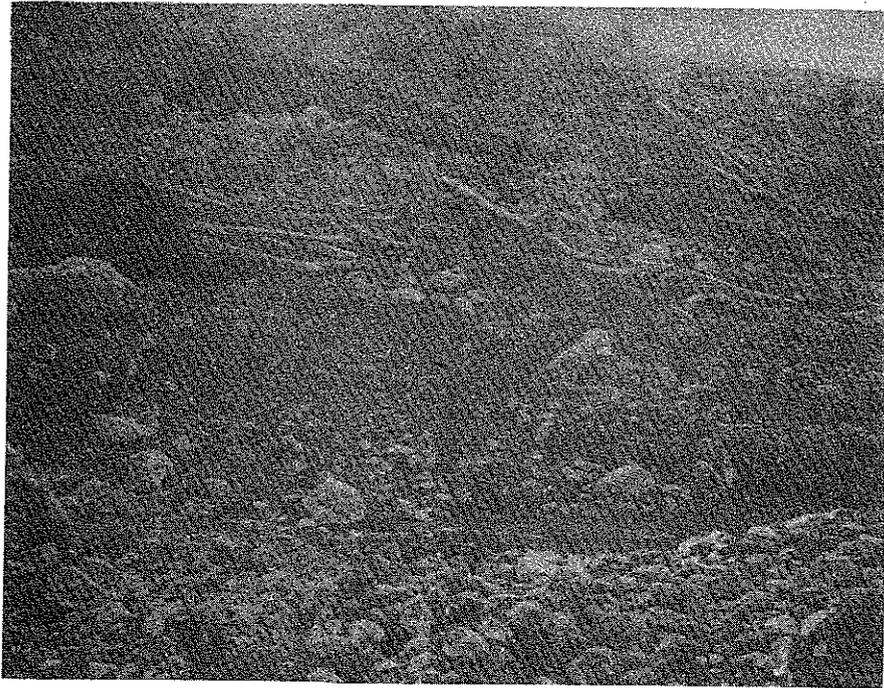


Foto 13.—Arboles arrastrados por un deslizamiento

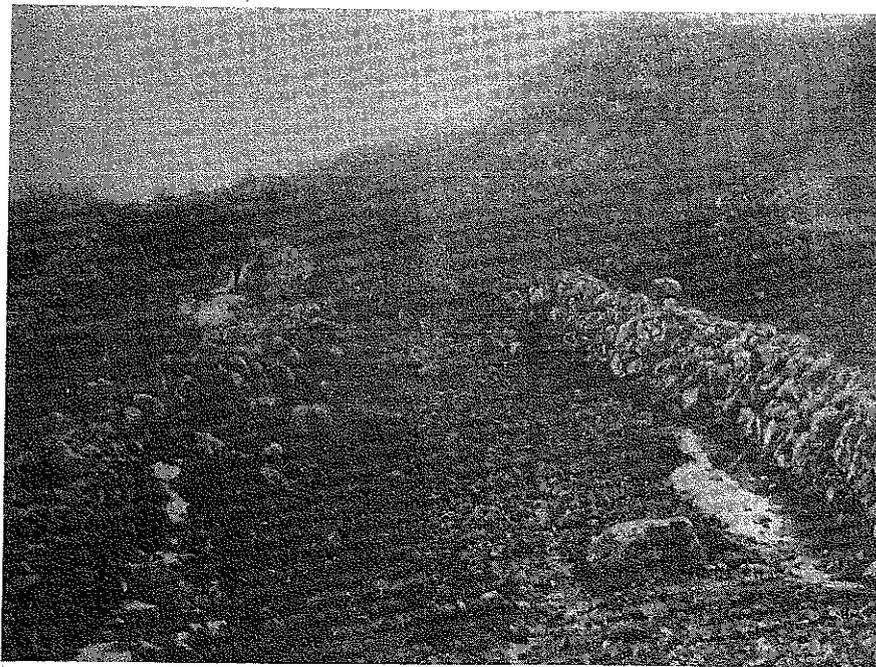


Foto 14.—Camino cortado ¿deslizamiento o falla?



Foto 15.—Guaro: topografía



Foto 16.—Hundimiento de Guaro desde el sur



Foto 17.—Hundimiento de Guaro desde el norte

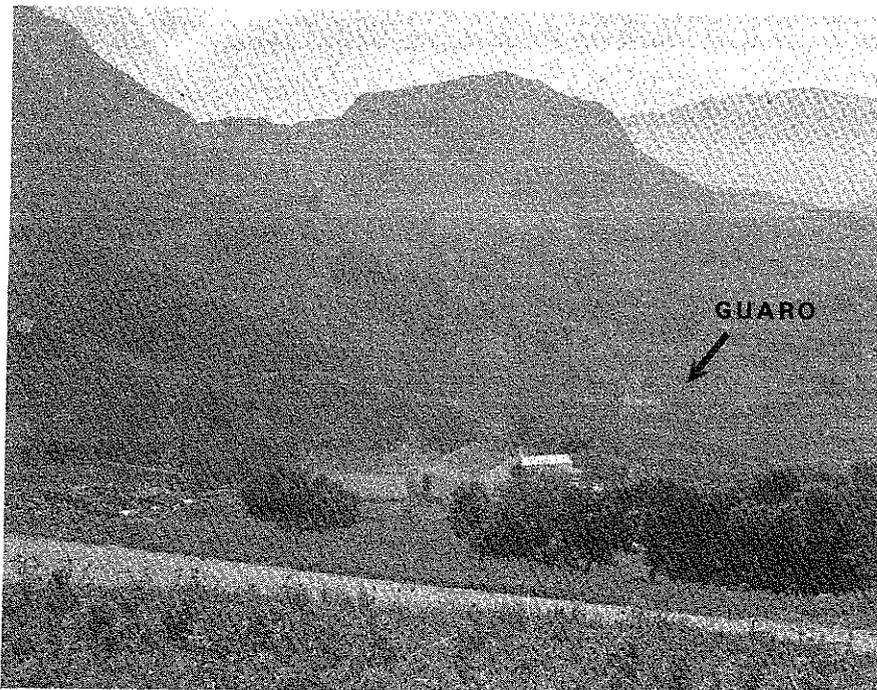


Foto 18.—Vista actual del Puerto del Sol y de la aldea de Guaro



Foto 19.—Corrimientos de tierras y grietas próximas a Guaro

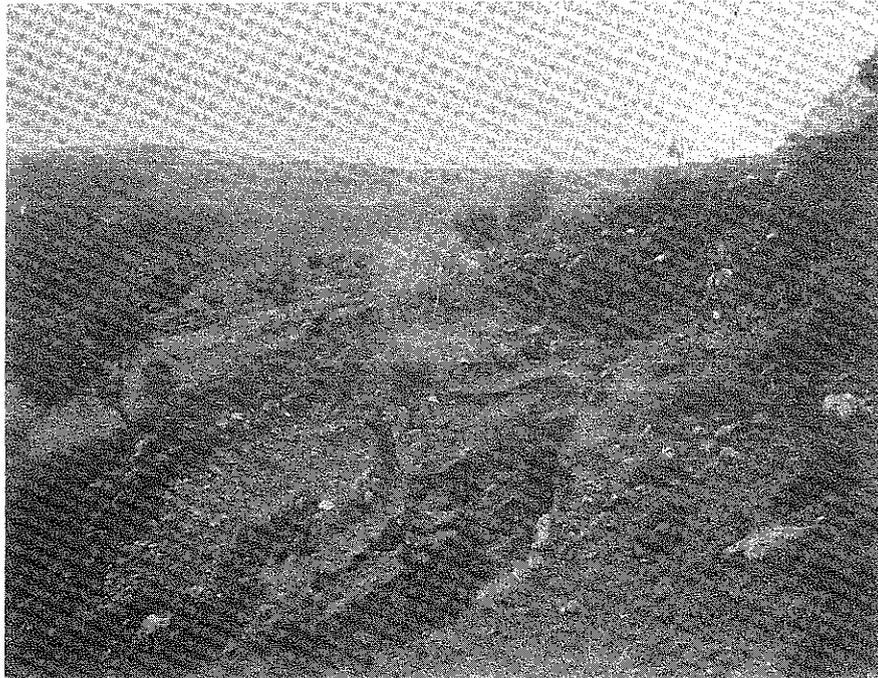


Foto 20.—Grieta del Batán



Foto 21.—Grietas en el terreno

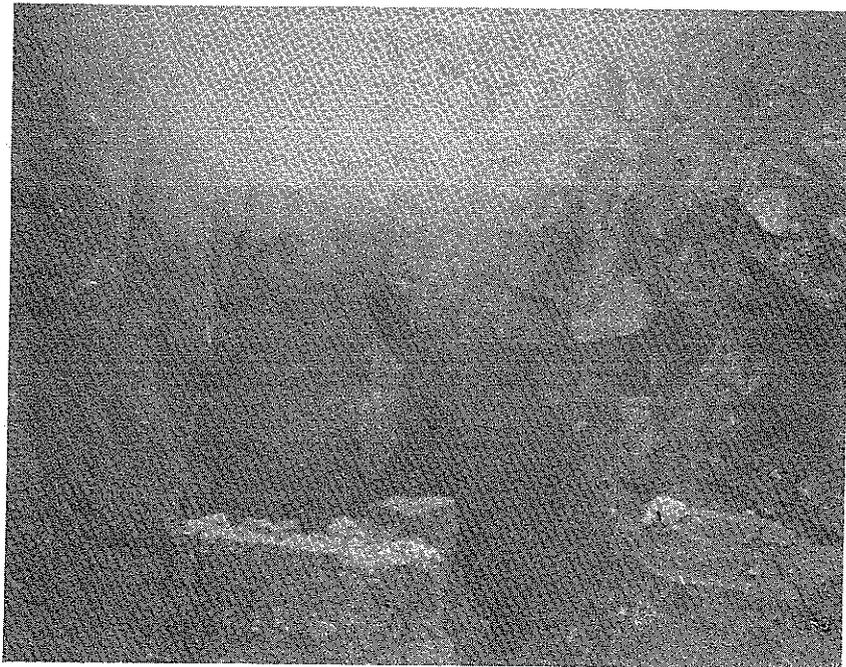


Foto 22.—Grietas en el terreno

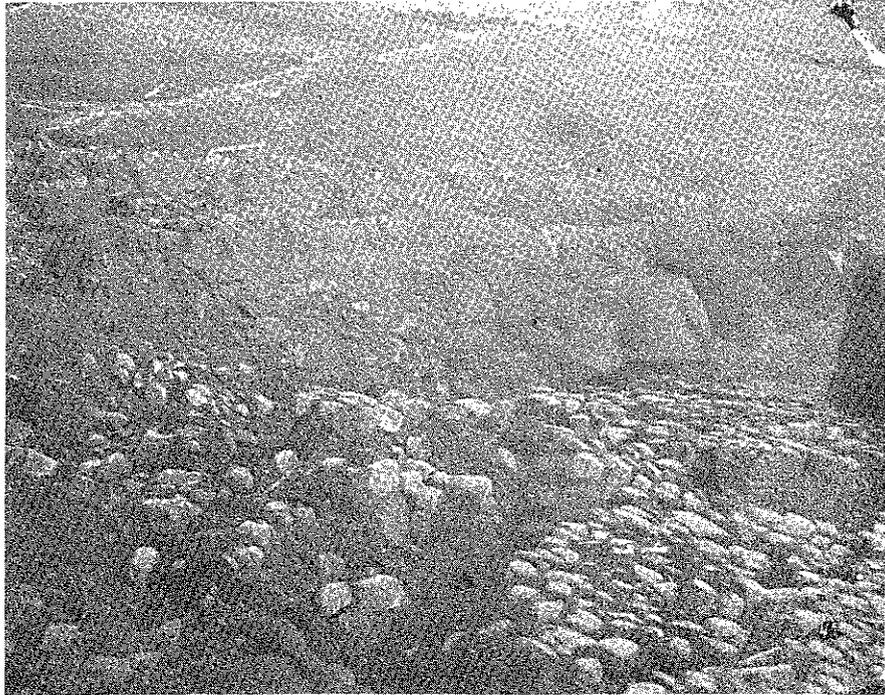


Foto 23.—Era agrietada



Foto 24.—Grietas en el terreno

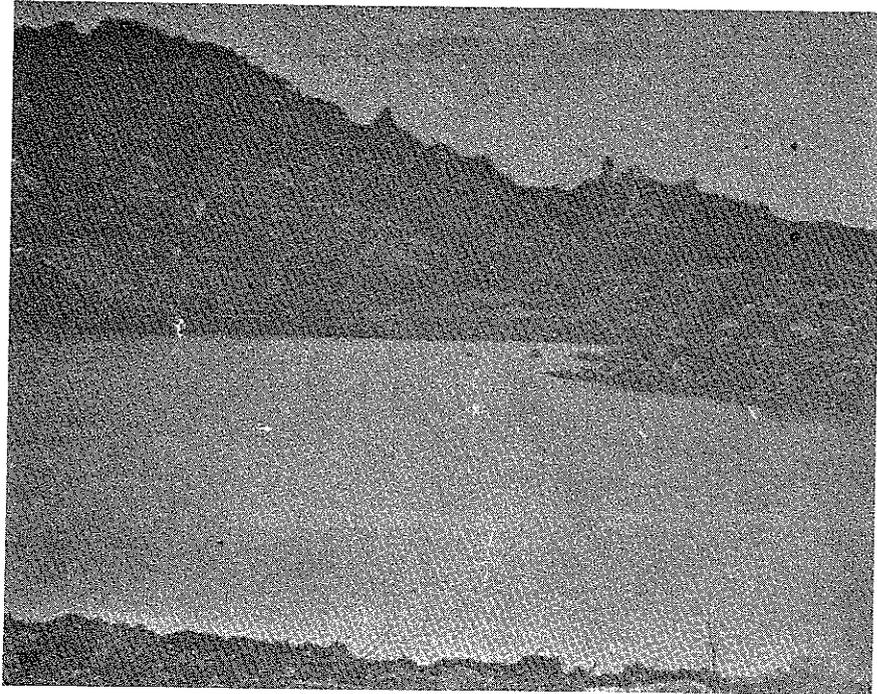


Foto 25.—Deslizamiento y formación de una laguna

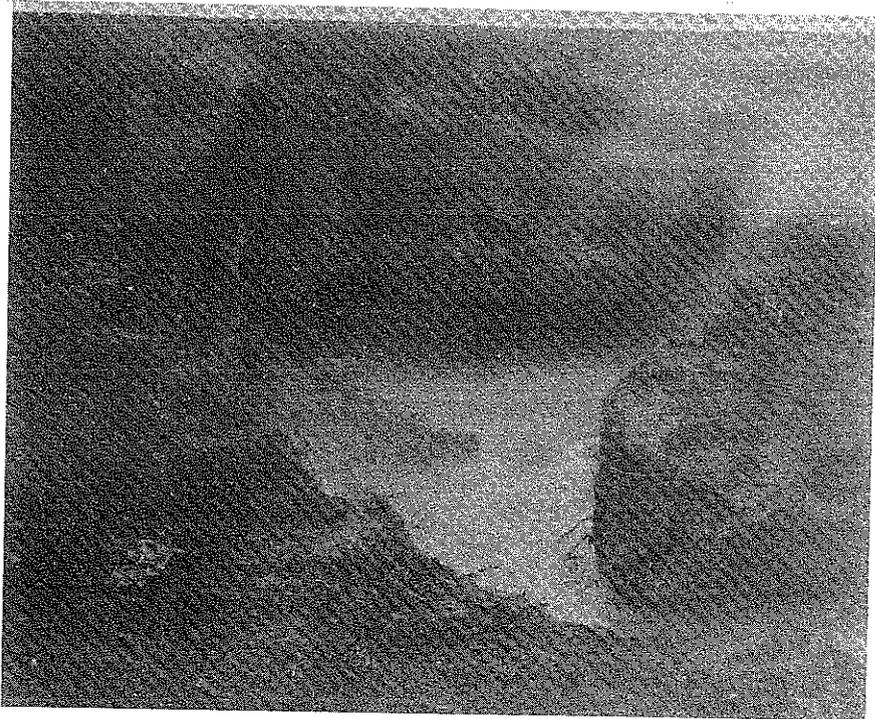


Foto 26.—Manantial nuevo de Alhama



Foto 27.—Jayena: Casa Grande

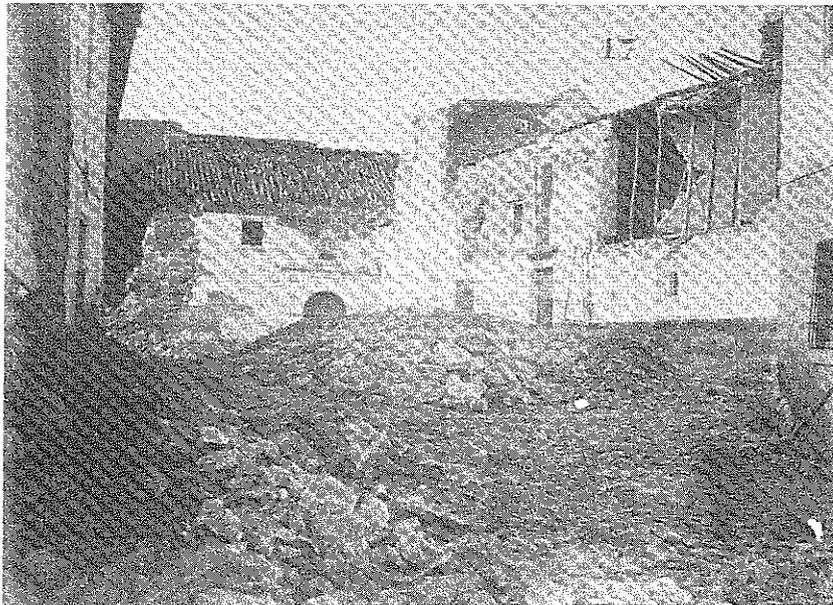


Foto 28.—Jayena: iglesia y casa del Marqués de Campotejar

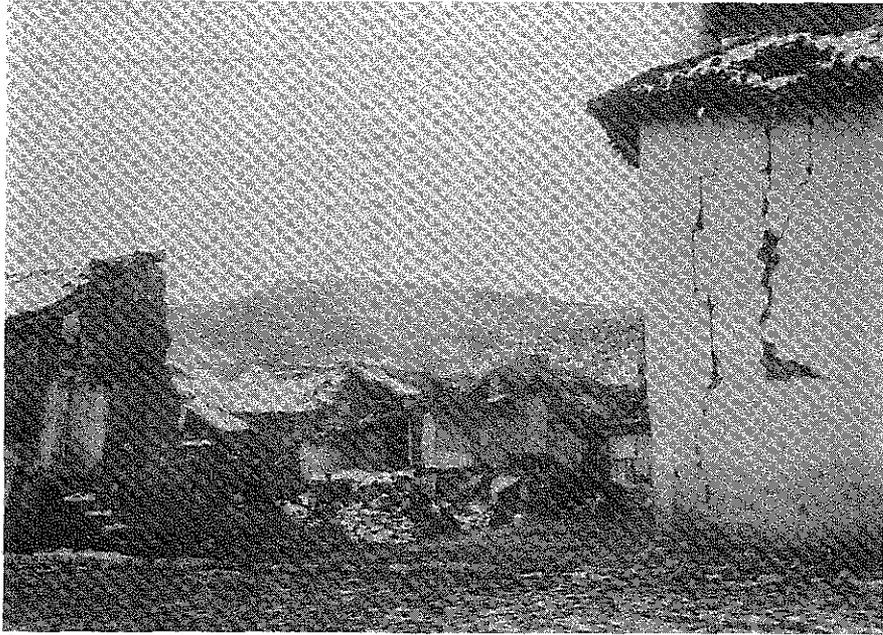


Foto 29.—Jayena : calle de la Concepción



Foto 30.—Arenas del Rey : vista desde la era donde se estableció el campamento



Foto 31.—Jatar: vista desde el camino de Arenas del Rey

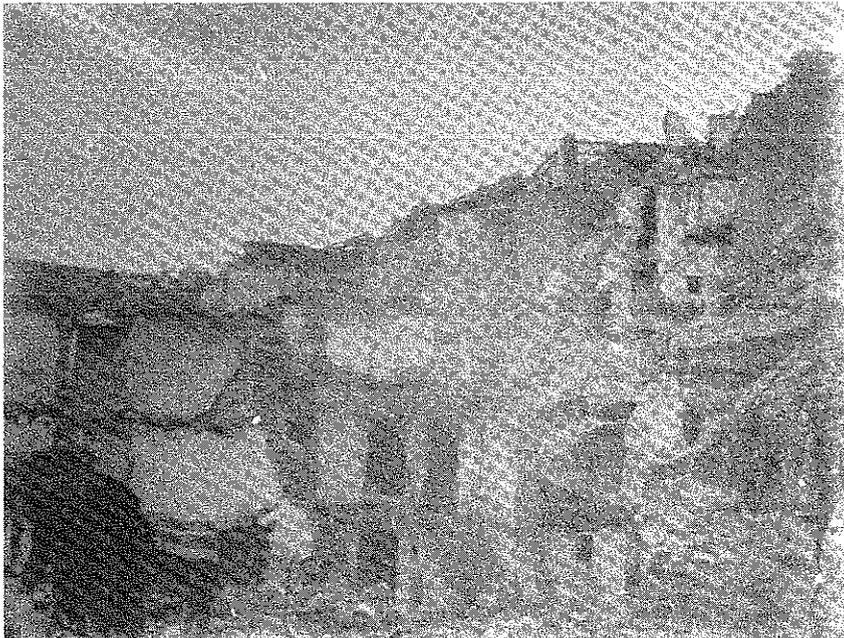


Foto 32.—Alhama: callejón y ruinas del Tajo



Foto 33.—Alhama: calle de la Cruz vista desde la del Fuerte

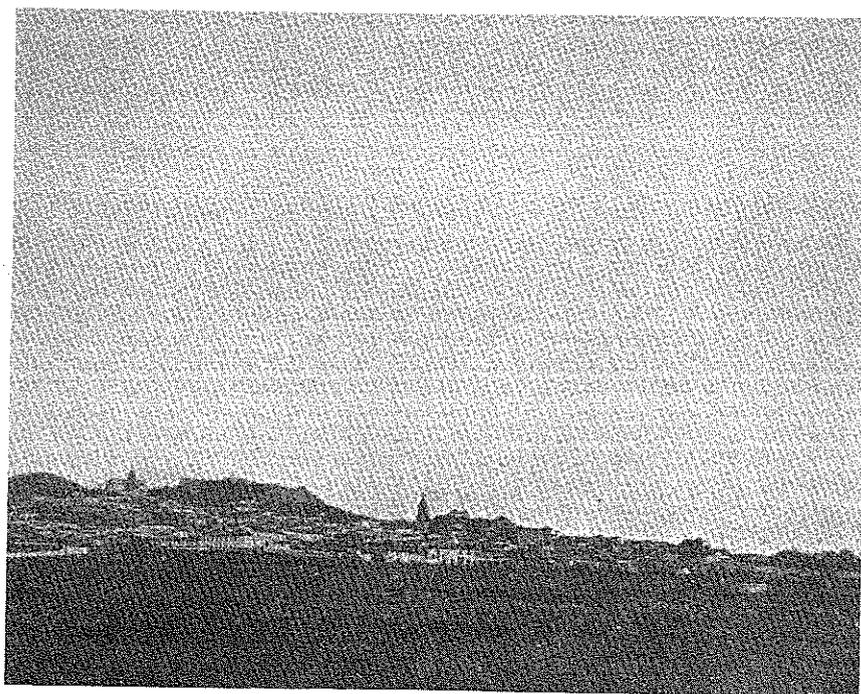


Foto 34.—Vista panorámica de Vélez Málaga



Foto 35.—Vélez Málaga: calle del Paseo Viejo



Foto 36.—Alhama: ruinas

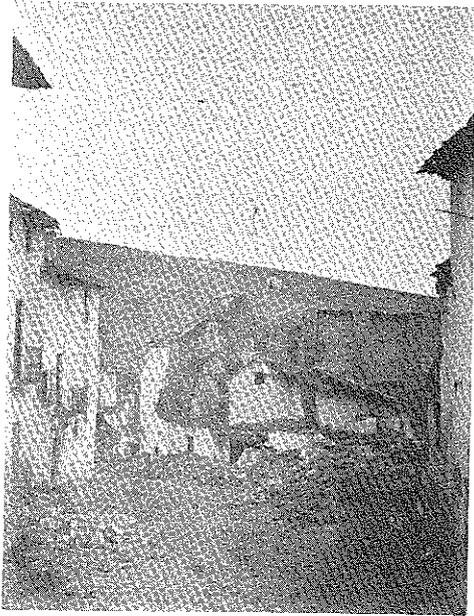


Foto 37.—Alhama: ruinas de la calle del Fuerte



Foto 38.—Alhama: ruinas de la calle del Agua y de la de San Diego

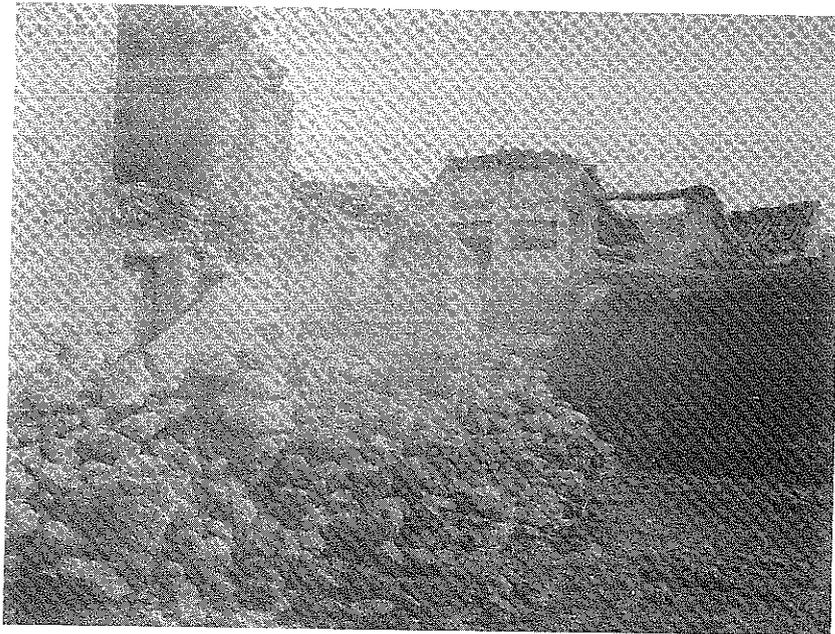


Foto 39.—Alhama: vista del callejón de Jesús tomada desde las eras

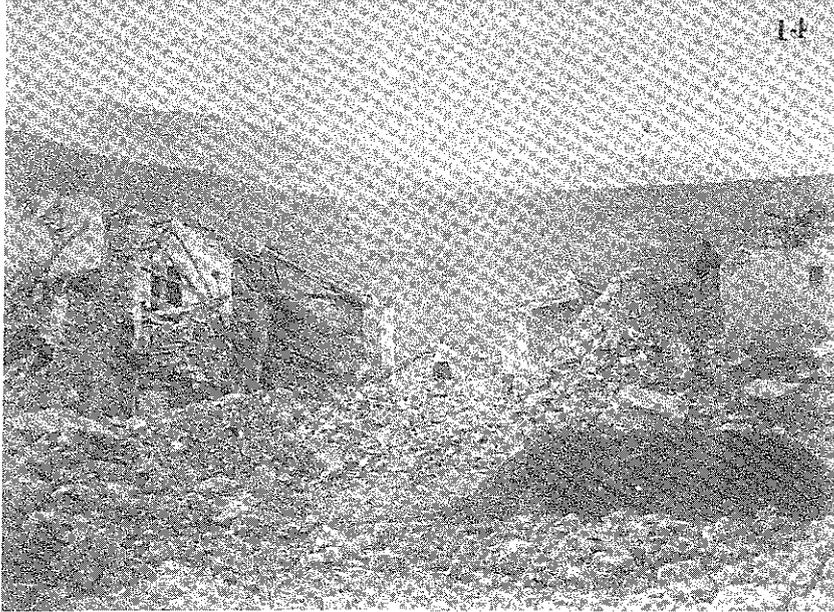


Foto 40.—Arenas del Rey: ruinas de la plaza

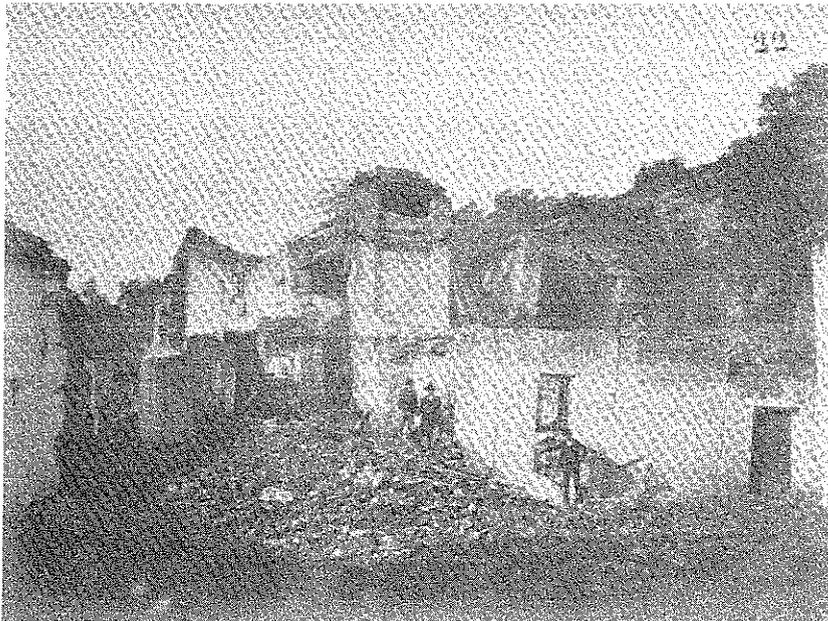


Foto 41.—Albuñuelas: ruinas de la plaza



Foto 42.—Alhama: calle de Enciso vista desde el convento de Santa Clara

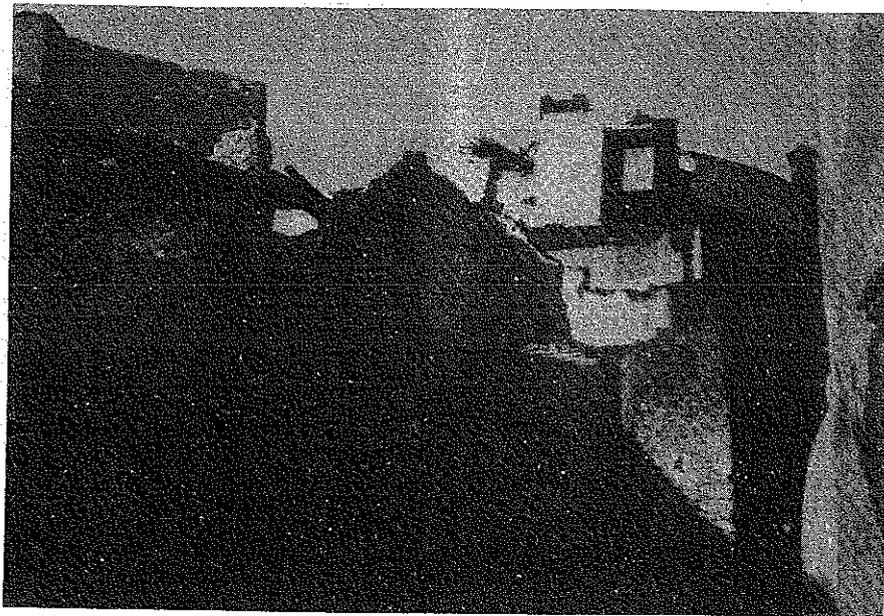


Foto 43.—Alcaucín



Foto 44.—Canillas del Aceituno

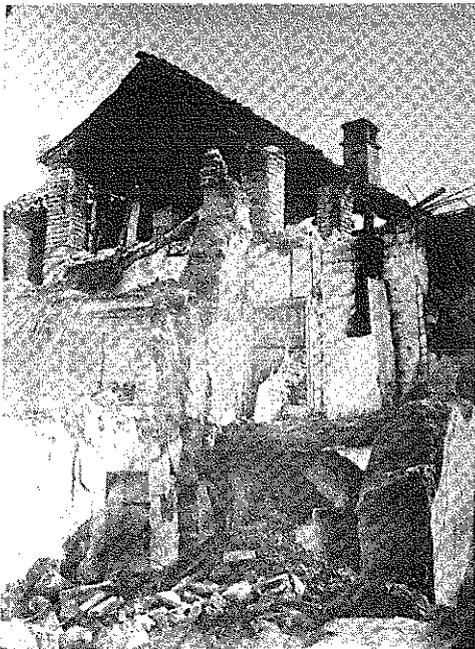


Foto 45.—Albuñuelas: casa arruinada donde murieron 22 personas

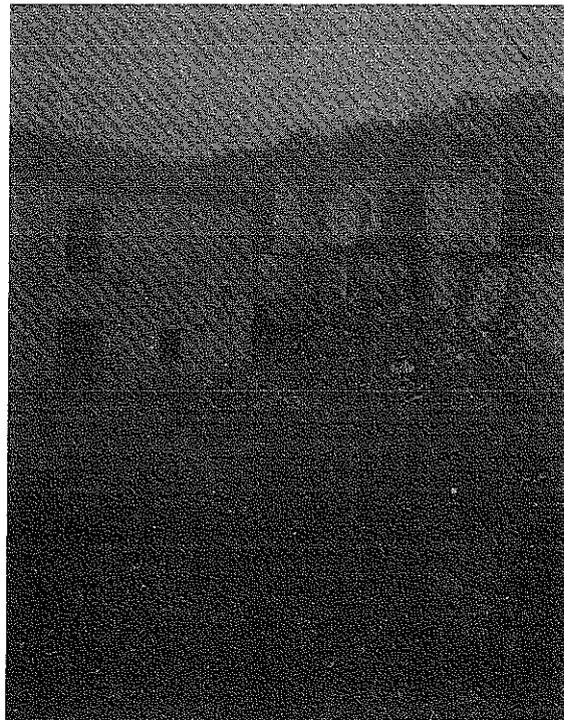


Foto 46.—Albuñuelas



Foto 47.—Albuñuelas: ruinas de la calle del Palacio

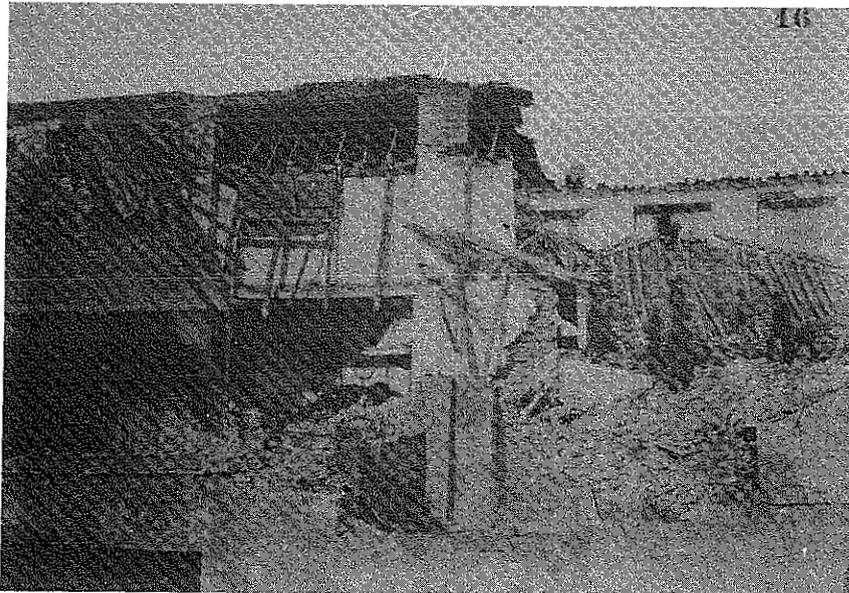


Foto 48.—Jayena: posada de la Estrella y Ayuntamiento por la espalda



Foto 49.—Santa Cruz del Comercio : iglesia y corralones desde el barranco



Foto 50.—Zafarraya.—Iglesia

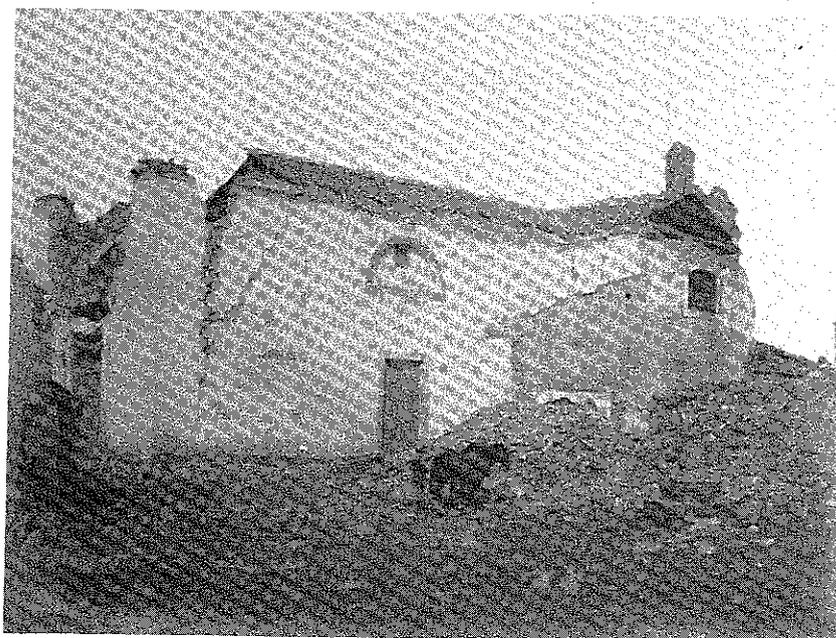


Foto 51.—Arenas del Rey: iglesia



Foto 52.—Periana: iglesia y cuartel de la Guardia Civil



Foto 53.—Alhama: vista general



Foto 54.—Alhama: vista del convento del Carmen desde el paseo



Foto 55.—Alhama: aspecto actual de la vista recogida en la foto 54



Foto 56.—Alcaucín: plaza de la iglesia y ayuntamiento

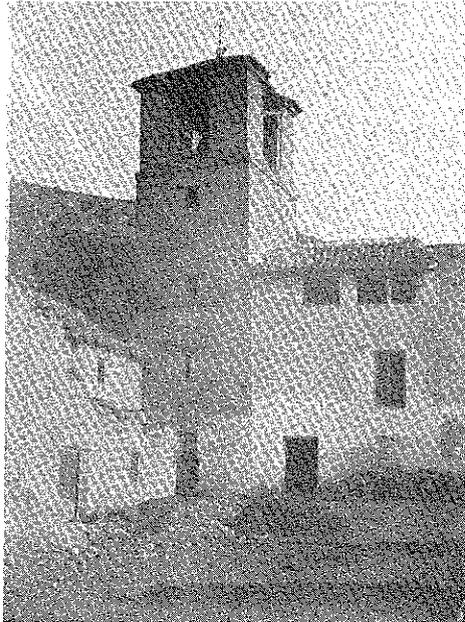


Foto 57.—Albuñuelas: torre de la iglesia antigua desde la placeta

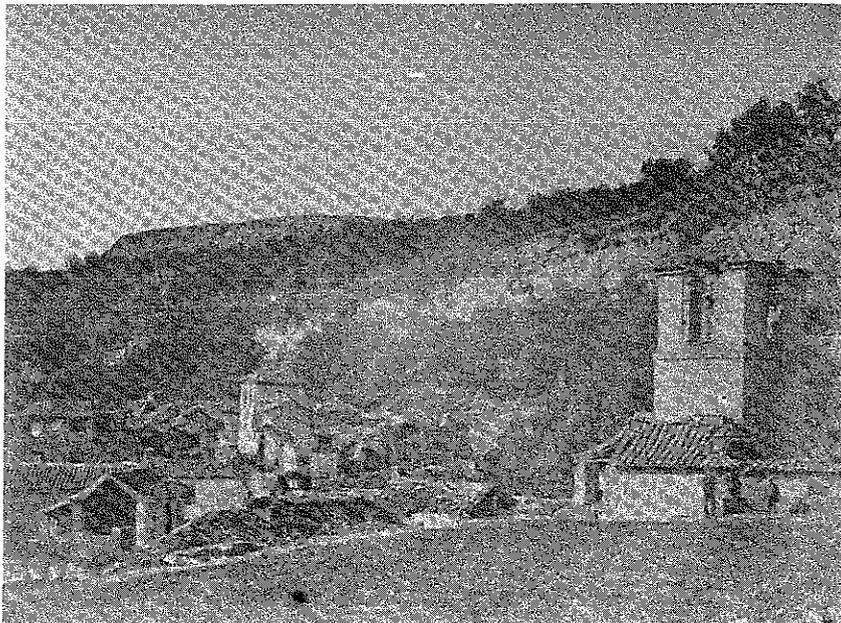


Foto 58.—Albuñuelas: barrio de la Iglesia desde el convento

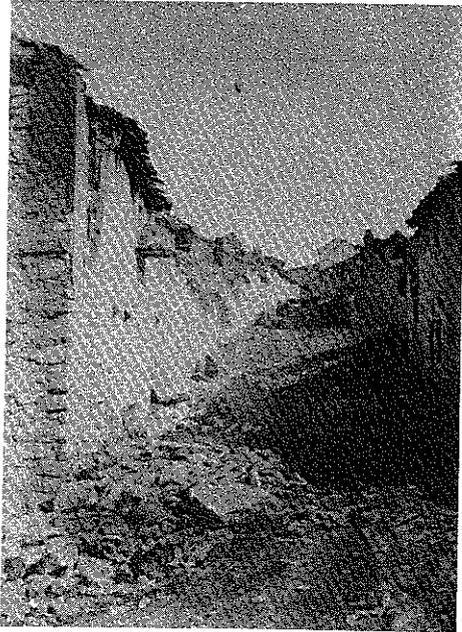


Foto 59.—Santa Cruz: calle Real desde las eras

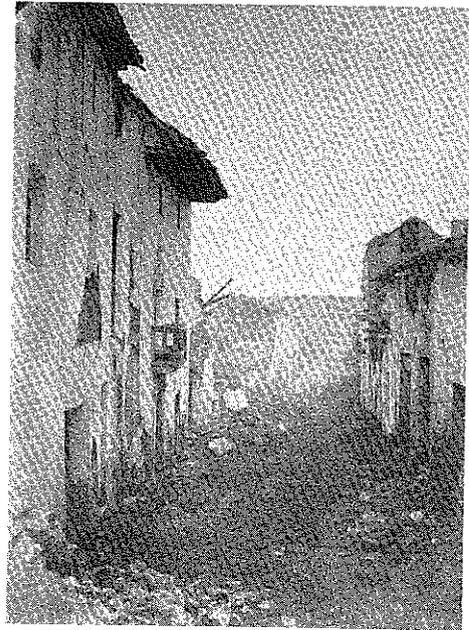


Foto 60.—Alhama: calle de Enciso desde la parte alta

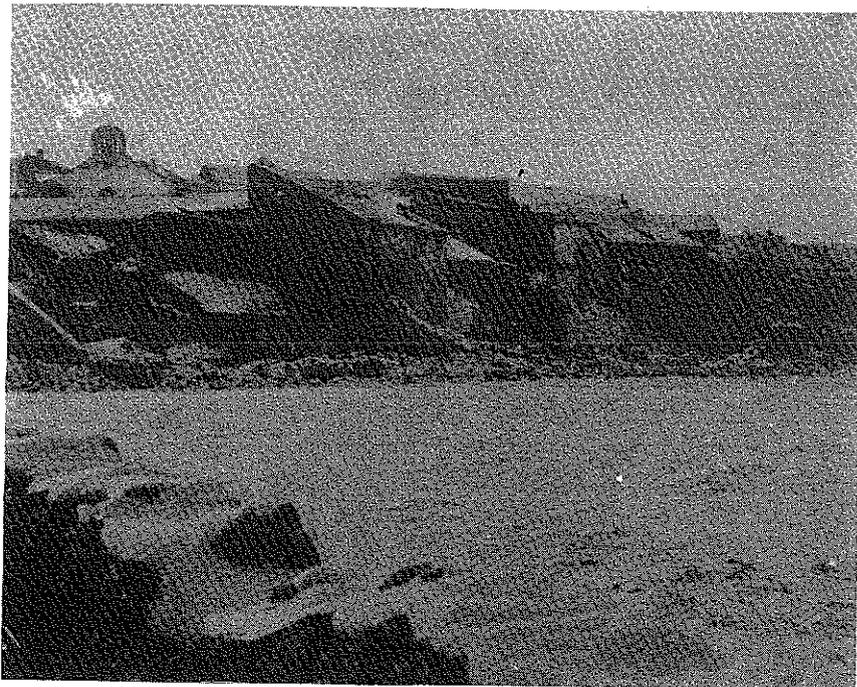


Foto 61.—Zafarraya: vista desde el camino de Jatar

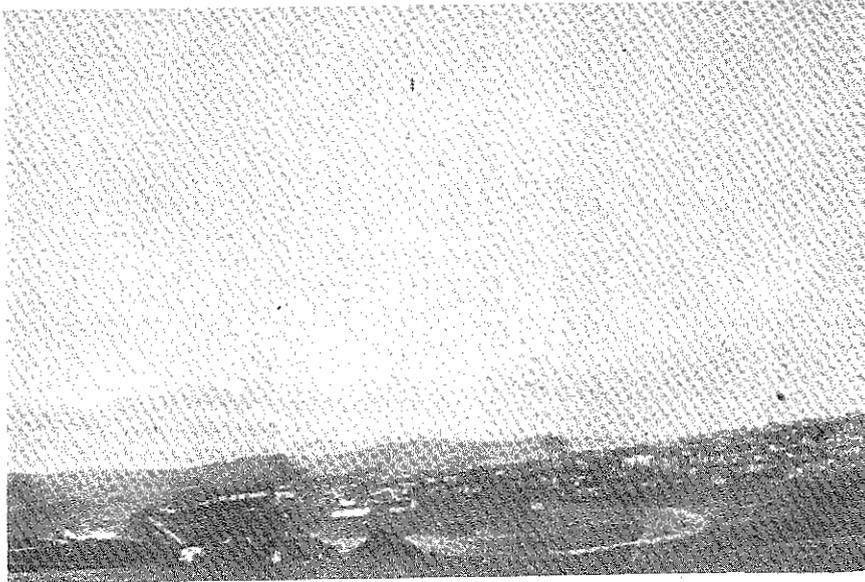


Foto 62.—Vista general de Alhama

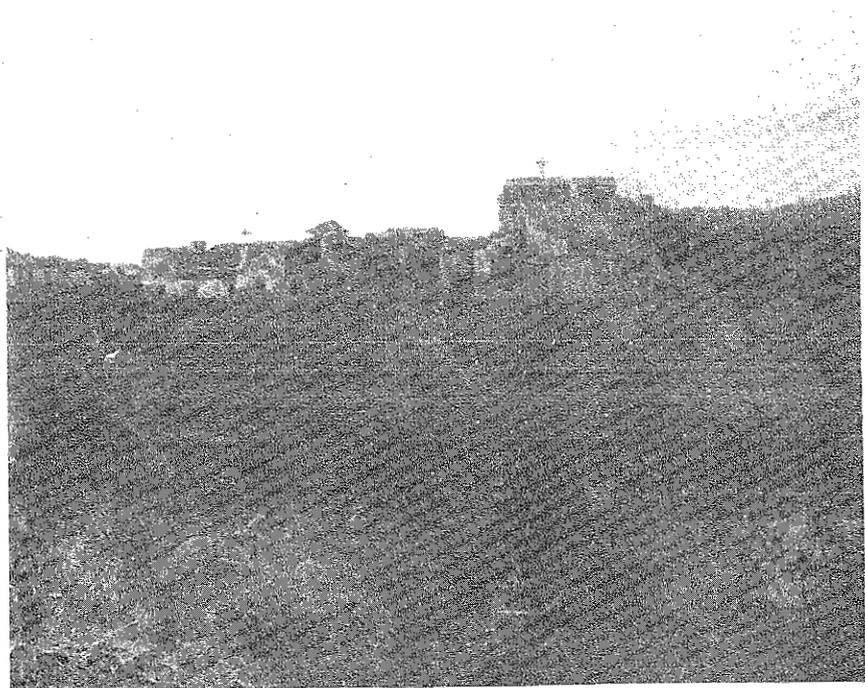


Foto 63.—Alhama: daños en la parte alta

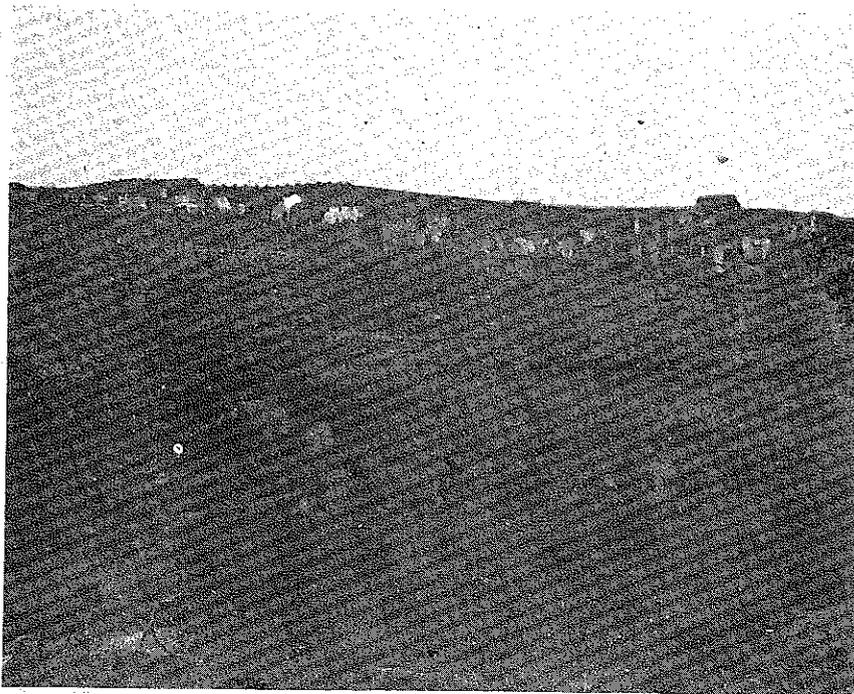


Foto 64.—Alhama: vista general de la parte alta

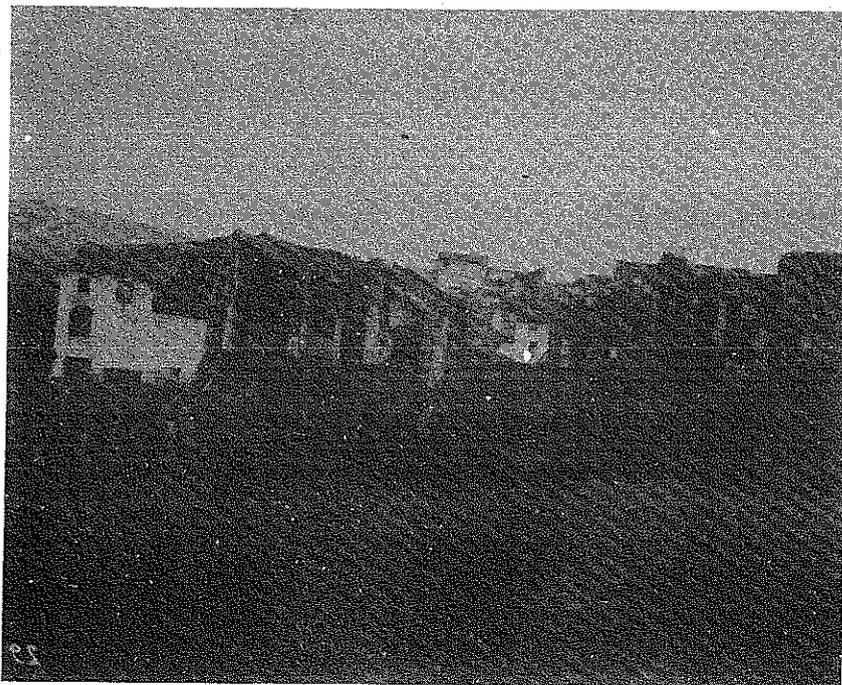


Foto 65.—Alhama: vista desde el oeste



Foto 66.—Alhama: Salto del Caballo desde el Tajo



Foto 67.—Alhama: destrucción junto al Tajo



Foto 68.—Alhama: ruinas de la calle San Diego desde el pilar del mismo nombre

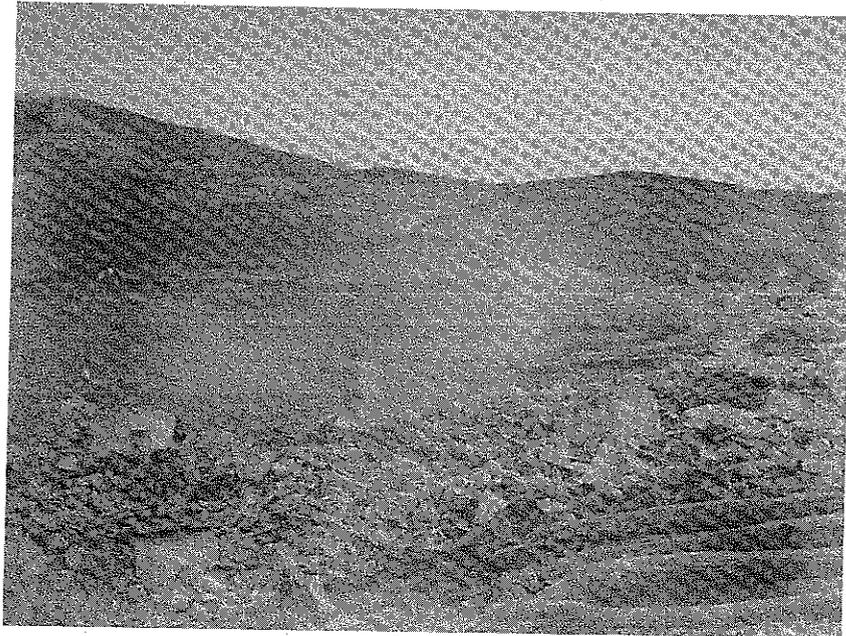


Foto 69.—Arenas del Rey: ruinas del Barrio Alto



Foto 70.—Jatar: vista de la plaza



Foto 71.—Jayena: calle de la Acequia

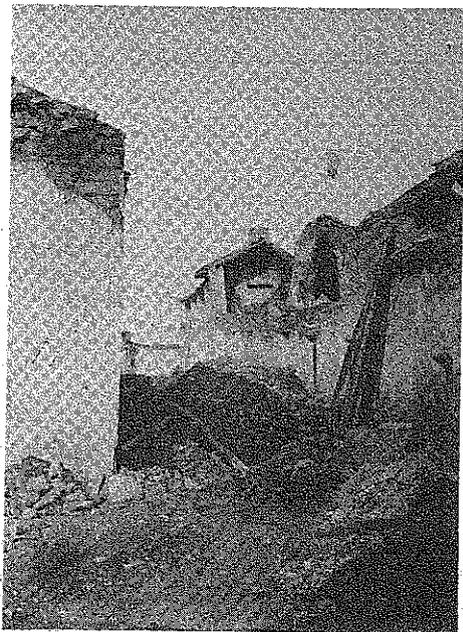


Foto 72.—Jayena: calle de la Gallina

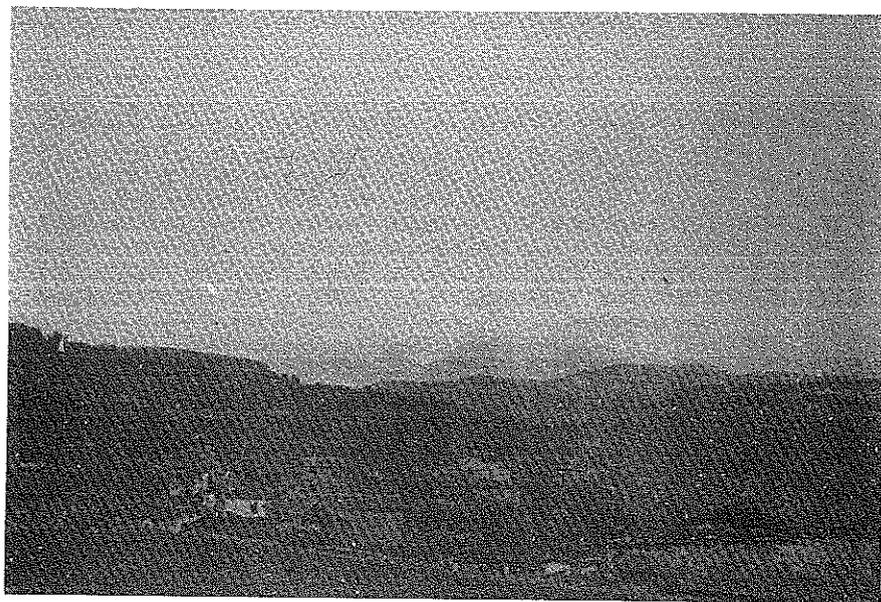


Foto 73.—Albuñuelas: vista general

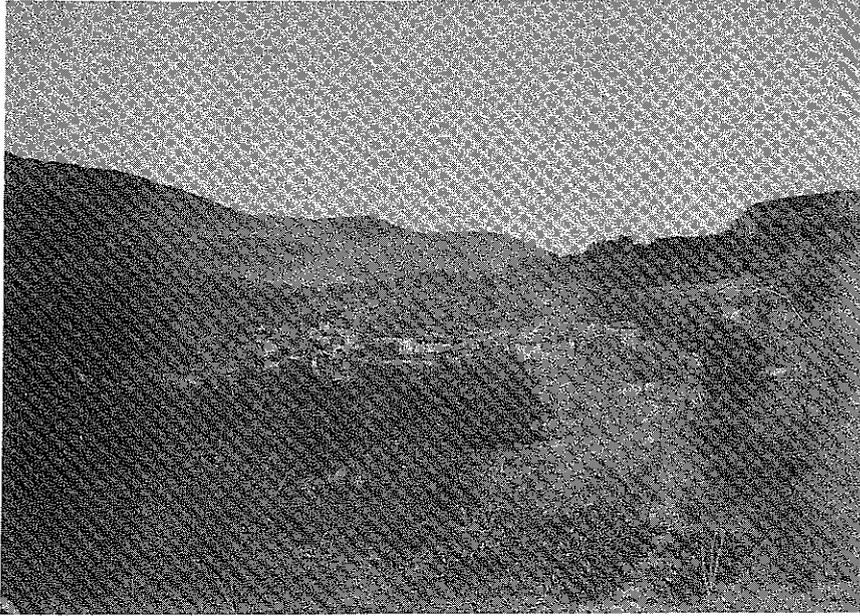


Foto 74.—Albuñuelas: vista del Barrio Alto desde la viña de las monjas

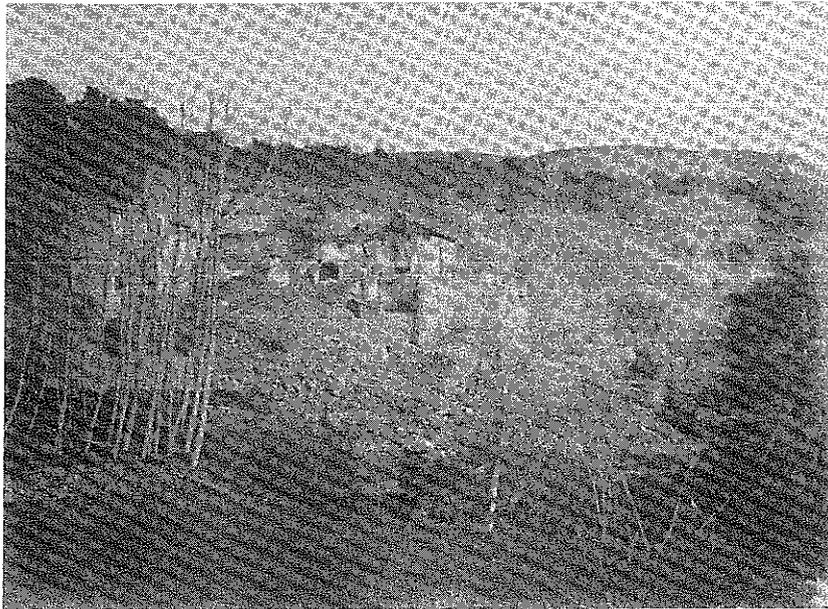


Foto 75.—Albuñuelas: ruinas de la casa donde falleció el cura párroco

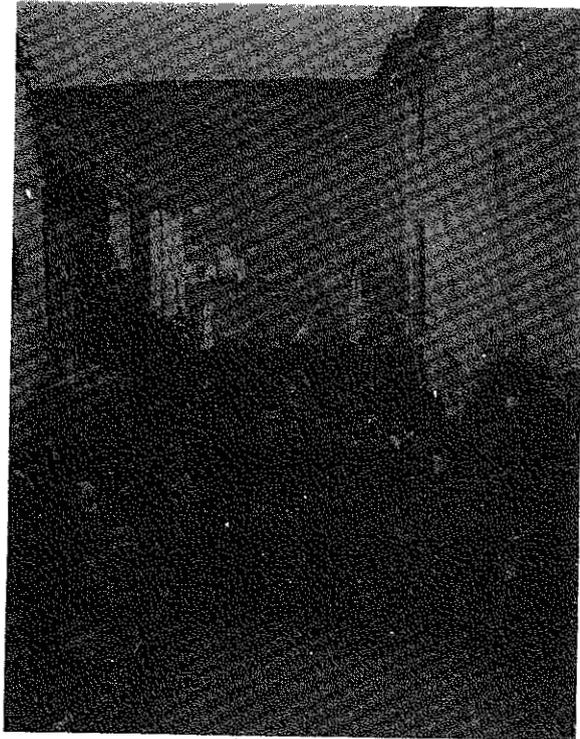


Foto 76.—Visita de las autoridades

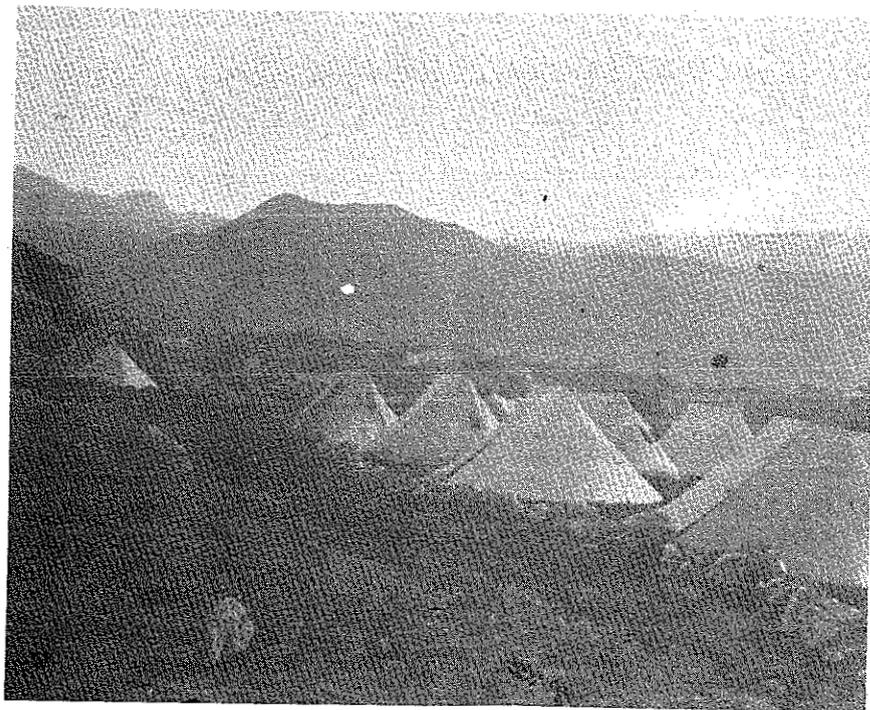


Foto 77.—Periana: tiendas de campaña

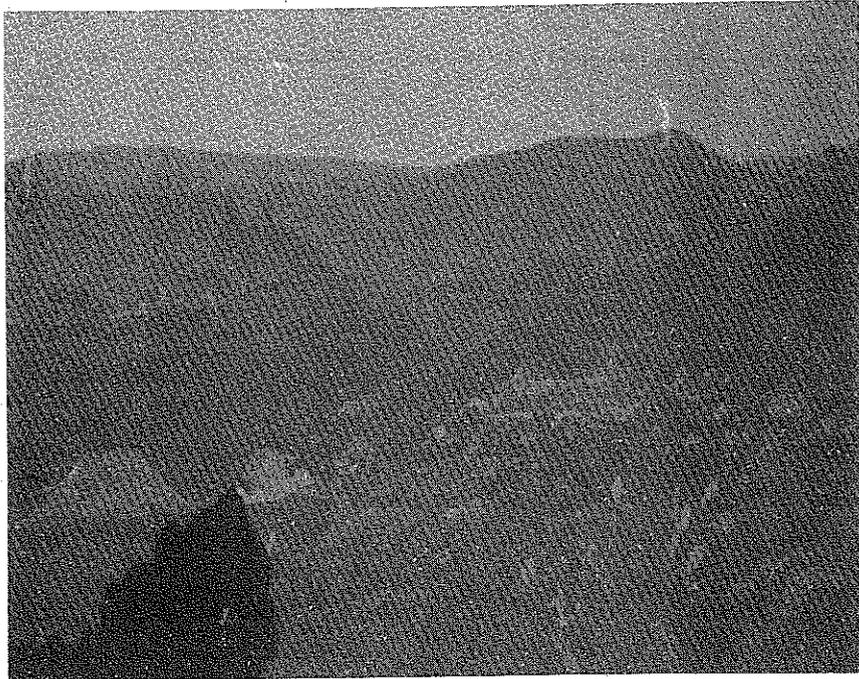


Foto 78.—Periana: tiendas de campaña



Foto 79.—Albúñuelas: caseta de madera  
y familia que la ocupó

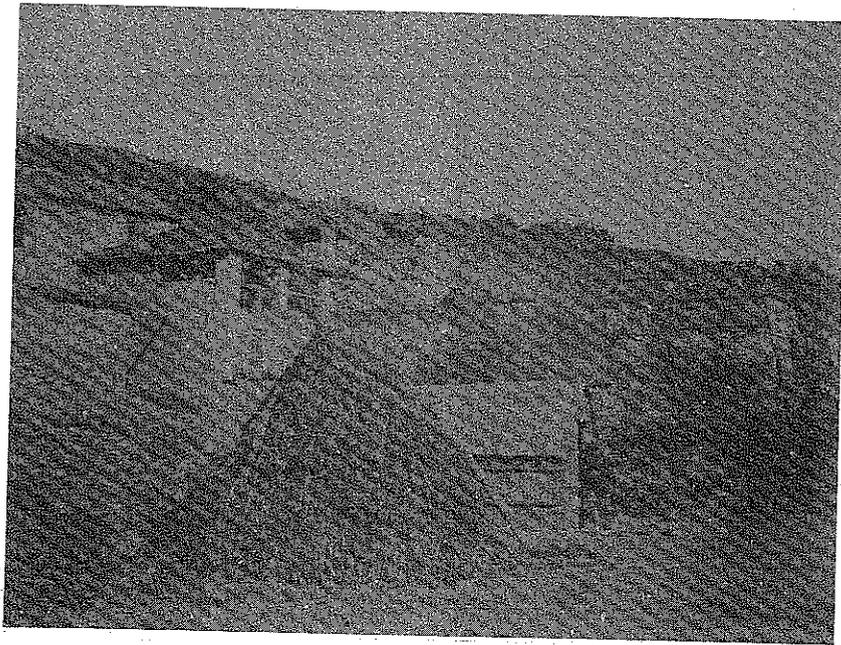


Foto 80.—Albuñuelas: ruinas y caseta de madera.



Foto 81.—Véz Málaga: barracas



Foto 82.—Chozas como refugio

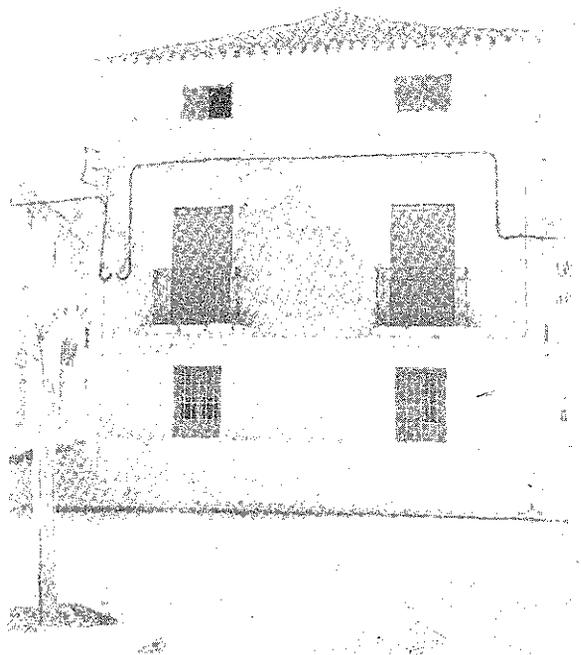


Foto 83.—Santa Cruz del Comercio: detalle de la construcción

## II

# ESTUDIO DE LOS PARAMETROS Y SERIE DE REPLICAS DEL TERREMOTO DE ANDALUCIA DEL 25 DE DICIEMBRE DE 1884 Y DE LA SISMICIDAD DE LA REGION GRANADA-MALAGA

DOLORES MUÑOZ  
AGUSTÍN UDÍAS  
*Cátedra de Geofísica  
Universidad Complutense de Madrid*

### INTRODUCCION

Una de las zonas de España donde el riesgo sísmico es más alto, es la región comprendida entre las ciudades de Granada y Málaga. A esta zona corresponde el último terremoto destructor acaecido en territorio español, así como gran parte de los que en este siglo, sin llegar a ser destructores, han causado daños materiales y algunas víctimas. Este trabajo consta, en consecuencia, de dos partes: la primera dedicada al estudio de la sismicidad histórica y reciente de la zona, que abarca la parte central de la cordillera Bética, y la segunda dedicada al estudio de las características del terremoto del 25 de diciembre de 1884.

En la primera parte damos una breve reseña de los terremotos más importantes ocurridos en la zona desde 1400, en la que se ha intentado esclarecer algunas ambigüedades existentes en torno a algunos de ellos. Aunque no pretendemos que éste sea un estudio definitivo sobre cada uno de los terremotos, sí nos hemos esforzado en poner en claro las características más importantes y mejor fundamentadas en las fuentes consultadas. En la segunda parte del trabajo sí se ha pretendido un estudio exhaustivo del terremoto del 25 de diciembre de 1884, consul-

Contribución número 166 de la Cátedra de Geofísica, Universidad Complutense de Madrid.

tando toda la información posible, aunque se ha dejado el análisis de los daños al trabajo de López Arroyo, Martín y Mezcuca.

El estudio de las características y consecuencias de este terremoto puede ayudar a prevenir los daños de futuras catástrofes en esta región. Este punto de vista ya se ponía de relieve en la Real Orden de 7 de enero de 1885, nombrando la comisión para su estudio, en la que se dice: «...siendo de imprescindible necesidad el proceder desde luego al estudio de estos fenómenos, por desgracia tan frecuentes en España, no ya con un objeto puramente especulativo y científico, sino para deducir de la marcha de los temblores de tierra y de las circunstancias que los preceden y acompañan las precauciones y medidas que puedan adoptarse para evitar o por lo menos atenuar sus terribles consecuencias...».

### 1. SISMICIDAD DE LA REGION GRANADA-MALAGA

#### 1.1. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DE LA ZONA

La zona que hemos designado con el nombre de Granada-Málaga está formada por el rectángulo limitado por los paralelos 36°5' N y

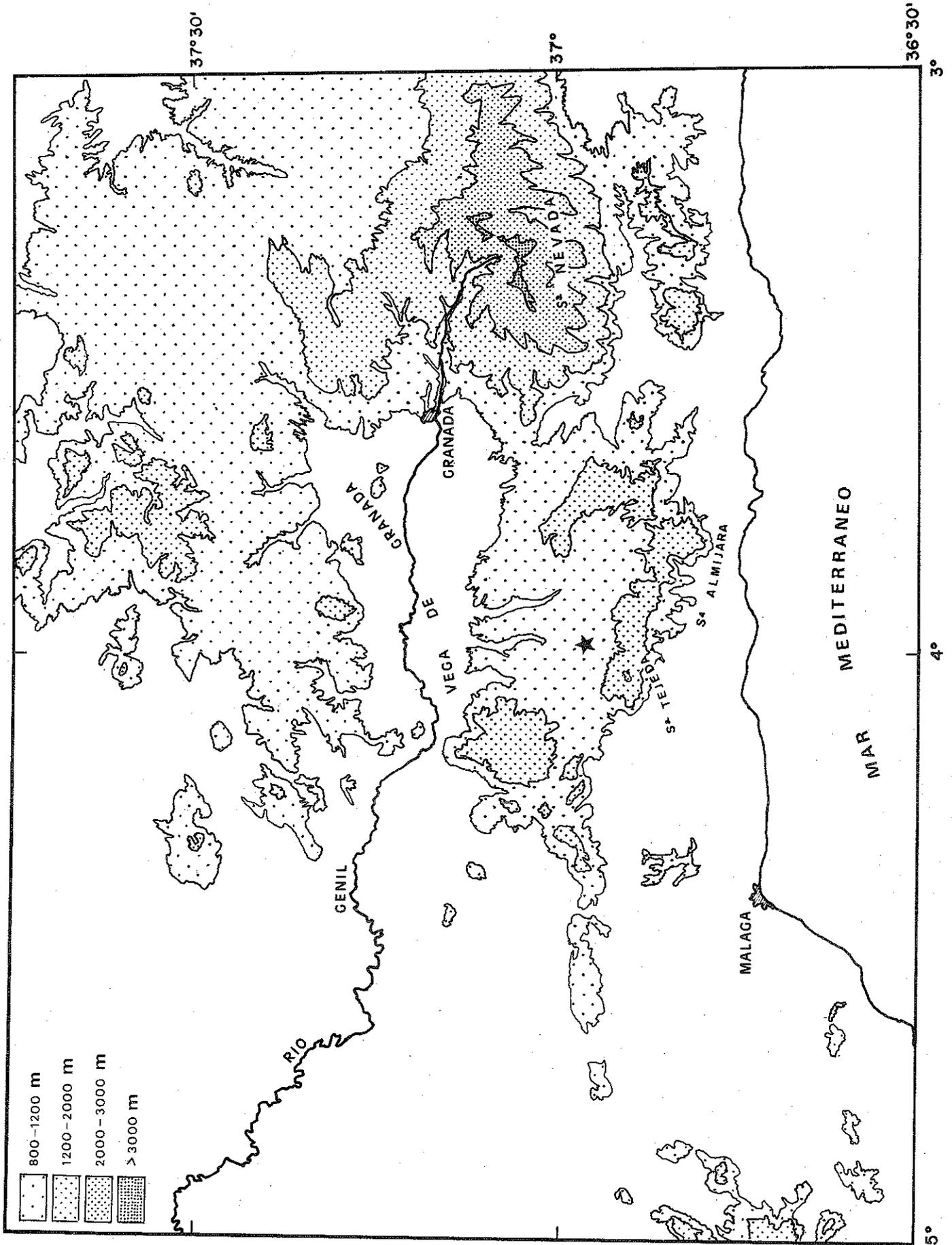


Figura 1.—Mapa topográfico de la zona Granada-Málaga. La estrella señala el epicentro del terremoto de 1884

37°75' N y los meridianos 3° W y 5° W, en el que estas dos ciudades quedan aproximadamente sobre una de sus diagonales.

Los rasgos topográficos más importantes de esta zona están representados en la figura 1 y son los siguientes:

Al este, el gran macizo de sierra Nevada, con alturas que alcanzan los 3.481 metros, y al sur de ella la sierra La Contraviesa y las Alpujarras.

La parte central está atravesada por una serie de cadenas montañosas orientadas en dirección NO-SE, formadas por la sierra de Almijara, que alcanza en su parte más occidental, llamada sierra Tejeda, una altitud de 2.065 metros. Se prolonga esta cadena hacia el noroeste en la sierra de Alhama, que luego se desvía hacia el norte en la sierra de Loja con una altitud de 1.670 metros en sierra Gorda. Al norte de esta sucesión de sierras se extiende la vega de Granada, recorrida por el río Genil y limitada al norte por la sierra de Parapanda. Más al norte se encuentra la sierra de Alta Coloma.

Al oeste se encuentra, al norte de Málaga y como prolongación de la sierra de Alhama, la sierra de Abdalagís, y al oeste de Málaga capital las estribaciones de la serranía de Ronda. Al norte se extiende la campiña cordobesa.

En cuanto a la geología, afloran en este área materiales que corresponden a las zonas Bética y Subbética, así como materiales neogenos y cuaternarios (ver figura 2). Los materiales de la zona Bética son de edades que van del paleozoico al triásico, éstos afectados por metamorfismo regional alpídico, y desde el silúrico hasta el oligoceno, no afectados estos por metamorfismo alpídico. La característica más importante de esta zona es su estructura de mantos de corrimientos.

La zona Subbética, situada al norte de la Bética, va desde el triásico al mioceno inferior. El límite entre las zonas Bética y Subbética constituye una discontinuidad geológica importante y se extiende en dirección SO-NE, siguiendo una línea paralela a la costa que pasa por la serranía de Ronda, Carratraca, valle de Abdalagís, Zafarraya y un poco al sur de Alhama de Granada, bordeando sierra Tejeda, donde toma una dirección más marcada hacia el NO y pasa por el norte de Granada y Guadix.

Los materiales neogenos y cuaternarios, de relleno, afloran dispersos y se encuentran principalmente en la depresión de Granada.

Hay que resaltar que el epicentro determinado a partir de las isosistas para el terremoto de Andalucía se encuentra localizado precisamente en este límite entre las zonas Bética y Subbética, que coincide, además, en esa zona con una superficie de mantos de corrimiento.

## 1.2. SISMICIDAD. TERREMOTOS MÁS IMPORTANTES DE 1400 A 1980

La actividad sísmica de la Península Ibérica está condicionada por su situación con respecto a las grandes placas litosféricas de Eurasia y África. La zona de contacto entre estas dos placas se extiende en su extremo oeste desde las islas Azores hasta cerca del estrecho de Gibraltar con una estructura relativamente sencilla. A partir de este punto la estructura de la zona de contacto se complica, siendo responsable de los terremotos del sur de la Península, el mar de Alborán y el norte de Marruecos (Udías et al., 1976).

En el sur de la Península la actividad sísmica está concentrada en la región al sur de la flexura del Guadalquivir, que separa la zona de la meseta, tectónicamente estable, de la activa de las Béticas. Dentro de esta región las concentraciones mayores de terremotos corresponden a la región de Granada-Málaga que estudiamos aquí y a la de Almería, Murcia y Alicante.

Para estudiar la actividad sísmica de esta región a nivel de terremotos grandes es necesario alargar el tiempo de estudio a épocas históricas anteriores a la instalación de las primeras estaciones sismológicas (alrededor de principios de este siglo). El estudio de terremotos del pasado lleva consigo grandes dificultades, ya que es necesario acudir a las fuentes históricas originales y éstas son tanto más escasas cuanto más atrás retrocedamos en el tiempo. Debido a estas dificultades hemos decidido limitar nuestro análisis a los terremotos posteriores a 1400.

Anteriores a 1400 hay varios terremotos que aparecen situados en algunos catálogos en la región andaluza. Ocurrieron éstos en los años 365, 881, 1080 y finales de 1169 o principios de 1170

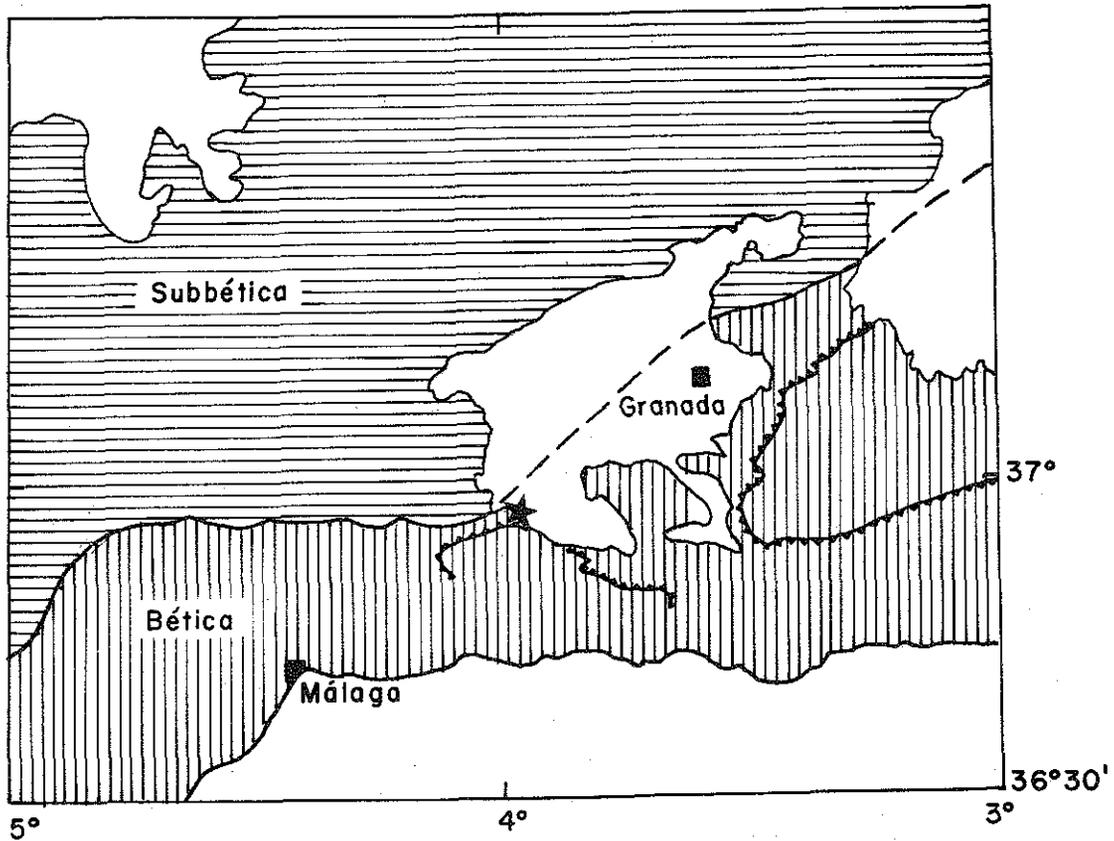


Figura 2.—Mapa tectónico generalizado de la zona Granada-Málaga. La estrella señala el epicentro del terremoto de 1884

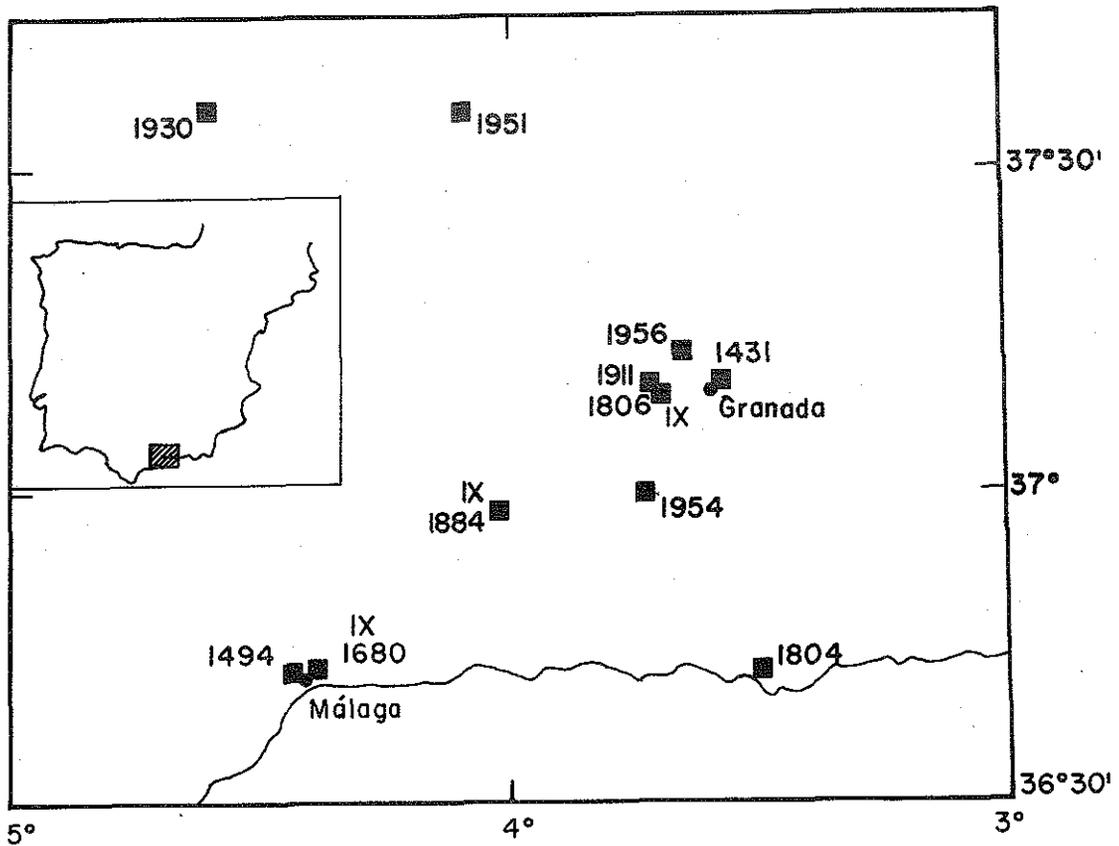


Figura 3.—Localización de los terremotos para el periodo 1400-1980 con  $I_0 \geq VIII$

y están descritos en documentos romanos y árabes. Sería imprescindible acudir a las fuentes originales para poder pronunciarse, con un poco de precisión, sobre la localización e intensidad de los mismos.

A partir del año 1400 se recopilan en la tabla I los terremotos mayores de la zona,  $I_0 \geq VIII$ , con la excepción notable del terremoto de 29 de marzo de 1954, de magnitud 7, que sólo alcanzó intensidad máxima V, debido a su gran importancia, ya que fue el primer terremoto profundo,  $h = 650$  km, registrado en Europa.

La localización de estos terremotos está representada en la figura 3.

A continuación damos una breve reseña de estos terremotos más importantes. Los datos están sacados de los catálogos de Navarro-Neumann (1917, 1920) y J. Galbis (1932), habiéndose consultado en algunos casos documentos originales, completándose la información y procurando resolver, en lo posible, las inconsistencias que existen entre las diversas noticias.

TABLA I

Fecha	Hora origen	Latitud N	Longitud W	$I_0$
	h m s			
1431, 24 abril		37.2	3.6	VIII Granada
1494, enero		36.7	4.4	VIII Málaga
1680, 9 octubre	07	36.7	4.4	IX Málaga
1804, 13 enero	17	36.7	3.5	VIII Motril
1806, 27 octubre	12	37.2	3.7	IX Santa Fe
1884, 25 diciembre	21 08	36.9	4.0	IX Arenas del Rey
1911, 31 mayo	15 13	37.2	3.7	VIII Santa Fe
1930, 5 julio	23 11 52	37.6	4.6	VIII Montilla
1951, 19 mayo	15 54 19	37.6	4.1	VIII Alcaudete
1954, 29 marzo	06 17 05	37.0	3.7	V Dúrcal (profundo)
1956, 19 abril	18 38 50	37.2	3.7	VIII Atarfe

*1431, 24 abril, 37.2° N, 3.6° W, Granada,  $I_0 = VIII$*

Las coordenadas epicentrales dadas corresponden a la ciudad de Granada, que fue la que más sufrió, según las crónicas.

En la comarca de Granada se cuartearon muchas torres y mezquitas, y en Granada se derrumbó un paño del muro de la Alhambra. En Ciudad Real, donde se encontraba el rey, cayeron algunas tejas, se abrió una pared del monasterio de San Francisco y cayeron dos piedras de la bóveda de la capilla de la iglesia de San Pedro.

Existe gran confusión en el catálogo de Galbis respecto a este terremoto, ya que cita otro en Cataluña al que asigna esta misma fecha, y pasa el de Granada a junio, para luego volver a rectificar. Esta confusión es debida a que Milne lo sitúa en Cataluña. Posteriormente Navarro-Neumann en su trabajo de 1917 lo sitúa defini-

tivamente en Granada, pero en la lista de su publicación de 1920, al poner los meses en números romanos, y a nuestro entender debido a un error de transcripción, se puso VI en vez de IV (abril).

*1494, enero, 36.7° N, 4.4° W, Málaga,  $I_0 = VIII$*

En ninguno de los catálogos consultados se menciona el día. Las coordenadas epicentrales corresponden a la ciudad de Málaga, donde se registraron los mayores daños.

Casi todas las casas de Málaga, maltratadas; cayeron muchos muros que cercaban la ciudad. Los Reyes Católicos prorrogaron dos años más la franquicia que habían concedido a esta ciudad.

Según Navarro-Neumann, alcanzó grado VIII FM en Málaga y estima que pudo alcanzar IX o X FM en la zona pleistocénica. Apunta la

posibilidad de que el epicentro coincidiera con el del terremoto de 1884.

*1680, 9 octubre, 07<sup>h</sup> 36.7° N, 4.4° W, Málaga, I<sub>0</sub>=IX*

Las coordenadas son las de la ciudad de Málaga, que figura con los daños más importantes. En resumen, los daños materiales fueron: 852 casas destruidas, 1.259 inhabitables y el resto con daños importantes. Las desgracias personales ascendieron a 70 muertos y 250 heridos. El terremoto destruyó el barrio del Perchel; la fortaleza de Gibralfaro y la Alcazaba quedaron desmanteladas.

Hubo daños iguales o mayores en: Alhaurín de la Torre, Cómputa, Cártama, Alora, Coín y Alhaurín el Grande. En estos pueblos el número de víctimas fue elevado. Daños menores se produjeron en Antequera y Ronda.

En Sevilla se produjeron muchos desperfectos a edificios y algunos heridos. En Granada sufrieron todos los edificios y se sintió en Córdoba. Es posible, a juzgar por las descripciones, que se produjera un maremoto, lo que situaría el epicentro en el mar.

*1804, 13 enero, 17<sup>h</sup>, 36.7° N, 38.5° W, Motril, I<sub>0</sub> = VIII*

Las coordenadas corresponden a la ciudad de Motril, donde figuran los mayores daños. En Motril el temblor duró unos veinte segundos de movimiento perpendicular y de trepidación, y durante otros veinte segundos se sintió un movimiento ondulatorio.

Todas las casas quedaron cuarteadas y muchas arruinadas. Al menos dos personas quedaron sepultadas en las ruinas. Se menciona que el mar se retiró 22 varas.

Se contabilizaron 12 réplicas durante los días 14 y 15, continuándose éstas, al menos, hasta el 6 de febrero.

En Granada sonaron solas las campanas; hubo daños en los arcos, columnas y cornisas de la catedral y en la iglesia de las Angustias, las lámparas del teatro oscilaron durante un

cuarto de hora y se sintieron algunas de las réplicas más importantes.

En Málaga se sintió con violencia y en Melilla quebrantó las paredes de varias casas.

*1806, 27 octubre, 12<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>, 37.2° N, 3.7° W, Santa Fe, I<sub>0</sub>=IX*

Las coordenadas corresponden a la ciudad de Santa Fe.

Antes de ocurrir este terremoto se sintió una serie de ellos que habían comenzado en el mes de agosto. Este es el primer caso en que se menciona una actividad de premonitores.

En el terremoto quedaron casi totalmente destruidas las localidades de Santa Fe, Pinos, El Soto, Asquerosa y Ansola, y parte de Chuchina y Belicena.

En Granada afectó a los edificios en mal estado.

Desde sierra Elvira hasta Pinos Puente se abrió una falla que se reprodujo más tarde en el terremoto del 31 de mayo de 1911.

*1911, 31 mayo, 15<sup>h</sup> 13<sup>m</sup>, 37.2° N, 3.7° W, Santa Fe, I<sub>0</sub>=VII-VIII*

Las coordenadas del epicentro corresponden a las de la localidad de Santa Fe, donde los daños fueron mayores, y la hora origen está deducida del tiempo de la P en la estación de Cartuja, a unos 12 kilómetros del epicentro (15<sup>h</sup> 13<sup>m</sup> 44<sup>s</sup>). La referencia más detallada es Navarro-Neumann (1911).

Los daños más notables se centraron en la ciudad de Santa Fe, donde se hundieron algunas casas, en general en mal estado, con caída de muros, techos y chimeneas. Las casas bien construidas sufrieron poco. La iglesia parroquial sufrió daños en su bóveda y arcos. Los daños personales se limitaron a algunos heridos y contusos, en su mayoría con lesiones leves. La intensidad máxima en Santa Fe se estima en VII-VIII, mientras que en Granada fue de intensidad VI. Una característica importante fue la larga duración: 30 segundos en Santa Fe.

El terremoto fue seguido de réplicas, de las

que en la estación de Cartuja (amplificación 500) se registraron 34 hasta el 10 de junio. De éstas, 22 fueron sentidas y la mayor, de intensidad VI, tuvo lugar el 4 de junio a las 16<sup>h</sup> 55<sup>m</sup>.

1930, 5 julio, 23<sup>h</sup> 11<sup>m</sup> 52<sup>s</sup>, 37.6° N, 4.6° W, h=50 kilómetros, Montilla, I<sub>0</sub> = VIII

Los datos epicentrales están tomados del *Boletín ISS*, calculados con 37 lecturas, la más lejana de un observatorio a 40° de distancia. Estas coordenadas coinciden bastante bien con los datos macrosísmicos, que dan la mayor intensidad en Montilla (37°33' N, 4°38' W).

El área sentida con grado III, como puede verse en la figura 4, se extiende hasta cerca de Toledo por el norte, ocupando una amplia zona de la mitad sur de la Península. Los daños estuvieron concentrados casi exclusivamente en la población de Montilla, donde la mayor parte de las casas (un total de 430) quedaron con señales de la sacudida, y sufrieron daños importantes las torres de las iglesias, el hospital y la estación de ferrocarril, aunque sin llegar a derrumbarse ninguno de estos edificios. La única noticia de daños personales es dos heridos por el hundimiento de una casa. En Aguilar de la Frontera, a sólo 10 kilómetros, hubo pánico y un edificio derrumbado.

No se registraron réplicas, excepto dos en los días 7 y 9 en la estación de Cartuja. La carencia de réplicas, así como la gran extensión del área sentida podría indicar una profundidad mayor que la normal, aunque la concentración de daños en Montilla parece contradecir esta idea.

1951, 19 mayo, 15<sup>h</sup> 54<sup>m</sup> 19<sup>s</sup>, 37.6° N, 4.1° W, Alcaudete, I<sub>0</sub> = VIII

Los datos epicentrales están tomados de los datos por el Instituto Geográfico Nacional. Otras fuentes dan valores ligeramente distintos:

15<sup>h</sup> 54<sup>m</sup> 24<sup>s</sup> 38.1° N, 3.7° W, ISS  
38.3° N, 4.2° W, Cartuja (Granada)

A partir de los datos macrosísmicos el punto central del área de mayor intensidad (I<sub>0</sub> = VIII) corresponde a las coordenadas 37°5' N 3°7' W. El área en que fue sentido el terremoto, como puede verse en la figura 4, se extiende a toda la mitad sur de la Península. La extensión es mayor que la sentida en el terremoto de 1930. En Madrid se sintió con movimiento de lámparas y muebles, en especial en los pisos altos. En Alcaudete se derrumbaron algunos edificios y sufrió daños la torre de una iglesia. También se derrumbaron algunos edificios en Baena, provincia de Córdoba. En Jaén se produjeron daños en la bóveda central y arco de la catedral, desprendiéndose algunos adornos de su torre; sufrieron daños otros edificios, entre ellos una casa totalmente hundida. No se tienen noticias de desgracias personales.

La gran extensión de la zona en que se sintió y el que se registrara con movimiento impulsivo en estaciones de América del Norte y del Sur puede indicar que el foco sea de profundidad intermedia, aunque no se ha podido determinar en el cálculo epicentral. Utilizando los datos de las 16 estaciones más cercanas, se ha recalculado el epicentro ajustando la profundidad a 90 kilómetros, con un error de 2,4 segundos, obteniendo el siguiente resultado:

15<sup>h</sup> 54<sup>m</sup> 26,16<sup>s</sup>, 37,35° N, 3,97° W, h=90 km

Este epicentro coincide bastante bien con el derivado de los datos macrosísmicos y el dado por el Instituto Geográfico Nacional, aunque no así el tiempo origen. Este ajuste es mejor que el dado por el ISS, que resulta con un error de ocho segundos para las mismas estaciones.

1954, 29 marzo 6<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> 5,2<sup>s</sup>, 37,3° N, 3,75° W, h = 652 km, I<sub>0</sub> = V, M = 7

Este terremoto, único en la región alpino-himalaya, a una profundidad del orden de 600 kilómetros, ha sido objeto de numerosas especulaciones. Los datos hipocentrales que damos son los deducidos por Bonelli y Esteban Carrasco (1957), utilizando datos de 111 esta-

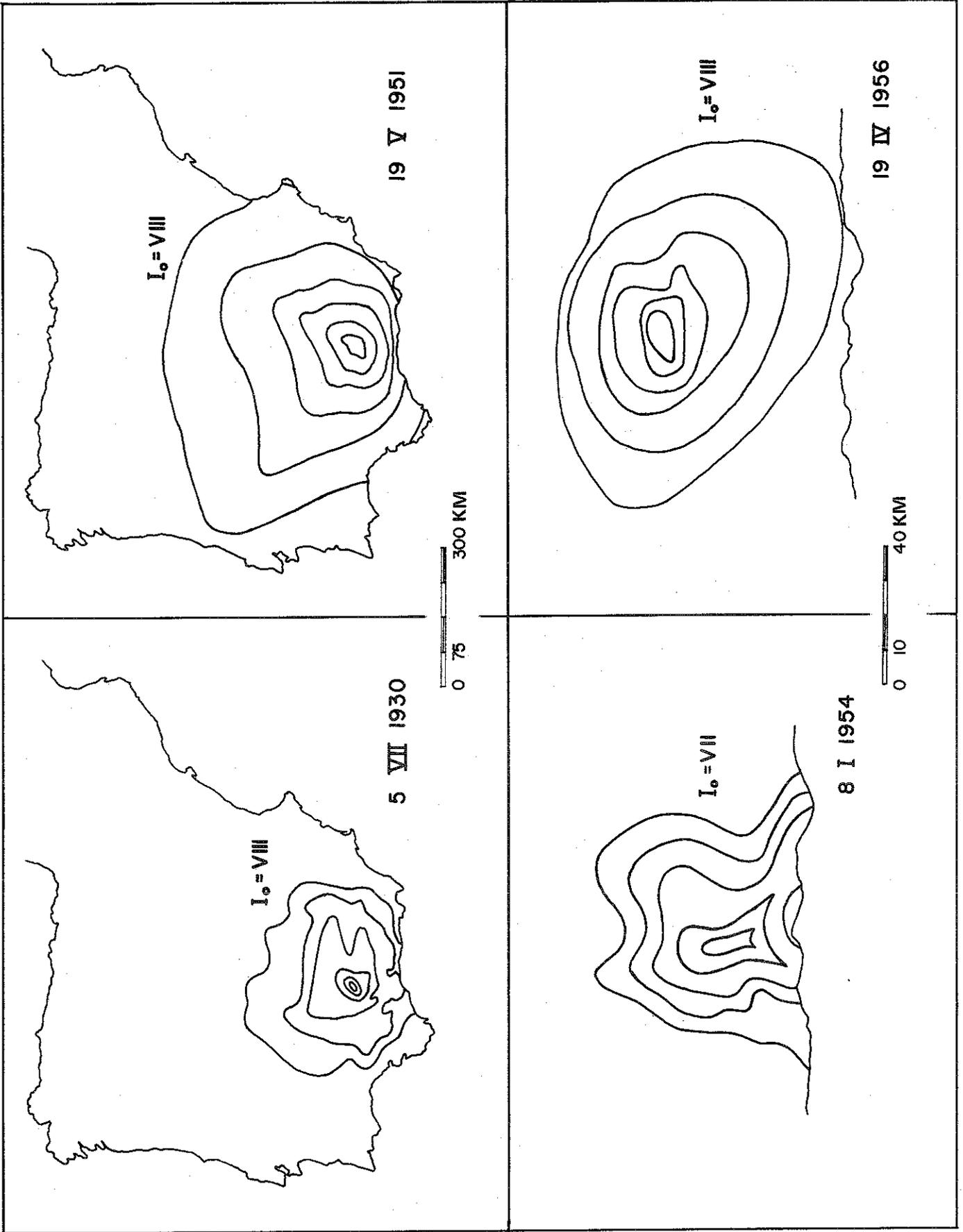


FIGURE 4. Distribution of maximum wind speed ( $I_0$ ) for different dates: 5 VII 1930, 19 V 1951, 8 I 1954, 19 IV 1956.

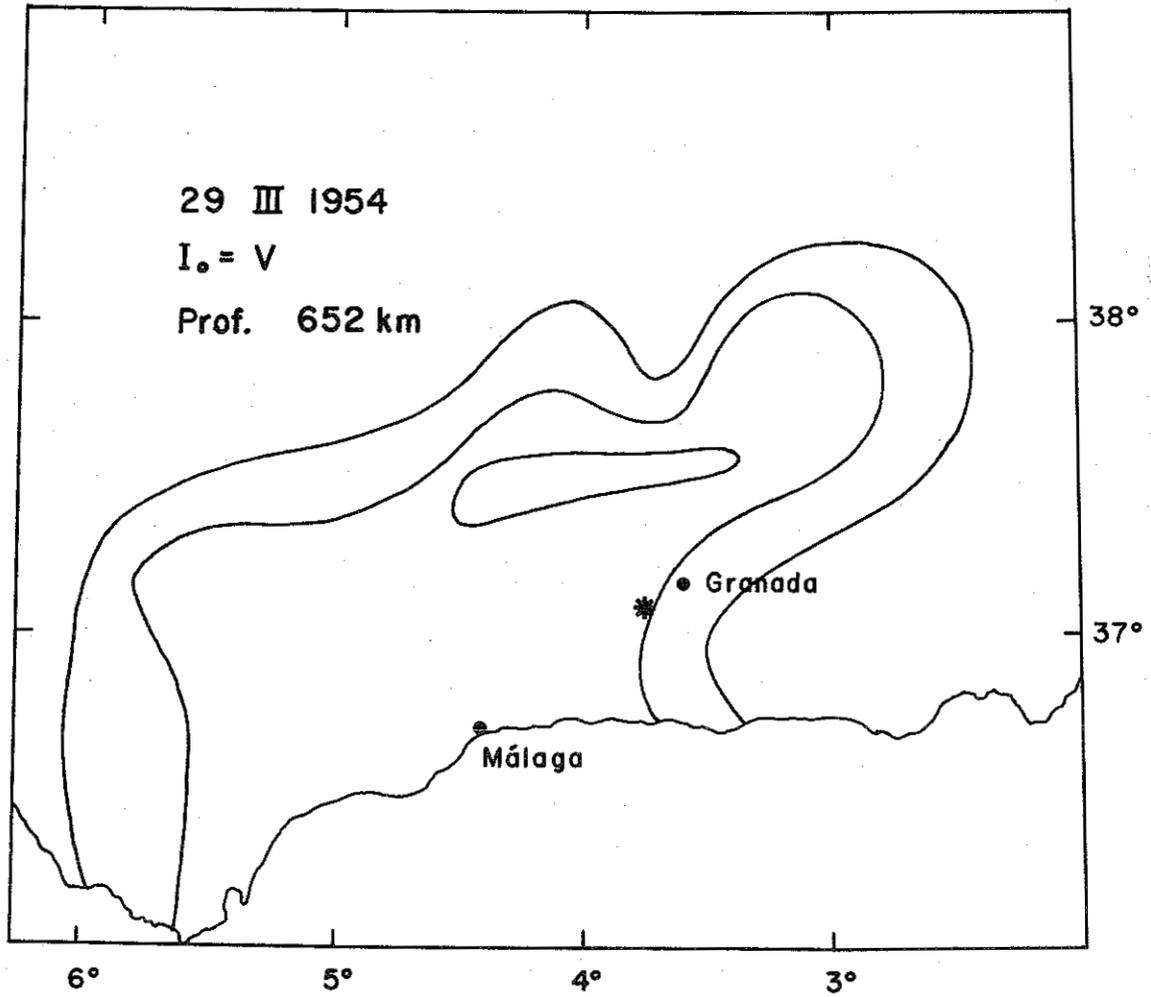


Figura 5.—Mapa de isosistas del terremoto profundo del 29 marzo 1954

ciones y una desviación estándar de los residuos de 1,98 segundos. Otros valores son:

- 7<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> 5<sup>s</sup>, 32° N, 3.5° W, 650 km, USCGS
- 6<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> 6<sup>s</sup>, 36.9° N, 3.25° W, 630 km, BCIS
- 6<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> 5<sup>s</sup>, 37° N, 3.5° W, 630 km, ISS
- 6<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> 7<sup>s</sup>, 36.9° N, 3.4° W, 630 km, NUTTLI (1954)

La magnitud dada se basa en los valores de  $7\frac{1}{4}$ — $7\frac{1}{2}$  (Pasadena),  $7$ — $7\frac{1}{4}$  (Berkeley).

El terremoto se sintió en toda Andalucía, pero en ningún sitio la intensidad pasó de grado V, siendo en casi toda la región de intensidad III-IV. El mapa de isosistas está dado en la figura 5. Más al norte, en Castilla, fue sentido hasta Madrid, con intensidad entre II y III. En Marruecos la intensidad varía también entre IV y V en la zona de mayor intensidad, aunque en Tainerte, en el Rif, se dio intensidad VII y en Argelia entre IV y V. No hubo, pues, apenas daños, aunque fue sentido en una gran extensión, lo que indicó su gran profundidad antes de que se calculase su hipocentro. Un terremoto de igual profundidad pero de magnitud 4 tuvo lugar en el mismo sitio el 30 de enero de 1973.

El mecanismo de este terremoto fue calculado por Hodgson y Cock (1956), dando como solución un plano casi vertical y dirección N-S y otro prácticamente horizontal. Dada la profundidad de este foco sísmico su mecanismo no parece estar relacionado con la tectónica de la superficie.

1956, 19 abril, 18<sup>h</sup> 38<sup>m</sup> 50<sup>s</sup>, 37.24° N, 3.7° W,  
 $h=13$  km, Atarfe,  $I_0=VIII$ ,  $M=6$

La hora origen y coordenadas epicentrales están tomadas de Bonelli y Esteban Carrasco (1958) y están calculadas a partir de las lecturas en siete estaciones y coinciden bastante bien con los datos macrosísmicos. Dada la falta de exactitud en las lecturas de los sismogramas, de acuerdo con estos autores el epicentro puede variar en un radio de unos cinco kilómetros y la profundidad, entre 25 y 10 kilómetros.

Los daños mayores fueron en Atarfe y Albolote, donde las casas de baja calidad (adobe o tapial de tierra apisonada) quedaron en su

mayoría inservibles y algunas se hundieron totalmente. Los edificios buenos sufrieron grietas considerables. De las 2.350 casas en los dos pueblos sufrieron daños considerables quedando inhabitables 900, ruinosas 250 y totalmente destruidas 17. Casi todos los edificios sufrieron algún daño. En Santa Fe casi la mitad de las casas sufrieron grietas leves y 85 daños considerables. En Granada el pánico fue general, siendo afectado particularmente el barrio de Albaicín, donde el 10 por 100 de las casas tuvieron que ser desalojadas.

Los daños personales fueron cinco muertos y más de 60 heridos en Atarfe y Albolote, y dos muertos más en Granada, con varios heridos.

El terremoto fue seguido por una serie de réplicas, 90 registradas en Cartuja hasta el día 30 de abril, de las cuales 17 se sintieron en Granada. La mayor, de intensidad VII, el 22 de abril a las 15 horas. Las isosistas (figura 4) muestran un alargamiento en dirección NW y un radio de perceptibilidad de 100 kilómetros. La zona (pleistosista) de intensidad VIII tiene unas dimensiones de 12 kilómetros de longitud, lo que puede indicar unas dimensiones del foco de ese orden.

#### *Distribución de isosistas*

Al examinar los terremotos de la zona para los que se disponía de mapas de isosistas, cuatro de ellos representados en la figura 4, se ha comprobado que los dos terremotos que se localizan en la parte norte, 5 de julio de 1930 y 19 de mayo de 1951, se sintieron en una región mucho más extensa que los restantes. Se puede apreciar la gran diferencia entre las áreas abarcadas por la isosista de grado III en ambos casos, teniendo en cuenta que la escala en uno es 7,5 veces mayor que en el otro. En especial, es de resaltar la diferencia de la extensión de la zona de la isosista de grado III en los terremotos de 19 de mayo de 1951 y 19 de abril de 1956, ambos con igual intensidad máxima (VIII). Esto podría indicar que los terremotos localizados en la parte norte tienen el foco a mayor profundidad que los terremotos localizados próximos a la costa. La profundidad sísmica iría aumentando a medida que nos acercamos hacia el norte, límite con la zona estable.

● M > 3.8    ⊙ M > 5

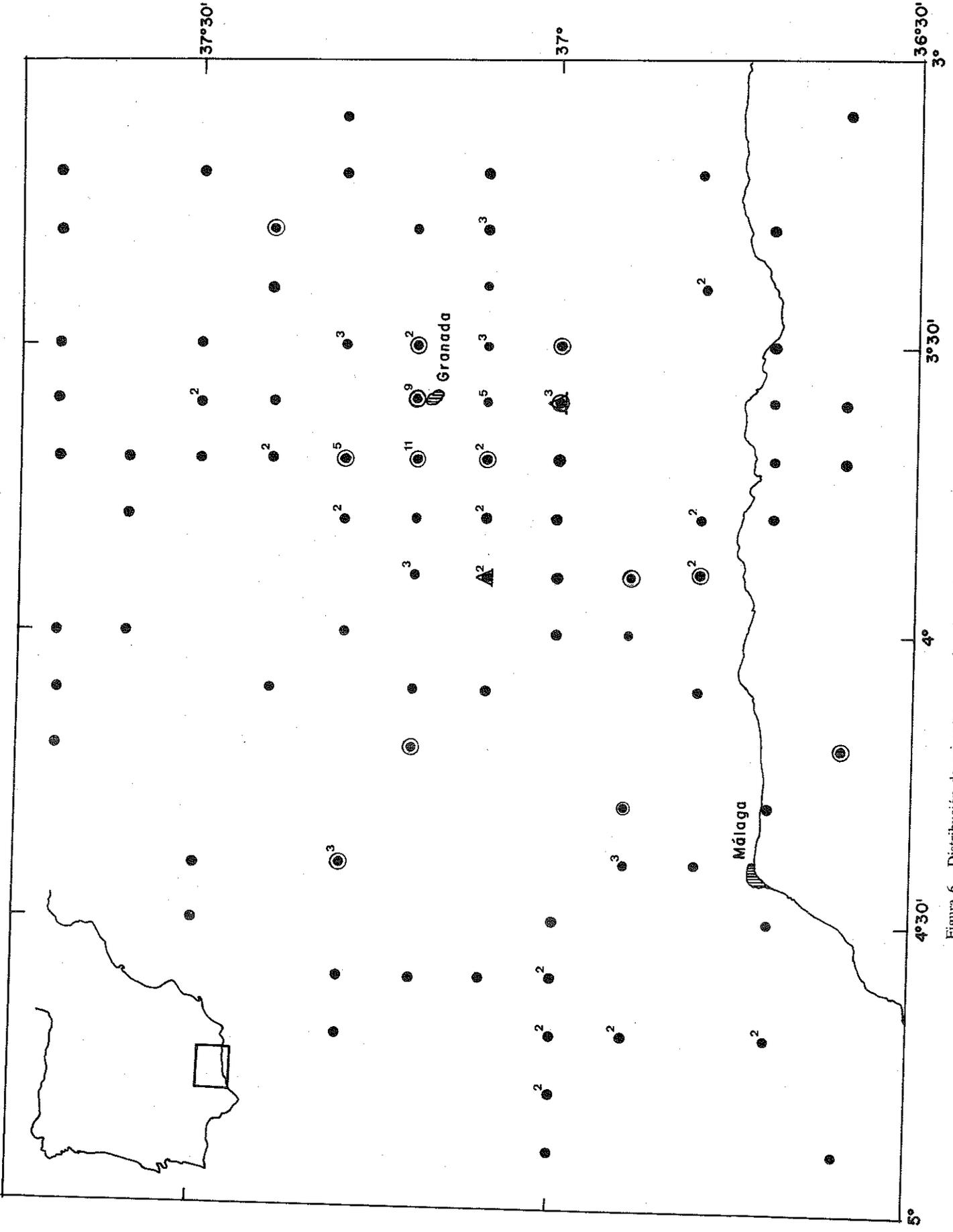


Figura 6.—Distribución de epicentros para el periodo 1950-1976 de magnitud mayor que 3,8

Esto podría relacionarse con el régimen de presiones norte-sur actuando entre el bloque estable y la zona de las Béticas. Esta situación estaría relacionada con el rápido aumento de espesor de la corteza desde la costa hacia el interior de las Béticas, observado en los estudios de perfiles sísmicos (Banda y Udías, 1979).

La diferente alineación de las isosistas para los terremotos de 1954 y 1956 (figura 4), indican la posible existencia de dos sistemas principales de fallas, unas en dirección media este-oeste relacionada con los bordes de la depresión de Granada y la traza de los mantos de corrimiento (contacto entre la zona Bética y la Subbética) y otras norte-sur, posiblemente relacionadas con el borde occidental del macizo Nevada-Filábride.

### 1.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA SISMICIDAD

La distribución de terremotos grandes representados en la figura 2 nos da ya una idea aproximada de las características de la actividad sísmica en la zona próxima a Granada. Para obtener una idea más detallada, hemos representado en la figura 6 los epicentros correspondientes al periodo 1950-1976 y magnitudes mayores de 3.8.

Para el estudio de este periodo (1950-1976), disponemos del catálogo sísmico de la Sección de Sismología e Ingeniería Sísmica del Instituto Geográfico Nacional recientemente codificado, pero que no ha sido revisado en su totalidad. El catálogo no es completamente homogéneo ya que en estos veintiséis años la instrumentación de las estaciones ha variado bastante, así como los métodos de localización de terremotos. Por ejemplo, en 1958 se instalaron en Málaga, Alicante y Almería los sismógrafos Askania tipo Hiller y en 1962, en Málaga y Toledo, las estaciones de la red internacional WWSSN. También debe citarse aquí la publicación, desde 1962, del *Boletín de Sismos Próximos* y la automatización de las determinaciones epicentrales desde 1965. La modernización de las estaciones de España, Portugal y Marruecos desde aproximadamente 1970, incide en el catálogo a partir de esta fecha con determinaciones más exactas de los epicentros y una mejor detección de terremotos pequeños.

En la distribución espacial de los terremotos representada en la figura 6 la alineación de los epicentros es debida a la norma seguida en el catálogo de asignarlos a intervalos mínimos de una décima de grado. Esta limitación impide una correlación en detalle entre los epicentros y las condiciones geológicas estructurales pequeñas.

Sin embargo, a pesar de todas las limitaciones ya expuestas, podemos hacer notar algunas características de la distribución de epicentros. Cerca de Granada, los epicentros parecen alinearse a lo largo de los bordes de la depresión de Granada en dirección este-oeste y en una dirección norte-sur que limita el borde occidental del macizo de Sierra Nevada y que se prolonga hasta la costa, un poco al oeste de Motril. Esta dirección norte-sur parece prolongarse hacia el norte, a partir de Granada, ligeramente desplazada hacia el este. La dirección este-oeste también podría relacionarse con el contacto entre las unidades tectónicas de la Bética y la Subbética en esta zona, prolongándose hacia el oeste por el norte de Málaga. Es en esta alineación donde se sitúa el epicentro del terremoto de 1884.

### 1.4. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL Y DE MAGNITUD

En la evaluación de la sismicidad de una región, además de la distribución espacial de los terremotos, es necesario tener en cuenta su distribución temporal. En esta distribución temporal entra, principalmente, la consideración de la ocurrencia de terremotos de una determinada magnitud a lo largo del tiempo y en comparación con la ocurrencia de terremotos de magnitud mayor o menor.

La distribución de la frecuencia de terremotos en el tiempo está representada en la figura 7. En esta figura se da el número de terremotos cada seis meses entre 1950 y 1976. Se ha tomado como límite inferior de magnitud  $M = 4$ . La distribución es muy irregular, lo que puede indicar la falta de homogeneidad en la determinación de magnitudes y, por tanto, el que se incluyan en unos periodos terremotos que son más pequeños que los incluidos en otros periodos. Por otro lado, la sensibilidad de las estaciones

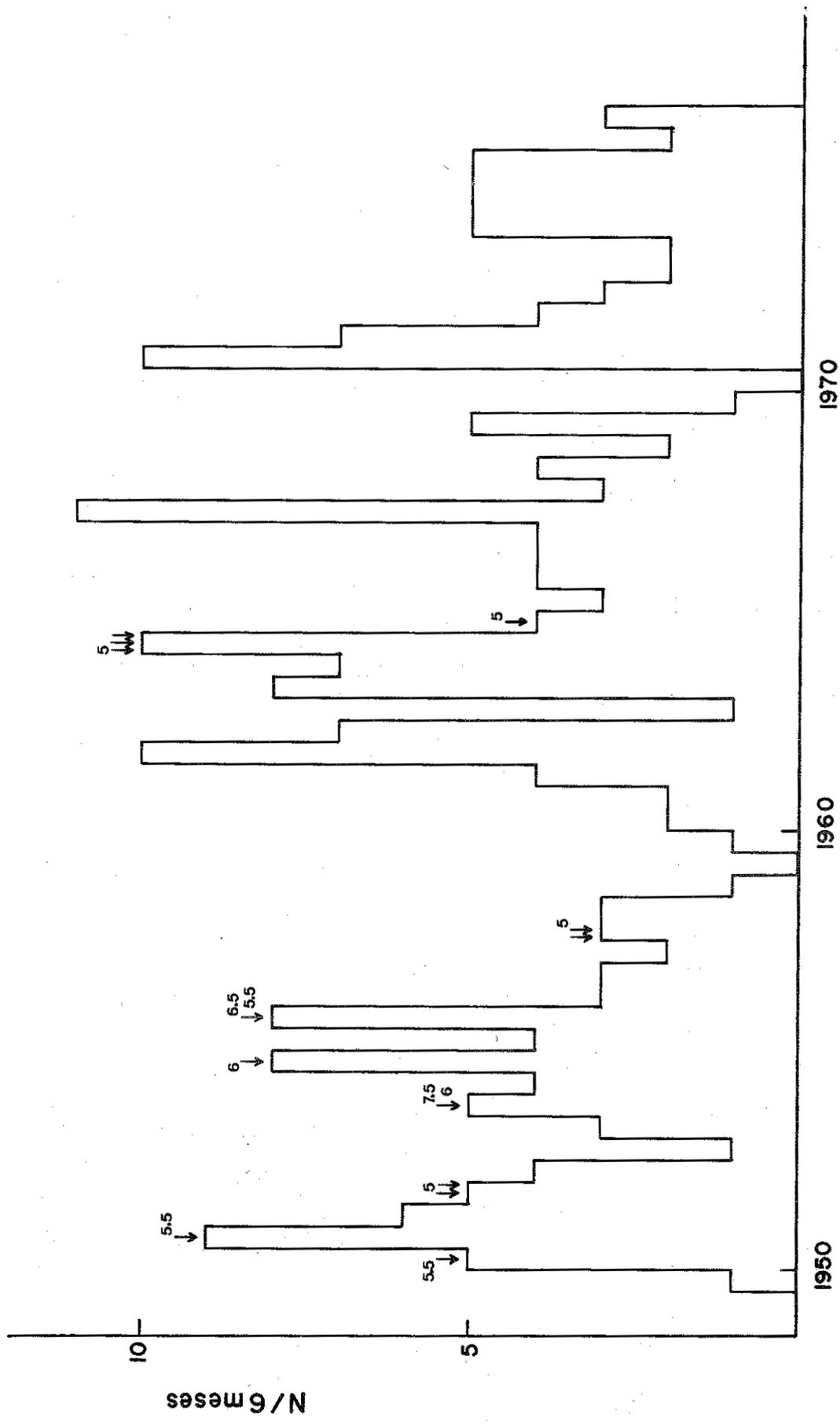


Figura 7.—Frecuencia de terremotos (número de terremotos cada seis meses) para el periodo 1950-1976. Las flechas indican los terremotos con magnitud  $\geq 5$

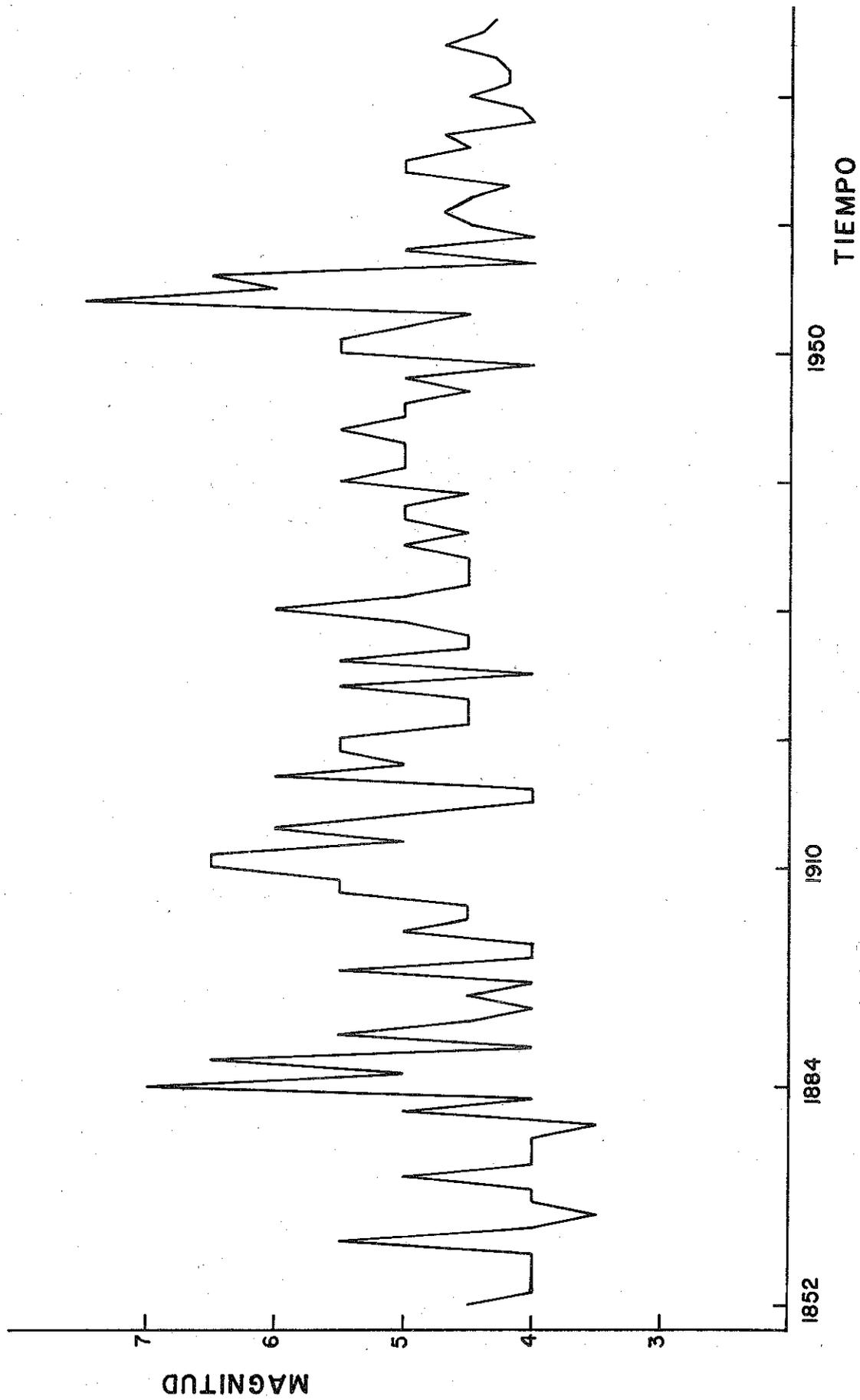


Figura 8.—Magnitud máxima anual de los terremotos para el periodo 1852-1975

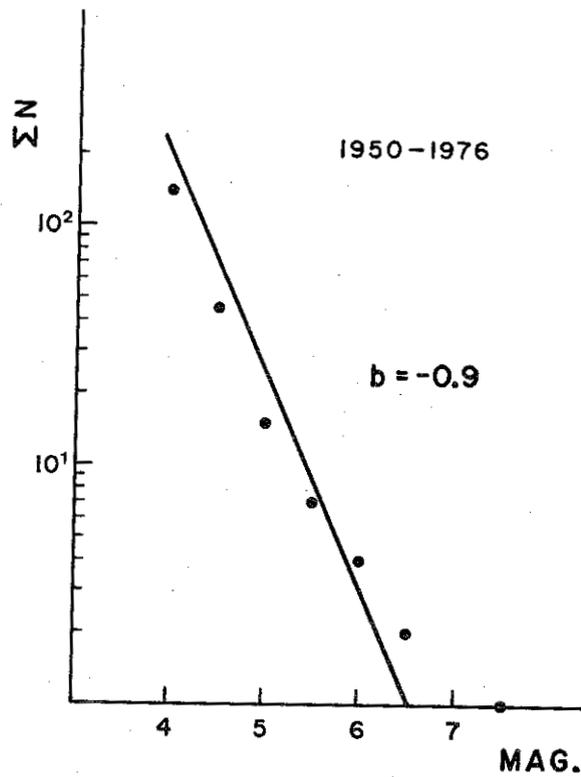


Figura 9.—Relación entre la frecuencia acumulativa y la magnitud de los terremotos del periodo 1959-1976

no ha sido homogénea durante todo el periodo. De todas formas se nota una disminución de la actividad hacia el final de los años 50. El aumento en el número de terremotos después de 1960 puede reflejar la modernización de la red sísmica en esa época. La disminución de la actividad después de 1970 refleja una situación real que seguirá hasta la serie de terremotos en Granada durante 1979.

En la figura 7 se han representado por flechas en la parte superior la ocurrencia de terremotos con magnitudes mayores a 5. Se puede apreciar de nuevo que la actividad sísmica fue bastante intensa durante los años 50, disminuyendo después. El número de terremotos con magnitud por encima de 5 es bastante superior en esa época que en los dieciséis años siguientes.

A pesar de las fuertes limitaciones del catálogo sísmico en lo que se refiere a la asignación de las magnitudes, sobre todo antes de 1950, se ha representado en la figura 8 la distribución de magnitudes con el tiempo en el periodo 1852 a 1975. Para disminuir los errores se ha representado solamente la magnitud del terremoto mayor en cada año. Para los terremotos en los que no hay determinación directa de la magnitud, ésta se ha deducido de la intensidad máxima. Las características principales de la distribución temporal son las siguientes: el terremoto de 1884 fue precedido por un periodo de, al menos, treinta años de sismicidad con un nivel de magnitud bajo. Entre 1910 y 1955 aumenta el nivel medio de magnitud, que vuelve a descender para los últimos quince años. Los picos más importantes corresponden a los terremotos de 1884, 1911, 1930, 1951, 1954 (terremoto profundo) y 1956. Tres periodos de actividad por encima de lo normal están centrados en los años 1884, 1910 y 1955. Desde esta última fecha hasta la presente, la sismicidad ha sido baja. En 1979, entre marzo y junio, sucedió un enjambre de terremotos, el mayor de los cuales ocurrió el 20 de marzo con magnitud 4.7 al norte de Granada.

Este episodio sísmico, aunque causó bastante alarma en la ciudad de Granada, donde la intensidad llegó al grado VI, no llega al nivel de los terremotos más importantes del pasado.

Una interpretación cautelosa de estos datos nos induce a pensar en la posibilidad de ocurrencia

de un terremoto importante en la zona de Granada en un periodo de tiempo quizá no demasiado largo.

Estudiando la ocurrencia de terremotos de magnitud cercana a 6 (ver figura 8), éstos se repiten con un periodo de aproximadamente veinte años, en el tiempo recogido en la gráfica. En cuanto al periodo de recurrencia de terremotos más destructores, los datos históricos no son concluyentes (ver tabla I), quizás podría fijarse este periodo entre cien y doscientos años.

Por último, la figura 9 muestra la distribución de la frecuencia de terremotos con la magnitud, utilizándose datos de esta región en el periodo 1950-1976. La pendiente, o valor de  $b$  obtenido, es de 0,9. Este valor es muy semejante al obtenido ( $b=1,1$ ) para toda España, usando datos del periodo 1961-1972 (Udías et al., 1976). La linealidad de los puntos sobre la gráfica hasta magnitud 4 indica que en el periodo citado los datos son completos hasta esta magnitud.

## 2. EL TERREMOTO DE 25 DE DICIEMBRE DE 1884

Al anochecer del 25 de diciembre de 1884 toda la región que hemos definido entre Granada y Málaga se vio agitada por un violento terremoto que produjo grandes daños materiales y numerosas víctimas. La abundante documentación de que se dispone, así como su importancia, justifican un estudio detallado de sus características. La información más detallada es la que se encuentra recogida en los informes de las tres comisiones nombradas para su estudio, la española, organizada por la Comisión del Mapa Geológico de España y dirigida por Manuel Fernández de Castro; la francesa, de la Academia de Ciencias, dirigida por Fouquet, y la italiana, de la Academia de Lincei de Roma, por Mercalli. Además de estos estudios, otros investigadores como Orueta, Cesáreo Martínez, etcétera, recogieron datos de primera mano. Un cuestionario fue repartido por los pueblos afectados, cuyas respuestas para la provincia de Málaga se conservan. La bibliografía sobre este terremoto es abundante y se ha recogido en este trabajo.

## 2.1. DAÑOS Y DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDAD

Aunque la evaluación detallada de los daños de este terremoto se encuentra en el trabajo de López Arroyo, Martín y Mezcuca, damos aquí un breve resumen como introducción a la consideración del mapa de isosistas.

Como ya se ha mencionado, este terremoto se sintió en una amplia zona que abarca casi la mitad sur de España. El área de intensidad máxima se localiza en una región no muy poblada al suroeste de Granada, ya que se encuentra situada en las laderas de sierra Tejeda y sierra Almjara.

Del informe presentado por la Comisión española encargada del estudio del terremoto hemos obtenido los datos referidos a muertos, heridos, edificios dañados y dinero destinado a la reconstrucción de los pueblos dañados, que resumimos a continuación:

### Provincia de Granada:

Muertos.....	690
Heridos.....	1.426

### Provincia de Málaga:

Muertos.....	55
Heridos.....	59

En total, 745 muertos y 1.485 heridos.

La Comisión italiana da 750 muertos y 1.554 heridos.

### Provincia de Granada:

Edificios hundidos.....	3.342
Edificios parcialmente destruidos ...	2.138

### Provincia de Málaga:

Edificios destruidos.....	1.057
Edificios en ruina.....	4.178

En total, 4.399 edificios destruidos y 6.316 en estado ruinoso.

La cantidad destinada por el Gobierno para paliar estos daños fue, en moneda de la época, de 5.826.028,66 pesetas. Para obtener el equivalente de esta cantidad en la actualidad,

habría que multiplicar por un índice próximo a 200, lo que supone una cantidad respetable; esto sin tener en cuenta las numerosas suscripciones particulares que se efectuaron y que supusieron una cantidad considerable, ya que una sola de ellas ascendió a 1.500.000 pesetas.

### Mapas de isosistas

En todos los estudios realizados en la época aparece una relación de daños en los distintos pueblos, y algunos de ellos se acompañan de un mapa de isosistas. Haremos un breve comentario de cada uno de ellos. Un estudio más detallado aparece en el trabajo de López Arroyo, Martín y Mezcuca.

a) Orueta, figura 10, divide la zona en cuatro regiones, que numera de 1 a 4 en sentido decreciente de daños. Es un mapa muy irregular, con varios núcleos de la misma intensidad separados entre sí y que desciende a pequeños detalles geológicos de carácter local.

b) Cesáreo Martínez, en su trabajo, da una lista en la que aparecen los pueblos de las provincias de Málaga y Granada con las intensidades correspondientes. Estas intensidades las asignó, según la escala Rossi-Forel, de acuerdo con los informes oficiales. A partir de esta lista nosotros hemos trazado las isosistas, figura 11. Sólo aparecen en esa relación grados de intensidad VIII, IX y X, por lo que únicamente hemos podido establecer las áreas en las que asigna IX y X. Los valores entre paréntesis corresponden a los valores discordantes.

c) En la versión castellana del trabajo de la Comisión francesa aparece un mapa de isosistas elaborado por dicha comisión, figura 12. En este mapa se divide la región en la que el terremoto se dejó sentir con más fuerza en tres zonas: 1, zona epicentral, en la que se arruinaron bastantes pueblos; 2, zona media, en la que hubo daños considerables; 3, zona externa, con daños moderados.

d) La Comisión italiana presenta un mapa con tres regiones, figura 13, que clasifican en «disastroso», «rovinoso» y «fortissimo». Dentro de la región «disastroso» figura un límite a trazos

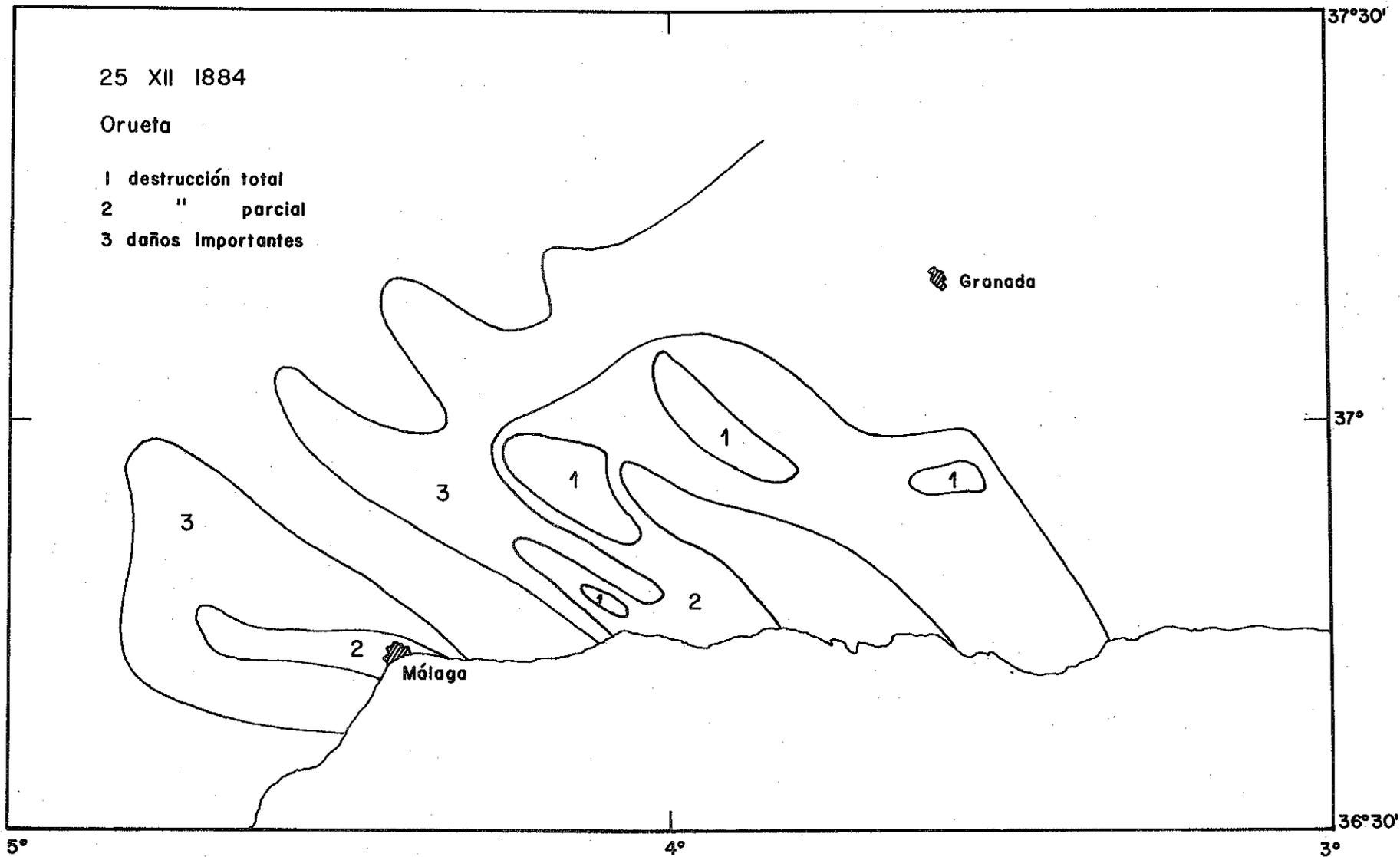


Figura 10.—Mapa de isosistas del terremoto del 25 de diciembre de 1884 (Orueta y Duarte, 1885)

25 XII 1884

Cesáreo Martínez

Escala Rossi-Forel

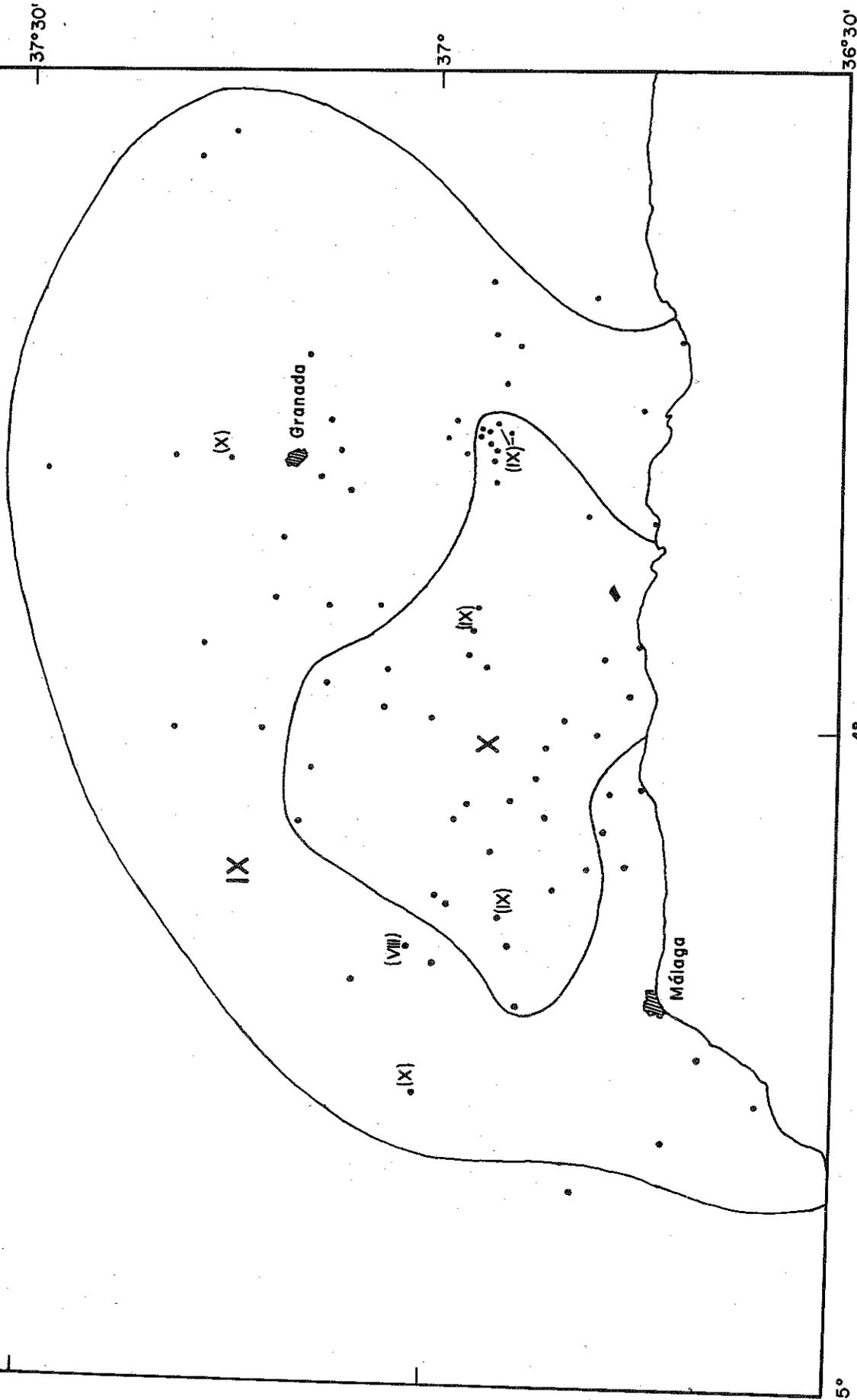


Figura 11.—Mapa de isosistas del terremoto del 25 de diciembre de 1884 elaborado a partir de los datos de C. Martínez (1885)

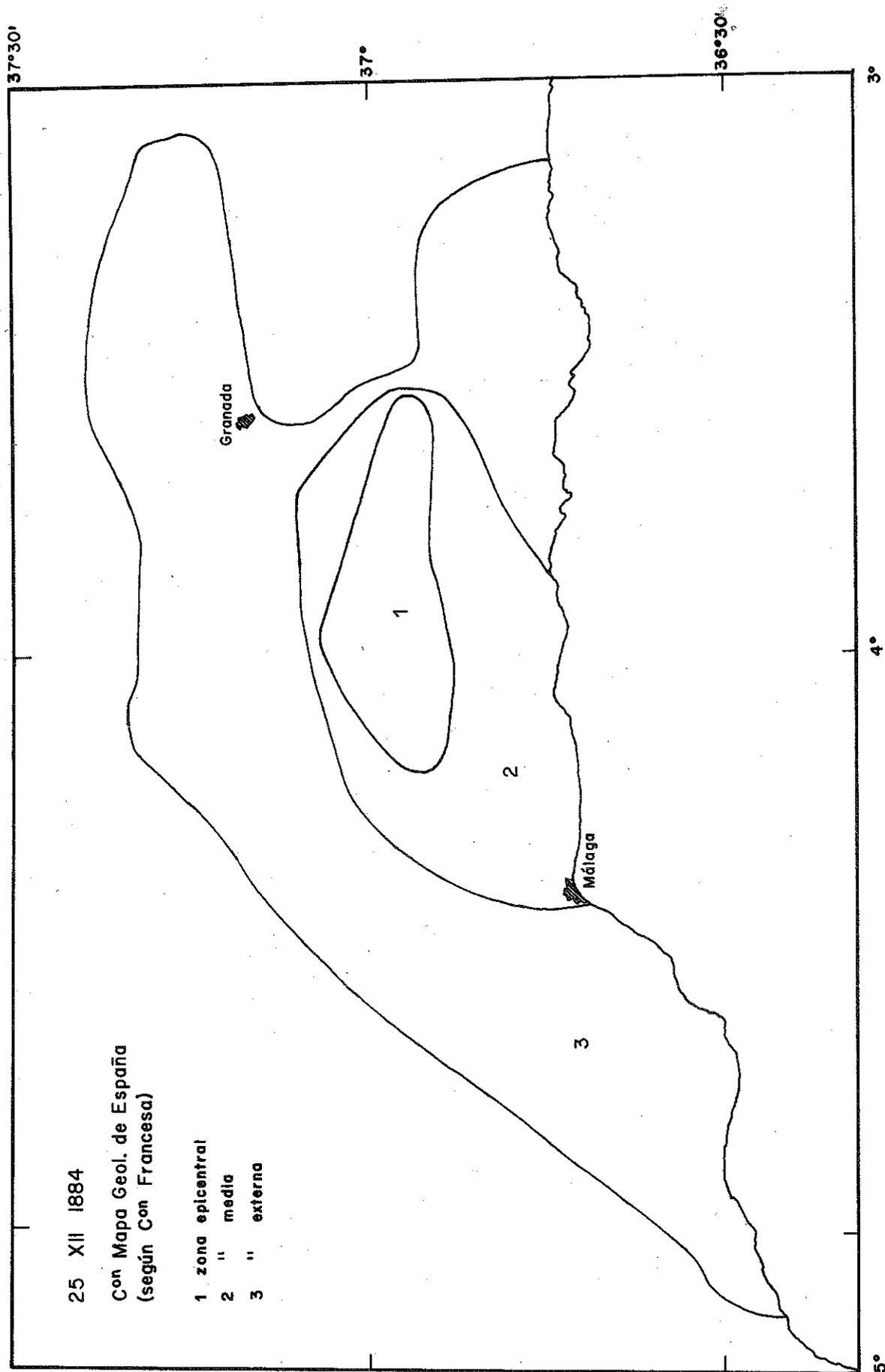


Figura 12.—Mapa de isosistas del terremoto del 25 de diciembre de 1884 elaborado por la Comisión francesa (Comisión del Mapa geológico de España, 1890)

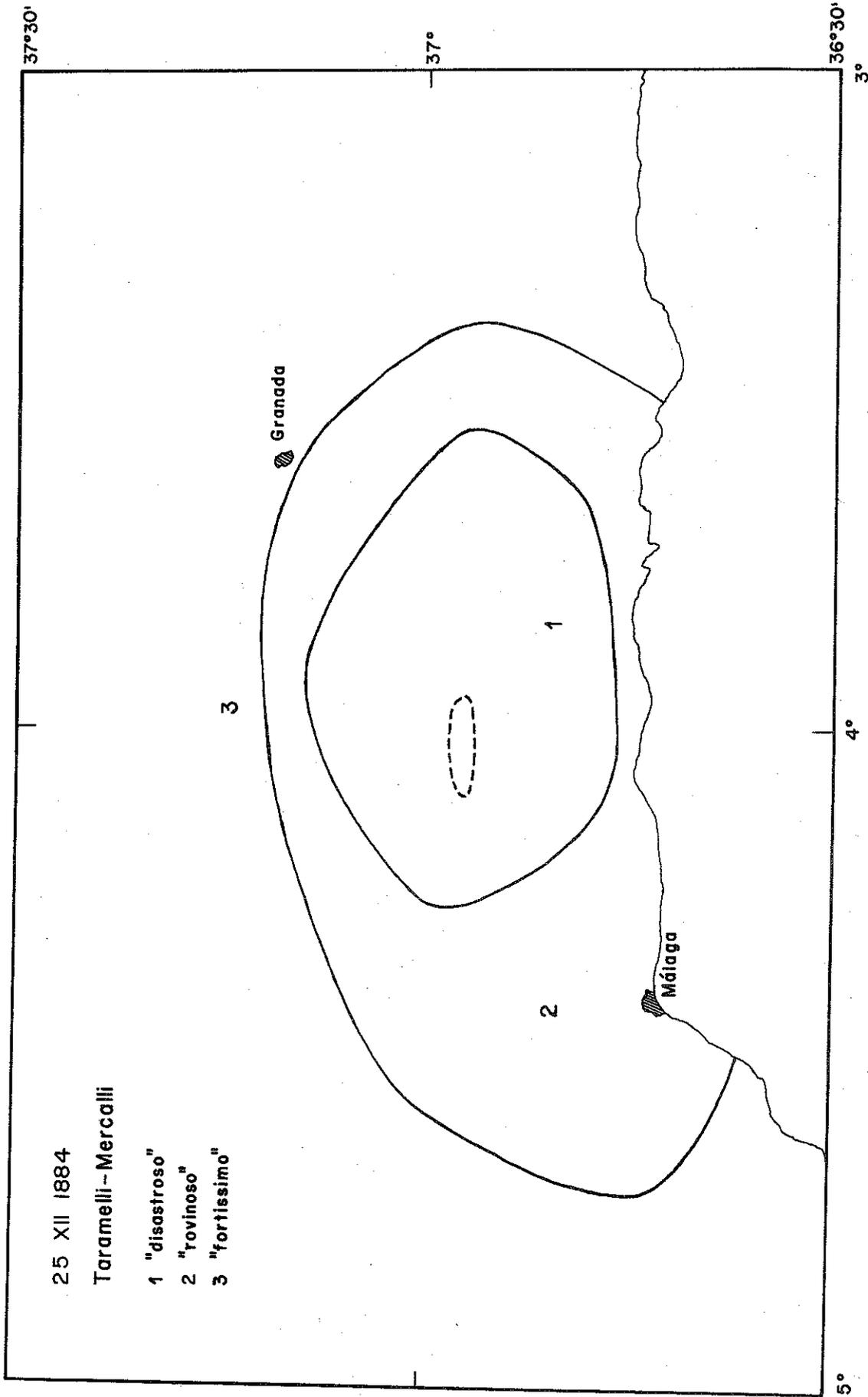


Figura 13.—Mapa de isosistas del terremoto de 25 de diciembre de 1884 (Taramelli y Mercalli, 1885)

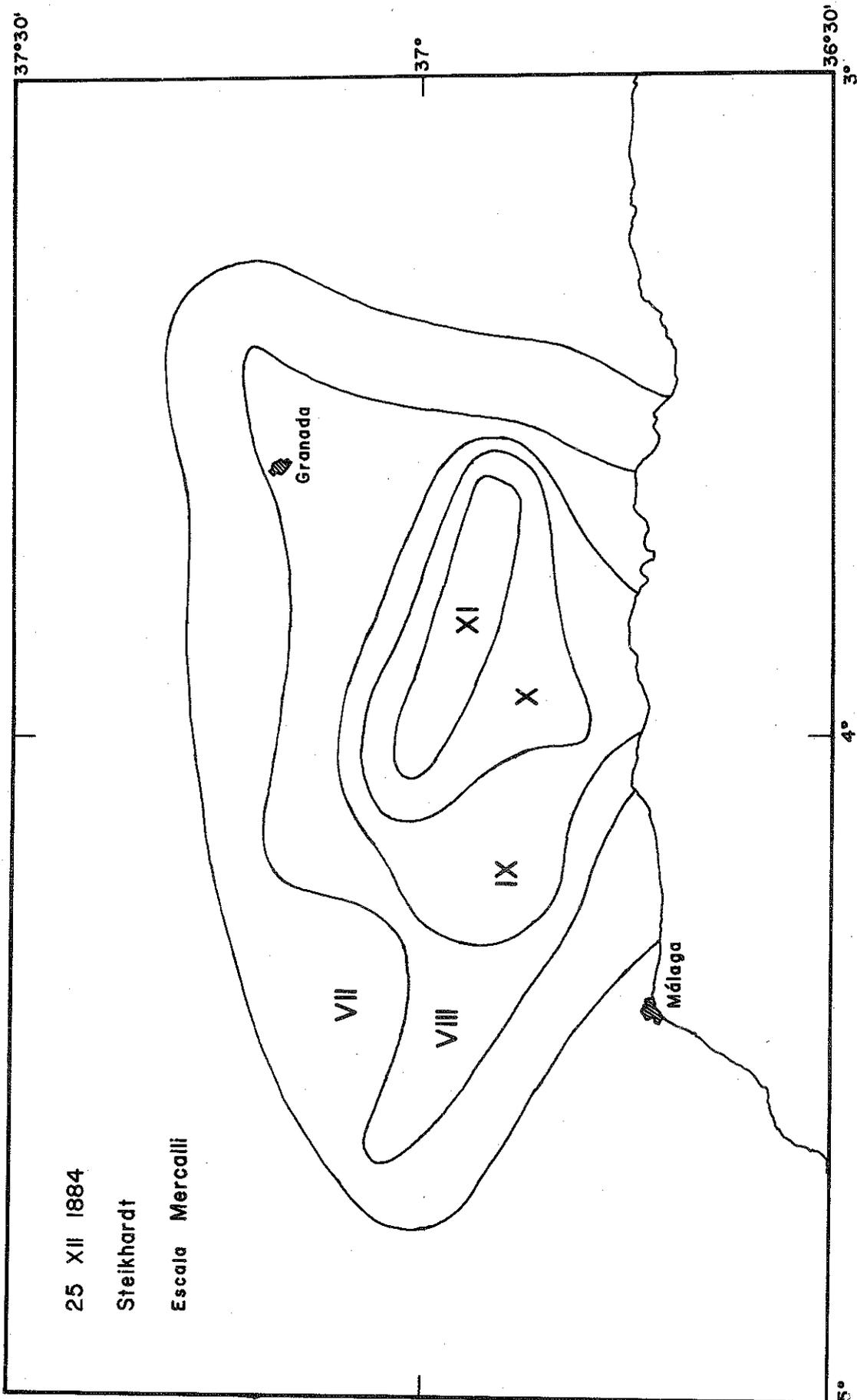


Figura 14.—Mapa de isosistas del terremoto de 25 de diciembre de 1884 (Steikhardt, Galbis, 1932)

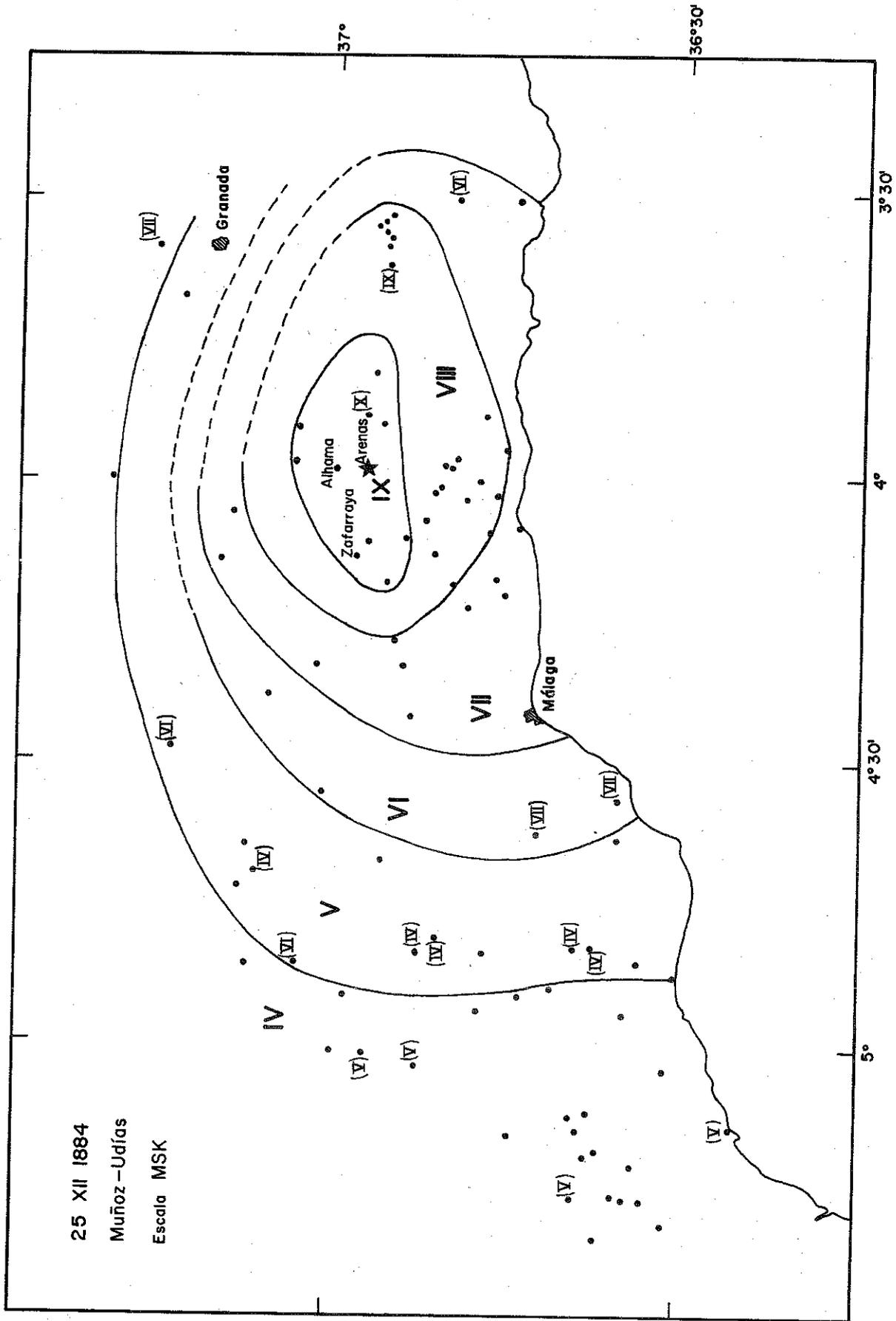


Figura 15.—Mapa de isosistas del terremoto del 25 de diciembre de 1884, evaluado a partir de los datos originales de los daños en las poblaciones representadas por un círculo

que rodea la región en la que se encuentra el epicentro. El límite de la región «fortissimo» tiene forma similar al de «rovinoso» y se extiende de Estepona a Almería pasando por Sevilla, Córdoba y Jaén. Este mapa se ajusta bastante bien con el obtenido en nuestro trabajo.

e) En época más reciente, 1931, aparece un mapa, figura 14, debido a Steikhardt, que asigna las intensidades según la escala Mercalli, estableciendo como intensidad máxima el grado XI. Consideramos que es un valor sobreestimado de la intensidad alcanzada en este terremoto ya que, si bien algunos pueblos sufrieron destrucción prácticamente total, hay que tener en cuenta el tipo de construcción, que era de calidad bastante pobre.

Debido a la variedad de escalas utilizadas en los mapas de isosistas y a la diversidad de criterios hemos creído necesaria la reevaluación de un nuevo mapa de isosistas basado en la escala MSK y utilizando toda la información posible. Hemos revisado los cuestionarios enviados a la zona afectada, inmediatamente después del terremoto, aunque desgraciadamente sólo hemos podido contar con los correspondientes a la provincia de Málaga, así como los informes de las comisiones destinadas a su estudio. Las intensidades asignadas a cada población vienen dadas en la tabla II. El mapa así obtenido está representado en la figura 15. Los puntos señalan las poblaciones en los que se ha determinado la intensidad, y los valores entre paréntesis aquellos que difieren del valor

TABLA II

IV. Algatocín, Almargen, Alpandeire, Ardales, Benahavís, Benalaurín, Benarraba, Burgo, Carratraca, Cartájima, Cortes de la Frontera, Faraján, Gaucín, Guaro, Humilladero, Igualeja, Istán, Jubrique, Monda, Montefrío, Parauta.	menar, Güevéjar, Iznate, Loja, Macharavialla, Málaga, Motril, Riogordo, Salar, Torre del Mar, Villanueva del Trabuco.
V. Atarfe, Cañete la Real, Casarabonela, Cuevas del Becerro, Estepona, Fuente de Piedra, Jimera de Líbar, Marbella, Mijas, Mollina, Ojén, Valle de Abdalagís.	VIII. Algarrobo, Archez, Arenas, Benamargosa, Béznar, Canillas de Aceituno, Canillas de Albaida, Cómputa, Chite, Frigiliana, Melegís, Murchas, Restábal, Salares, Saleres, Sayalonga, Sedella, Torrox, Vélez-Málaga, Viñuela.
VI. Antequera, Archidona, Campillos, Cuevas Bajas, Vélez de Benaudalla.	IX. Albuñuelas, Alcaucín, Alhama de Granada, Cacín, Jatar, Jayena, Periana, Santa Cruz de Alhama, Ventas de Zafarraya, Zafarraya.
VII. Benalmádena, Borge, Cártama, Casabermeja, Col-	X. Arenas del Rey.

asignado a la zona en que se encuentran. Hemos considerado la intensidad máxima IX asignando el valor X a Arenas del Rey que fue totalmente destruido.

Sobre el mapa de isosistas se han medido las distancias desde el epicentro a las isosistas, según las direcciones de máxima y mínima atenuación, norte y oeste y se han obtenido las curvas de atenuación, las cuales se han ajustado a las curvas teóricas dadas por la ley

$$I_0 - I = a \log \frac{\sqrt{x^2 + h^2}}{h} \quad [1]$$

Los valores obtenidos mediante este ajuste son  $a = 7$  y  $h$  comprendido entre 10 y 20 kilómetros.

Este coeficiente de atenuación es anormalmente alto según lo expuesto por varios autores, Erguin (1969), pero está de acuerdo con lo obtenido para otros terremotos de España por Muñoz et al. (1974). En la figura 16 se ha representado el par de valores  $(I, \Delta)$  para cada una de las poblaciones de la tabla II. Se observa una gran dispersión de los datos; aún así hemos ajustado por mínimos cuadrados un polinomio que viene dado por la curva reflejada en la fi-

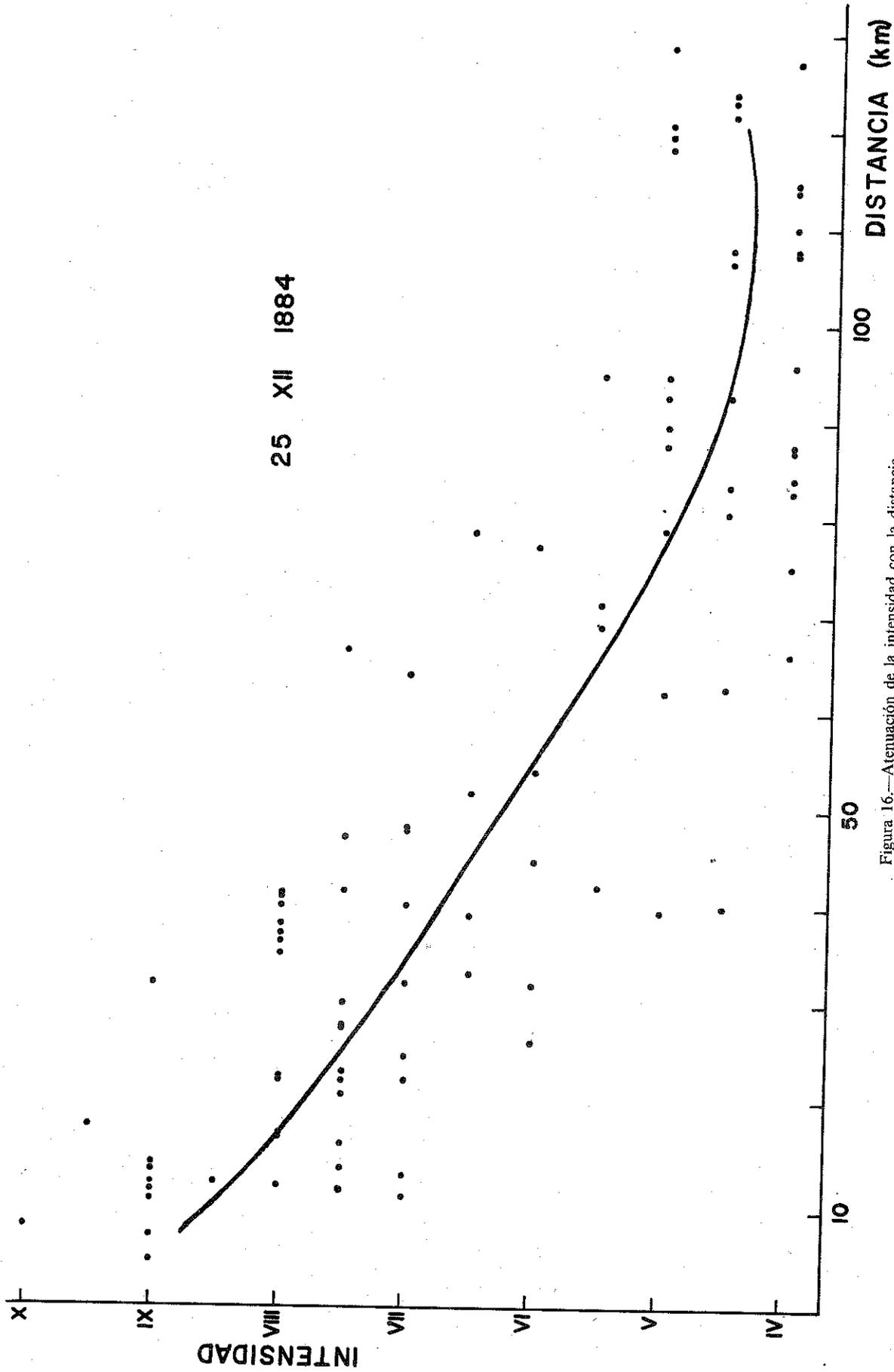


Figura 16.—Atenuación de la intensidad con la distancia

gura 16. Se deduce de este ajuste una atenuación más alta que la obtenida para distintas partes de Estados Unidos y más acorde con la obtenida para Irán, Chandra et al. (1979).

## 2.2. PARÁMETROS FOCALES

A pesar de no contar con datos instrumentales de este terremoto las descripciones de daños y efectos sobre el terreno, así como otras observaciones, permiten determinar con bastante exactitud algunos parámetros importantes del foco sísmico.

### *Tiempo origen*

El tiempo origen de este terremoto puede deducirse a partir de las horas en los relojes, en zonas cercanas al epicentro, que fueron parados por la agitación del suelo. Sin embargo, el estado absoluto de estos relojes no es conocido, con excepción del reloj del Observatorio Astronómico de San Fernando (Cádiz). Este reloj se detuvo por efecto de la vibración de la onda del terremoto, marcando exactamente  $20^h 43^m 54,5^s$ , hora solar media local, que en tiempo universal corresponde a  $21^h 08^m 43,8^s$ . La distancia del epicentro a San Fernando es, aproximadamente, 200 kilómetros. El reloj pudo detenerse a la llegada de la primera onda P o de la S. Los tiempos de recorrido de estas ondas desde la región epicentral a San Fernando, deducido de terremotos recientes de la misma zona, son  $35^s$  y  $65^s$  respectivamente. Lo más probable es que el reloj se parara con la llegada de la onda P, con lo que el tiempo origen sería  $21^h 08^m 09^s$ . Si el reloj se paró con la llegada de la onda S el tiempo origen sería treinta segundos antes. Esta incertidumbre hace que el tiempo origen no pueda darse con una exactitud mayor que el minuto.

### *Coordenadas de epicentro y profundidad*

Las coordenadas del epicentro pueden determinarse con cierta exactitud a partir de los datos macrosísmicos. Terramelli y Mercalli

(1885) en su informe, utilizando la convergencia de las direcciones de las sacudidas, determinan el epicentro dentro del área triangular formado por Ventas de Zafarraya, Alhama, Játar y la sierra Tejeda, y más concretamente, dentro de un área elíptica de 14 kilómetros en dirección este-oeste y tres o cuatro kilómetros en nortesur, que incluye los pueblos mencionados. Insisten estos dos autores en que la región focal, en este caso, no es circular sino alargada. Esta indicación parece que sugiere ya una fractura de dimensiones finitas como foco del terremoto en lugar de un punto.

A partir del mapa de isosistas revisado (figura 15) y usando como localización del epicentro el punto central del área de mayor daño se obtienen las coordenadas  $36^{\circ}57' N$  y  $3^{\circ}59' W$ .

La determinación de la profundidad del foco sísmico fue también hecha por Terramelli y Mercalli utilizando el método presentado por Mallet en el estudio del terremoto de Nápoles de 1857. Este método se basa en la medida del buzamiento de las grietas producidas por el terremoto en muros compactos o en el terreno a distintas distancias. La hipótesis subyacente al método es que las grietas se forman con una inclinación cuyo buzamiento es complementario al ángulo de emergencia de los rayos sísmicos. a pesar de que el método es de dudosa aplicación práctica, el resultado de la medida de Terramelli y Mercalli, que dan una profundidad de 12,3 kilómetros, proporciona un valor bastante razonable.

A partir del mapa de isosistas y la ecuación [1] obtenemos un valor para la profundidad del foco,  $h = 20$  kilómetros, que corresponde a un valor de  $a = 7$ . Para una atenuación menor, aunque no ajustan tan bien los datos de las intensidades observadas, el valor de  $h$  disminuye.

Podemos situar la profundidad del foco, salvando las dificultades para ajustarla con exactitud, entre 10 y 20 kilómetros.

### *Magnitud, momento y direcciones*

La intensidad máxima obtenida para este terremoto es de IX en la escala MSK. La región pleistosista ocupa una zona elíptica de unos 20 kilómetros en dirección E-W y 4 kilómetros

en N-S. En el pueblo de Arenas del Rey, que quedó totalmente destruido, la intensidad es posible que alcanzara el grado X. La magnitud deducida a partir del valor máximo de la intensidad, de acuerdo con la relación de Sponheuer (1960),

$$M = 6,67 I_0 + 1,7 \log_{10} h - 1,4$$

es de  $M = 6,8$ .

Otras relaciones dan valores más bajos, con lo que es posible que la magnitud esté en el rango  $6\frac{1}{2}$ - $6\frac{3}{4}$ . Si determinamos el momento sísmico a partir de estos valores obtenemos, de acuerdo con la relación de Brune (1968)

$$M_0 = \cdot 10^{25} - 10^{26} \text{ dinas} \cdot \text{cm}$$

Recientemente, Herrmann, et al. (1978), han dado una relación entre el área de la isosista de grado VI y el momento sísmico para terremotos del centro de Estados Unidos y de la región de California. A pesar de que la dispersión de los datos es bastante grande, el resultado para el terremoto de Andalucía, en el que  $A_{VI} = 2.26 \times 10^{14} \text{ cm}^2$ , tomando un valor medio de esta relación es de  $M_0 = 1.6 \times 10^{25} \text{ dinas} \cdot \text{cm}$ , que concuerda con el valor obtenido de la magnitud.

Las dimensiones de la fractura son difíciles de determinar en ausencia de datos instrumentales y de una clara ruptura en superficie de la falla. Si nos atenemos a la extensión de la región de intensidad máxima, la longitud de la falla sería de unos 20 kilómetros en dirección E-W. Las rupturas observadas en superficie alcanzan, en forma continuada, hasta tres kilómetros en dirección NE-SW, con otras en dirección WSW-ENE. Estas fracturas estaban distribuidas a lo largo de una zona de longitud entre 20 y 30 kilómetros en dirección E-W.

Otra fuente de información, sobre las dimensiones de la fractura de este terremoto, es la duración de la agitación del suelo en la región epicentral. Observadores dan esta duración entre quince y veinte segundos. Es difícil dar crédito a estas observaciones, en ausencia de cronómetros, sabiendo lo difícil que es estimar duraciones cortas. Si aceptamos estos valores, y consideramos que el terremoto es debido a

una sola fractura, que se propaga con velocidad de tres kilómetros por segundo, obtendríamos una longitud entre 40 y 60 kilómetros, doble del valor obtenido anteriormente, por lo que nos parece el valor de la duración exagerado.

Dada la complejidad geológica de la zona y la ausencia de fallas visibles de gran extensión podemos concluir que el movimiento en este terremoto no puede asignarse a una sola fractura, sino a todo un sistema de fallas y bloques a lo largo de la zona comprendida entre Zafarraya y Játar en la vertiente norte de sierra Tejeda.

Sin más datos que los macrosísmicos es difícil aventurar una hipótesis sobre el posible mecanismo de este terremoto. La elongación E-W de las isosistas parece indicar una fractura en esta dirección. La concentración de la zona de daños máximos y las fracturas en la superficie del terreno producidas por el terremoto apuntan a una profundidad menor de 20 kilómetros. No parece que se trate de una falla de desgaradura sino más bien de fracturas de movimiento vertical, aunque no se pueda precisar si se trata de una falla normal o invertida. La posición de la zona pleistosista al borde de la alineación WNW-ESE de la vertiente norte de las sierras de Alhama, Tejeda y Almirajara sigue bastante bien la alineación del contacto entre la zona Bética y Subbética en este área. No sería arriesgado asignar a esta zona de contacto, formada por mantos de corrimiento, el origen de este terremoto.

### 2.3. SERIE DE RÉPLICAS

El terremoto de 25 de diciembre de 1884 fue seguido de una larga serie de réplicas que duró aproximadamente un año y quizás más. Aunque la falta de datos instrumentales hace difícil reconstruir la lista de réplicas, esto se ha hecho a partir de los documentos de primera mano que se conservan.

La lista más completa es la que recogen Tarramelli y Mercalli (1885) en su informe, y que se extiende desde 24 de diciembre de 1884 hasta el 30 de enero de 1886. Esta lista está basada, principalmente, en las confeccionadas por el padre Eusebio Caballero, profesor de Ciencias

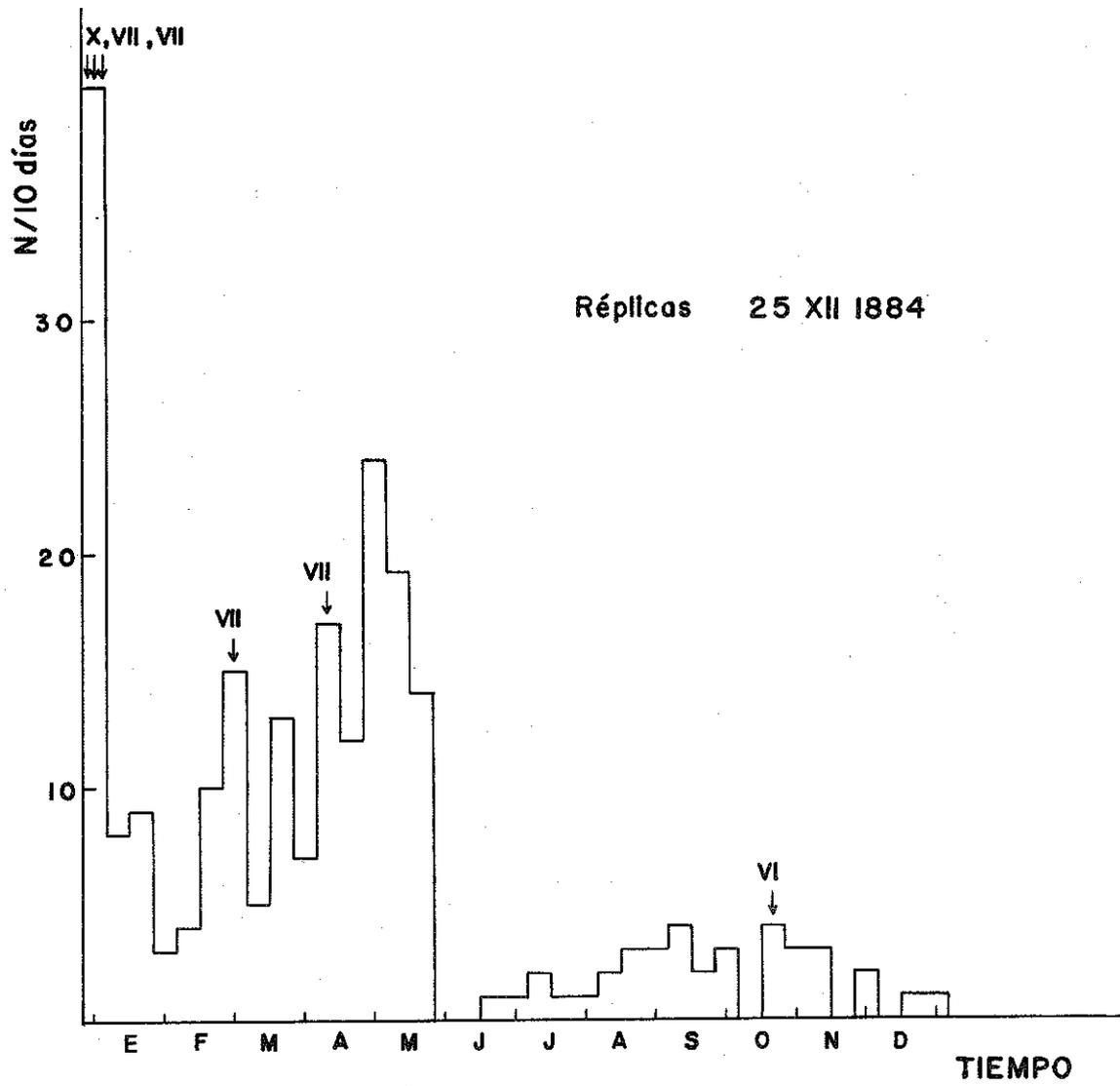


Figura 17.—Frecuencia de réplicas con el tiempo durante un año después del terremoto principal. Las flechas señalan la ocurrencia de las réplicas mayores

del Colegio de San Estanislao, El Palo, Málaga, y don Mario Jona, ingeniero del puerto de Málaga. Basándose en estas dos listas de observaciones la Comisión española en su informe da también una relación de las réplicas hasta el 9 de marzo de 1885, que está recogida en el catálogo de Galbis. Hemos consultado las listas existentes, que hemos mencionado, y además las contenidas en los informes macrosísmicos de la provincia de Málaga, entre ellos, en especial el cumplimentado por don Trinidad Moreno Godoy, maestro del pueblo de Periana, localidad muy cercana a Zafarraya.

En el apéndice A damos una lista completa, y en la tabla III una de las más importantes ( $I \geq VI$ ), basándonos principalmente en la de Tarramelli y Mercalli con algunas réplicas añadidas de otros autores, sobre todo en los primeros días después del terremoto principal (estas réplicas están señaladas con un asterisco) y con algunas correcciones en los tiempos origen. Los tiempos origen están dados con horas y minutos y se refieren a las horas locales en que fueron sentidos en Málaga. Es importante reseñar que para sus observaciones, don Mario Jona construyó tres sismómetros consistentes

TABLA III

Fecha	Hora	$I_0$
1884, Dic., 26	02 20	VI
1884, Dic., 30	18 45	VI
1885, Ene., 3	00 10	VI-VII
1885, Ene., 5	17 35	VI-VII
1885, Feb., 27	11 25	VII
1885, Mar., 25	02 33	V-VI
1885, Abr., 11	04 55	VI-VII
1885, Oct., 13	07 30	VI

en péndulos, dos horizontales y uno vertical, que al desplazarse por la llegada de una sacudida sísmica hacían sonar un timbre, con lo que se podía anotar la hora (ver apéndice C). Las réplicas hasta el 9 de marzo sentidas sólo por los aparatos están señaladas en el apéndice A con dos asteriscos. A partir de esta fecha no hemos logrado encontrar las observaciones originales de Mario Jona. A estas réplicas les hemos asignado intensidad III, aunque quizá sean de intensidad menor. A partir del 9 de marzo es posible que las réplicas que llevan el comentario de Tarramelli y Mercalli «ligerísima en Málaga» y «ligero en Málaga» se refieran también a que sólo se han sentido en los sismómetros.

La distribución de réplicas en el tiempo viene representada en la figura 17. Más de cuarenta réplicas se sintieron en los primeros diez días, aunque es posible que durante los mismos se sintieran muchas más de las señaladas en la lista del apéndice B. Esta lista es especialmente defectuosa para los primeros días al basarse,

principalmente, en las observaciones sentidas en Málaga. De los informes de la zona epicentral se deduce que durante la noche del 25 al 26 de diciembre se sintieron más de 20 réplicas, aunque sólo se precisan las horas de las más notables. La actividad disminuye después del primer mes, pero vuelve a aumentar a partir de la réplica del 27 de febrero y después de la del 11 de abril. Es interesante que este aumento continúe hasta el mes de mayo, durante el que se observan 37 réplicas, aunque todas ellas pequeñas. Después de este mes el número de réplicas disminuye drásticamente. Esta disminución brusca es posible que sea más bien efecto de la disminución del interés por reseñar los temblores sentidos, que un efecto real.

La relación de frecuencia-intensidad viene representada en la figura 18. La pendiente de la curva da un valor de 0,45. Teniendo en cuenta la relación entre intensidades máximas y magnitudes este valor corresponde, aproximadamente, a un valor de  $b = 0.67$ . Debido a la falta

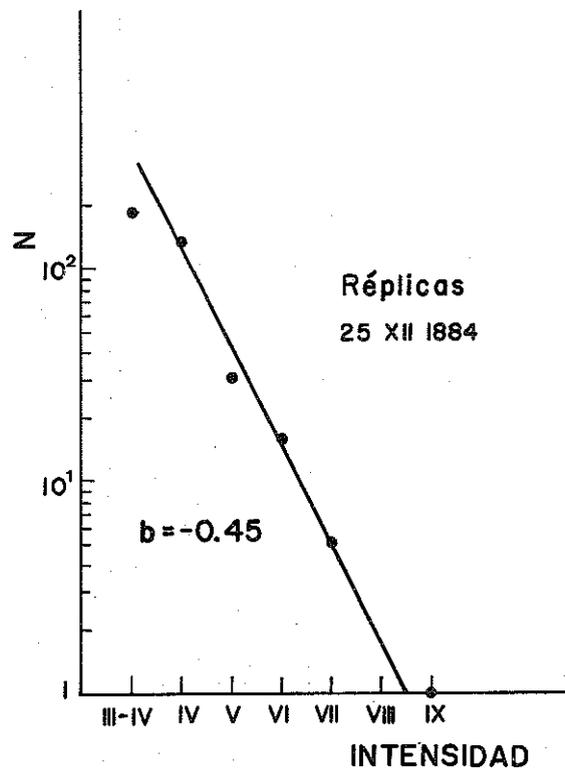


Figura 18.—Relación entre la frecuencia y la intensidad para la serie de réplicas

de datos no podemos sacar más conclusiones de este parámetro, que resulta bajo para una serie de terremotos del tipo sismo principal-réplicas. La réplica mayor fue la del 27 de febrero, de intensidad máxima VII.

#### *Conclusiones*

Una revisión de todos los datos disponibles sobre el terremoto de Andalucía del 25 de diciembre de 1884 conduce a las siguientes conclu-

siones: las coordenadas epicentrales aproximadas son 36°57' N, 3°59' W; hora origen 21<sup>h</sup>08<sup>m</sup>; profundidad focal entre 10 y 20 kilómetros; intensidad máxima IX, que corresponde a una magnitud 6,7-7.

El terremoto se originó en una zona de debilidad al norte de sierra Tejada, orientada en dirección este-oeste y de 20 kilómetros de longitud aproximadamente. No está asociado a una sola falla sino a una serie de fracturas conjugadas y bloques en un área geológicamente complicada.



## APENDICE A

### REPLICAS DEL TERREMOTO DE 25 DE DICIEMBRE DE 1884

Año	Mes	Día	Hora	Minutos	Intensidad (MKS)	COMENTARIOS
1884	12	25	02	—	—	Sentido en Zafarraya
1884	12	25	20	25	IX	Terremoto principal
1884	12	25	21	20	IV	Ligero pero sensible en Palo, Málaga
1884	12	25	21	35	IV	Ligero en Málaga, Canillas de Aceituno
1884	12	25	22	10	V	Málaga, Granada, Dúrcal, Canillas
*1884	12	25	22	30	IV	Granada y Málaga
1884	12	25	23	25	III	—
1884	12	25	23	40	V	Muy sensible, Málaga y Granada
*1884	12	26	00	—	III	Ligero en Canillas
*1884	12	26	01	00	II	—
1884	12	26	02	00	III	Ligero en Palo
1884	12	26	02	30	VI	Bastante intenso en Palo. Notable
*1884	12	26	03	00	III	—
*1884	12	26	04	—	III	—
*1884	12	26	05	30	III	—
1884	12	26	06	30	III	Fuerte en Periana, ligero en Palo y Estepona
1884	12	26	10	03	III	—
1884	12	26	11	00	III	Débil en Granada
1884	12	26	14	57	III	Débil en Palo y Granada
1884	12	26	17	32	III	Débil en Palo y Granada
1884	12	27	15	30	III	Débil en Málaga
1884	12	28	00	10	III	Débil en Málaga
1884	12	29	07	25	III	Débil en Palo
1884	12	29	20	00	III	Débil en Granada
1884	12	29	21	15	III	Débil en Málaga
1884	12	30	18	43	VI	Fuerte en Málaga, Vélez
1884	12	30	20	30	III	Ligero en Palo
1884	12	30	22	31	III	Ligero en Málaga
**1884	12	31	14	15	III	Ligero en Málaga
1884	12	31	16	35	III	Ligero en Málaga
1884	12	31	21	05	III	Ligero en Málaga
1885	1	1	02	25	III	Ligero en Málaga
*1885	1	1	05	25	III	Ligero en Málaga
1885	1	1	14	15	III	Ligero en Palo
**1885	1	1	22	10	III	Ligero en Málaga
**1885	1	3	00	05	VI-VII	Bastante fuerte en Málaga, daños en Alhama
1885	1	3	07	50	III	Ligero en Granada
1885	1	3	14	45	III	Ligero en Málaga
1885	1	3	19	20	V	Bastante intenso en Palo
**1885	1	4	14	25	III	Ligero en Palo
**1885	1	4	15	15	III	Ligero en Palo

Año	Mes	Día	Hora	Minutos	Intensidad (MKS)	COMENTARIOS
1885	1	5	17	35	VI-VII	Intenso en Granada, daños en zona epicentral. Notable
1885	1	5	20	35	IV	Sensible en Málaga
1885	1	7	15	26	III	Ligero en Málaga
1885	1	10	23	30	III	Málaga, muchos repetidos en el día
1885	1	11	06	00	III	Ligero en Málaga
1885	1	12	05	45	III	Muy ligero en Palo
1885	1	12	19	48	V	Sensible en Málaga
1885	1	14	23	20	III	Ligero en Málaga
1885	1	16	08	—	III	Sensible en Granada
1885	1	17	17	—	III	Sensible en Granada
1885	1	19	01	45	III	Ligero en Málaga
1885	1	21	03	10	III	Ligero en Málaga
1885	1	21	23	20	V	Bastante intenso en Palo
1885	1	22	19	17	III	Ligero en Palo
1885	1	23	06	50	III	Ligero en Málaga
**1885	1	23	07	20	III	Ligerísimo en Málaga
**1885	1	23	07	50	III	Ligerísimo en Málaga
1885	1	26	03	50	III	Ligero en Málaga
1885	1	26	22	30	III	Ligero en Palo
1885	1	27	10	15	III	Ligero en Palo
**1885	2	9	13	20	III	Ligerísimo en Málaga
**1885	2	13	02	15	III	Ligerísimo en Málaga
**1885	2	13	04	15	III	Ligerísimo en Málaga
1885	2	13	21	45	III	Ligerísimo en Málaga
1885	2	14	19	45	III	Ligero en Palo
1885	2	15	—	—	III	Sentido en Granada
1885	2	18	07	10	III	Málaga
1885	2	19	13	10	III	Pronunciado en Málaga, ligero en Palo
1885	2	20	06	15	III	Sentido en Málaga
1885	2	20	06	50	III	Ligero en Palo
1885	2	21	21	03	III	Palo
1885	2	21	21	35	III	Málaga
1885	2	21	23	00	IV	Algo intenso en Palo, pronunciado en Málaga
1885	2	22	09	35	III	Ligero en Málaga
1885	2	23	10	20	III	Muy ligero en Palo
1885	2	24	00	10	III	Ligerísimo en Málaga
1885	2	24	06	30	III	Ligero en Málaga
1885	2	25	01	50	III	Ligero en Málaga
1885	2	25	02	55	III	Ligero en Málaga
1885	2	26	09	20	V	Bastante intenso en Palo
**1885	2	26	16	35	III	Ligero en Málaga
1885	2	26	20	10	III	Ligero en Málaga
1885	2	27	11	25	VII	Muy fuerte en todo el área. Daños, los más fuertes después del principal
1885	2	28	09	20	III	Ligero en Málaga
**1885	2	28	16	50	III	Muy ligero en Málaga
1885	3	1	09	10	III	Ligero en Málaga
1885	3	1	13	05	III	Ligero en Málaga
**1885	3	2	09	55	III	Ligero en Málaga
**1885	3	2	11	15	III	Ligero en Málaga
**1885	3	2	13	30	III	Ligero en Málaga
1885	3	8	04	08	IV	Sensible en Málaga

Año	Mes	Día	Hora	Minutos	Intensidad (MKS)	COMENTARIOS
**1885	3	8	06	55	III	Ligerísimo en Málaga
**1885	3	9	08	05	III	Ligerísimo en Málaga
1885	3	10	21	40	III	Ligerísimo en Málaga
1885	3	15	22	45	III	Ligerísimo en Málaga
1885	3	16	10	10	III	Ligerísimo en Málaga
1885	3	18	22	20	III	Ligerísimo en Málaga
1885	3	19	06	35	III	Sensible en Málaga
1885	3	21	09	05	III	Ligero en Palo
1885	3	21	11	10	III	Ligero en Palo
1885	3	21	16	10	III	Ligero en Palo
1885	3	23	11	15	III	Ligero en Palo
1885	3	23	13	10	III	Ligero en Palo
1885	3	24	10	15	III	Muy ligero en Palo
1885	3	24	21	20	IV	Bastante intenso en Palo
1885	3	24	22	15	IV	Bastante intenso en Palo
1885	3	25	02	33	V	Intenso en Palo, sentido en Málaga
1885	3	26	10	30	IV	Algo intenso en Palo
1885	3	29	03	10	V	Bastante intenso en Palo, ligero en Málaga
1885	3	29	13	45	III	Ligero en Palo
1885	3	30	02	38	IV	Algo intenso en Palo
1885	4	2	22	15	V	Bastante intenso en Palo y en Málaga
1885	4	3	06	45	III	Algo fuerte
1885	4	4	15	35	III	Ligero en Palo
1885	4	5	23	45	III	Ligerísimo en Málaga
1885	4	6	01	05	III	Ligerísimo en Málaga
1885	4	6	01	50	III	Ligerísimo en Málaga
1885	4	6	02	45	III	Ligerísimo en Málaga
1885	4	6	13	30	IV	Algo intenso en Palo
1885	4	7	05	20	III	Sensible en Málaga
1885	4	7	17	24	III	Algo intenso en Palo
1885	4	8	07	05	III	Ligerísimo en Palo
1885	4	8	07	35	III	Ligerísimo en Málaga
1885	4	9	19	50	III	Ligerísimo en Málaga
1885	4	9	20	20	III	Ligerísimo en Málaga
1885	4	11	04	55	VI-VII	Muy fuerte en todo el área, daños en Vélez-Málaga
1885	4	11	07	20	III	Ligero en Palo
1885	4	11	08	55	III	Muy ligero en Palo
1885	4	11	09	50	III	Muy ligero en Palo
1885	4	13	14	05	III	Muy ligero en Palo
1885	4	13	17	53	III	Muy ligero en Palo
1885	4	15	10	15	III	Ligero en Palo
1885	4	15	13	40	III	Ligero en Palo
1885	4	15	22	10	III	Ligero en Palo
1885	4	16	02	47	III	Ligero en Palo
1885	4	16	07	15	III	Ligero en Palo
1885	4	16	13	15	III	Ligero en Palo
1885	4	17	10	28	IV	Algo intenso en Palo
1885	4	19	13	29	IV	Algo intenso en Palo
1885	4	19	19	33	III	Ligero en Palo
1885	4	19	21	35	III	Muy ligero en Palo
1885	4	23	23	00	III	Ligero en Palo
1885	4	24	23	33	III	Ligero en Palo

Año	Mes	Día	Hora	Minutos	Intensidad (MKS)	COMENTARIOS
1885	4	27	13	15	III	Ligero en Palo
1885	4	28	03	15	V	Bastante intenso en Palo, ligero en Málaga
1885	4	28	04	50	III	Ligero en Palo, muy ligero en Málaga
1885	4	28	05	20	III	Ligerísimo en Málaga
1885	4	28	06	05	III	Ligerísimo en Málaga
1885	4	28	11	54	III	Ligero en Palo
1885	4	29	15	45	V	Algo intenso en Palo, muy sensible en todo el área
1885	4	29	16	20	III	Menos que el anterior
1885	4	29	17	00	III	Menos que el anterior
1885	4	30	10	00	III	Ligero en Palo
1885	4	30	13	00	III	Ligero en Palo
1885	4	30	13	15	III	Ligero en Palo
1885	4	30	14	00	III	Ligero en Palo
1885	5	1	11	00	III	Ligero en Palo
1885	5	1	13	00	III	Ligero en Palo
1885	5	1	14	15	III	Ligerísimo en Palo
1885	5	1	16	30	III	Ligerísimo en Palo
1885	5	3	04	35	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	3	06	10	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	4	03	50	III	Ligero en Palo
1885	5	4	08	07	III	Ligero en Palo
1885	5	4	14	30	III	Muy ligero en Palo
1885	5	4	15	—	III	Muy ligero en Palo
1885	5	5	07	49	IV	Algo intenso en Palo
1885	5	8	09	—	III	Ligero en Palo
1885	5	8	20	40	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	8	21	10	III	Sensible en Málaga
1885	5	8	21	25	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	8	23	05	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	9	01	20	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	9	04	20	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	9	04	50	III	Sensible en Málaga
1885	5	9	05	55	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	9	09	30	III	Ligero en Palo
1885	5	9	06	35	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	9	07	05	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	11	11	00	III	Ligero en Palo
1885	5	11	11	45	III	Ligero en Palo
1885	5	12	08	15	III	Sensible en Málaga
1885	5	13	13	20	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	13	14	50	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	15	05	10	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	17	06	15	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	17	21	30	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	18	03	05	III	Sensible en Málaga
1885	5	18	04	15	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	19	00	45	IV	Bastante sensible en Málaga, Granada
1885	5	19	22	30	III	Ligero en Ventas
1885	5	22	07	54	III	Ligero en Palo
1885	5	22	17	50	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	23	00	27	III	Ligerísimo en Málaga
1885	5	23	08	29	III	Ligero en Palo

Año	Mes	Día	Hora	Minutos	Intensidad (MKS)	COMENTARIOS
1885	5	23	11	04	III	Ligero en Palo
1885	5	23	15	52	IV	Algo intenso en Palo
1885	5	23	17	20	III	Muy ligero en Palo
1885	6	18	12	54	III	Ligero en Palo
1885	6	21	20	53	III	Ligero en Palo
1885	7	4	04	30	III	Ligerísimo en Málaga
1885	7	7	09	—	III-IV	Algo intenso en Palo
1885	7	13	21	15	III-IV	Algo intenso en Palo
1885	7	29	14	54	III-IV	Algo intenso en Palo
1885	8	9	04	55	III-IV	Algo intenso en Palo
1885	8	11	01	30	V	Bastante intenso en Palo
1885	8	16	23	45	III	Ligerísimo en Málaga
1885	8	17	02	30	III	Ligerísimo en Málaga
1885	8	17	03	35	III	Ligerísimo en Málaga
1885	8	28	14	30	V	Bastante intenso en Palo
1885	8	31	17	15	III	Ligero en Palo
1885	8	31	21	—	III	Ligerísimo en Málaga
1885	9	2	17	50	III	Ligero en Málaga
1885	9	3	06	45	III	Ligero en Málaga
1885	9	4	05	30	III	Ligero en Málaga
1885	9	9	11	20	III	Ligero en Málaga
1885	9	12	05	20	III	Ligero en Málaga
1885	9	19	18	02	III	Ligero en Palo
1885	9	21	23	—	III	Ligero en Málaga
1885	9	23	11	45	III	Ligero en Málaga
1885	9	28	06	40	III	Ligero en Málaga
1885	10	13	05	—	III	Ligero en Málaga
1885	10	13	07	30	V	Bastante fuerte en Málaga y Granada
1885	10	14	17	30	III	Ligero en Málaga
1885	10	16	04	30	III	Ligero en Málaga
1885	10	23	04	—	III	Ligero en Málaga
1885	10	26	12	20	III	Ligero en Málaga
1885	10	28	05	30	III	Ligero en Málaga
1885	11	1	12	40	III	Ligero en Málaga
1885	11	1	13	55	III	Ligero en Málaga
1885	11	1	14	30	III	Ligero en Málaga
1885	11	30	00	10	III	Ligero en Málaga
1885	11	30	02	—	III	Ligero en Málaga
1885	12	12	06	—	III	Ligero en Málaga
1885	12	29	03	30	III	Ligero en Málaga



## APENDICE B

### CORRECCIONES A LOS TERREMOTOS DEL AÑO 1885 DEL CATALOGO DE GALBIS

La revisión de la lista de las réplicas ha llevado a las siguientes correcciones a los terremotos reseñados por el catálogo de Galbis (1932) para la región de Granada-Málaga en el año 1885. La mayoría de estos terremotos están tomados del catálogo de Navarro-Neumann (1920). Este autor toma alguna de ellas directamente del catálogo de Milne (1911).

Milne divide los sismos en tres grados, de menor a mayor intensidad. La descripción de estos grados y su equivalencia con la escala MSK es la siguiente:

I. Intensidad suficiente para agrietar paredes, romper chimeneas, destruir edificios viejos y producir pequeñas fracturas en el suelo. MSK: VI.

II. Edificios pierden el tejado, son agitados y algunos caen, el suelo se ve agrietado en muchos sitios y se producen pequeños corrimientos de tierra. MSK: VII-VIII.

III. Destrucción de ciudades y devastación de distritos; fracturas y fisuras en el terreno y frecuentes corrimientos de tierra. MSK: IX-XII.

\* 1.038. 30 diciembre 1884, tembló la tierra en Granada (réplica del terremoto de 25 diciembre). Se refiere a la réplica del 30 de diciembre 1884. Sentido fuerte en Málaga, Granada, etcétera,  $I_0 = VI$ .

1.039. 31 diciembre, tembló la tierra en Vélez Málaga y Torrox (Málaga) y Albuñuelas (Granada). Grado II (Milne).

Este terremoto sacado del catálogo de Milne es un error. Este día sólo hubo réplicas sentidas ligeramente en Málaga, que no puede ser de grado II de Milne.

1.040. 1 enero 1885, hubo un terremoto en Vélez Málaga, Torrox, Albuñuelas, Nerja. Grado II (Milne). Todas las réplicas de este día

se sintieron ligeramente en Málaga, por lo tanto no puede ser ninguno grado II.

\* 1.041. 5 enero, se sintió un terremoto en Nerja y Frigiliana (Málaga). Grado II (Milne). Probablemente es la réplica del mismo día, 17<sup>h</sup> 35<sup>m</sup>. Intenso en Granada y toda la zona epicentral.  $I_0 = VI$ . El grado II es pues excesivo.

1.042. 12 enero, temblor de tierra en Málaga y Granada. Grado I (Milne). Este día sólo hubo una réplica a las 19<sup>h</sup> 48<sup>m</sup>. Sensible en Málaga con  $I_0 = V$ . No creemos que llegase a grado I.

1.043. 27 enero, terremoto en los confines entre Málaga y Granada, fuerte en Alhama de Granada. Se cayeron casas, murió una persona y dos fueron heridas.

Este día no hubo ninguna réplica notable, sólo una muy ligera, por lo tanto es posible que este terremoto esté confundido con la réplica fuerte de 27 de febrero, 11<sup>h</sup>.

1.046. 8 febrero, terremoto en Málaga y Los Melones. Grado I (Milne).

En este día no figura ninguna réplica sentida en Málaga, se trata, por lo tanto, de un error de Milne.

1.048. 14 febrero, tembló la tierra por la tarde en Granada y Vélez-Málaga.

Sólo se sintió un pequeño temblor a las 19<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>.

1.050. 21 febrero, tembló la tierra en Loja y Alhama. Grado II (Milne).

Sólo se sintieron tres réplicas, todas ellas pequeñas, a las 21<sup>h</sup> 03<sup>m</sup>, 21<sup>h</sup> 35<sup>m</sup> y 23<sup>h</sup>.

\* 1.051. 29 febrero, ocurrieron temblores de tierra en Granada, Loja, Alhama y otros distritos próximos a sierra Tejada. En la provincia de Granada se cayeron varias casas ya resentidas a causa de terremotos anteriores.

Naturalmente 1885 no fue un año bisiesto, este terremoto debe ser la réplica más fuerte del 27 de febrero, 11<sup>h</sup> 25<sup>m</sup>,  $I_0 = VII$ .

1.052-1.054. 5-6 abril, tembló la tierra en Vélez-Málaga y en Antequera. Grado II (Milne).

El día 5 hubo una réplica pequeña (ligerísimo en Málaga) a las 23<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>. El día 6 tres réplicas pequeñas, 01<sup>h</sup> 05<sup>m</sup>, 01<sup>h</sup> 50<sup>m</sup>, 02<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> y una un poco mayor a las 13<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>, «sentido algo intenso en Palo (Málaga)».

\* 1.055. 11 abril, a primera hora de la mañana se sintieron sacudidas sísmicas más o menos violentas en Vélez-Málaga, Antequera y Motril y en el mismo Granada y pueblos de los alrededores. Hubo gran pánico, pero no ocasionó daños en edificios ni en personas. El vecindario se fue al campo y no quería regresar a las casas.

Se trata de la réplica fuerte de las 04<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> de  $I_0 = VI-VII$  sentida en toda la zona y con daños en Vélez-Málaga.

1.057. 1 mayo, varias sacudidas sísmicas en Málaga.

Se sintieron por lo menos cuatro réplicas en ese día, sentidas en Málaga, pero con centro en la zona en Alhama y todas ellas pequeñas.

1.058. 14 mayo, varias sacudidas sísmicas en Málaga.

Este día no se sintió en Málaga ninguna réplica, es probablemente un error.

1.059. 13 julio, por la noche ocurrió un sismo en Málaga y Vélez-Málaga que no causó daños.

Se puede tratar de la réplica de las 21<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> sentida «algo intensa en Palo», probable  $I_0 = III-IV$ .

\* 1.063. 13 octubre, a las 17<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> ocurrió en Granada, Loja y otros puntos un sismo acompañado de ruido subterráneo.

Se trata de la réplica de las 07<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> sentida bastante fuerte en Málaga y Granada,  $I_0 = VI$ . Hay pues un error en la hora.

1.065. Noviembre. En la segunda quincena

de este mes ocurrió un sismo en Vélez-Málaga que se sintió en toda la costa próxima a Málaga y hasta la costa de enfrente de Africa y en la provincia de Granada (Alhama).

En la lista de Mercalli sólo se mencionan en este mes tres réplicas el día 1 y dos el día 30, sentidas muy débilmente en Málaga. No se explica este sismo. En la referencia de Navarro-Neumann éste lo toma de Milne, grado I, y añade que es probablemente de origen africano. Puede tratarse de los sismos de Argel de los días 3, 4, 5 y 6 de diciembre.

1.071. 25 diciembre. Gran sismo en Andalucía sentido débilmente en los observatorios de Coimbra y Lisboa.

Este sismo aparece corregido por él mismo en la primera parte del apéndice que figura al final del tomo I.

En conclusión, creemos que sólo se deben mantener de la lista de Galbis los números marcados con un asterisco y con las correcciones indicadas. Estos corresponden a las réplicas más notables dadas en la tabla III, con la excepción de las de 26 de diciembre, 3 de enero y 25 de marzo que no están incluidos en dicha lista. Estas correcciones se deben aplicar también al catálogo de Navarro-Neumann, que aceptó sin demasiada crítica los datos sobre los terremotos en España del catálogo de Milne, siendo correcto su comentario «aunque muchas de las réplicas (del terremoto del 25 de diciembre de 1884) fueron violentísimas, la cifra II dada por Milne a varias es exagerada y muchas de las de I no merecen figurar como destructores». Su catálogo no recoge, sin embargo, la mayor de las réplicas, 27 de febrero, que quizá Milne puso erróneamente el 27 de enero con grado II, sin caer en la cuenta de este error.

## APENDICE C

### SISMOMETRO CONSTRUIDO POR DON MARIO JONA

La fuente más importante de la lista de réplicas son las observaciones realizadas por Mario Jona en Málaga con los «sismógrafos» contruidos por él mismo para este efecto y que describe en la hoja de observaciones del cuestionario. Por lo curioso e ingenioso del caso hemos considerado interesante reproducir aquí la descripción que da de sus aparatos (\*):

«He montado 3 aparatos (permitaseme la inmodestia de llamarlos así, por ser contruidos provisionalmente y con los medios que estaban a mi alcance en el premier momentos, sin los ausilios necesarios mecánicos, aprovechando al fin un aparato telefónico) de los cuales dos son péndulos verticales y el tercero un doble sistema de básculas horizontales.

Los dos péndulos son de alambre de hiero de  $\frac{1}{2}$  m/m de diametro por 3 metros de largo (alto) colgados a unos pescantes de madera de 15 m/m de diam: por 250 m/m de largo fijos por una estremidad al muro principal de la habitación.

Cada péndulo lleva un peso de proximamente 5 kilos suspendido a su estremidad inferior, al fin de mantenerlo por cuanto possible fijo en posicion vertical.

Estos péndulos puestos en la mas débil oscilación cierran un conductoelectrico fijado próximamente a  $\frac{1}{4}$  parte de la altura del alambre de abajo arriba, y hace funcionar una soneria eléctrica, la cual al mismo tiempo está junta a un reloj de cuadrante giratório, dejando fijada automaticamente la hora en que ha habido la oscilación.

Uno de estos pendulos tiene la interrupcion de contacto tan minima sensible y contruida de tal manera oscilante, que no deberia dejar inobservada las mas pequeñas vibraciones del muro en que estan fijados.

El segundo, además de un contacto analogo, lleva un pantografo establecido sobre una meseta fija en el muro lateralmente al péndulo.

(\*) Un esquema gráfico de estos aparatos está representado en la figura 19.

Uno de los brazos del pantografo está unido al alambre del péndulo, la otra lleva una punta de lapiz que traza, sobre un cuadrante de papel orientado segun la linea meridiana, todos los movimientos que le vienen impulsados por el mas leve movimiento sea de la meseta sea del pendulo mismo.

Este segundo péndulo no tiene por objetivo indicar las amplitudes de las oscilaciones, sino mas bien su direccion con respeto al meridiano.

El tercer aparato está destinado a señalar las vibraciones verticales o susultorias que los dos primeros dejaban inobservadas.

Está compuesto de dos basculas cada una de brazos disuguales (al fin de obtener oscilaciones non simetricas) puestas horizontalmente en sentido contrario, con los brazos mas largos resguardandose, están en balance muy suave sobre dos apoyos afilados fijos en el muro principal, y equilibrados horizontalmente por medio de dos contrapesos colgados a los brazos mas cortos de las básculas.

Las estremidades que se resguardan llevan dos resortes horizontales muy finos que pueden tocarse desde que se rompe el equilibrio de horizontalidad por efeto de oscilaciones, y tocandose cieran tambien el conducto electrico dejando señalada la oscilación.

La sensibilidad de movimiento (pues basta  $\frac{1}{2}$  m/m de oscilacion en la estremidad por constituir el contacto) está obtenida por medio de dos largos resortes de espirales elicoidales de alambre de acero muy fino que llevan colgados los contrapesos.

Las vibraciones del muro por efectos seismicos no pueden ser trasmitidas a los contrapesos sino por intermedio de las espirales las cuales alargandose o restriñendose bajo el impulso recibido ponen en oscilacion las dos basculas y cierran el conducto que hace funcionar la campañilla marcando la oscilación».

Malaga 23 de Febrero 1885.

Fdo.: Mario Jona.

Calle Pescadería n.º 26 y 27.

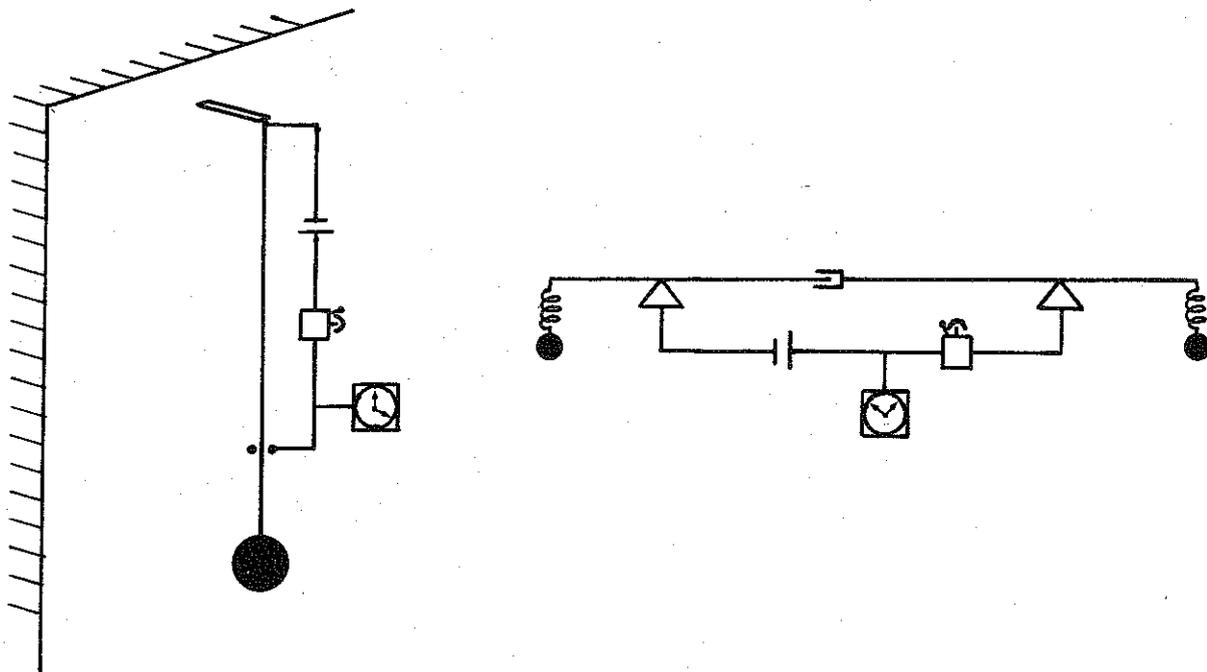


Figura 19.—Esquema de los «sismómetros» contruidos por M. Jona en Málaga para registrar las sacudidas horizontales y verticales de las réplicas del terremoto de Andalucía

## BIBLIOGRAFIA

- AGAMENNONE, G.: «Alcune considerazioni sui differente metodi fino ad oggi adoperati nel calcolare la velocità di propagazione del terremoto andaluse del 25 diciembre 1884». R. Accad. Lincei, *Rend.*, vol. iii, págs. 303-310, Roma, 1894.
- AGAMENNONE, G.: «Velocità superficiale di propagazione delle onda sismiche in occasione della grande escossa di terremoto dell' Andalusia del 25 diciembre 1884». R. Accad. Lincei, *Rend.*, vol. iii, págs. 317-325, Roma, 1894.
- BALMAS, M.: «Terremoto de Andalucía, 1885. Proyecto de casas para pobres». Manuscrito. Biblioteca Palacio Real de Madrid, II-3593.
- BARRIOS OFRET, M.: «Exposición y discusión de los fenómenos que caracterizan el terremoto del 25 de diciembre de 1884». *Bol. de la Com. del Mapa Geol.*, t. XV, págs. 309-357.
- BARROIS, CH.: «Sur les derniers tremblements de terre de l'Andalousie». *Ann. Sec. Geol. du Nord.*, t. XII, Lille, 1885.
- BOTELLA Y DE HORNOS, F.: «Los terremotos de Granada y Málaga». *Bol. Soc. Geogr. de Madrid*, t. XVIII, págs. 64-90, 1885.
- BOTELLA Y DE HORNOS, F.: «Los terremotos de Málaga y Granada». *Revista Contemporánea*, t. LVII, pág. 376.
- BOTELLA Y DE HORNOS, F.: «Observations sur le tremblement de terre de l'Andalousie du 25 décembre 1884, et semaines suivantes». *Comp. Ren. de la Acad. de Sci. de Paris*, pág. 196, 1885.
- BOTELLA Y DE HORNOS, F.: «Le tremblements de terre de Málaga y Granada en 1884». *Rev. Univ. Mines et Metall.*, t. I, pág. 286. París, 1886.
- CALDERÓN Y ARANA, S.: «Teorías propuestas para explicar los terremotos de Andalucía». *Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIV, págs. 353-363. Madrid, 1885.
- CALDERÓN Y ARANA, S.: «Trabajos de la Comisión francesa encargada de estudiar los terremotos de Andalucía». *Bol. Inst. Libre de Enseñanza*, t. IX. Madrid, 1885.
- \* COMISIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA: «Estudios referentes al terremoto ocurrido en Andalucía el 25 de diciembre de 1884 y a la constitución geológica del suelo conmovido por las sacudidas, efectuados por la Comisión destinada al objeto por la Academia de Ciencias de París». *Bol. Com. Map. Geol.*, t. XXVI, págs. 299-303. Madrid, 1890.
- «Crónica de los terremotos de Andalucía». Número extraordinario de *Crónica Comercial de Barcelona*. Febrero 1885.
- DAVISON, C.: «The Andalusian Earthquake of december 25, 1884». *A Study of Recent Earthquakes*, chap. IV, págs. 75-101. London, 1905.
- DELIGNY: «Note sur une cause probable de tremblements de terre du midi de l'Espagne». *Comp. Rend. Acad. Sc. C.*, pág. 399. París, 1885.
- \* FERNÁNDEZ DE CASTRO, M.; LASALA, J. P.; CORTAZAR, D.; GONZALO Y TARIN, J.: «Terremoto de Andalucía: Informe de la Comisión nombrada para su estudio dando cuenta del estado de los trabajos en 7 de marzo 1885». Imp. de M. Tello, 107 págs. Madrid, 1885.
- FOUQUE, F.: «Relations entre les phénomènes présentés par les tremblements de terre de l'Andalousie et la constitution géologique de la region qui en a été la siege». *Comp. Rend. de la Acad. de Sc. de Paris*, pág. 1113, 1885.
- FOUQUE, F.: «Les tremblements de terre de l'Andalousie». Conference fait a la Sorbonne. *Bull. Ass. Scient.*, 2.<sup>a</sup> serie, t. XII, pág. 73, 1886.
- FOUQUE, F.: «Mission d'Andalousie: Etudes relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884, et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses». *Acad. Sci. Mem.*, vol. XXX, págs. 1-772. París.
- FOUQUE, F.: «Premieres explorations de la mission chargée de l'etude des recents tremblements de terre de l'Espagne». *Comp. Ren. de la Acad. de Sci. de Paris*, pág. 598. 1885.
- GARCÍA ALVAREZ, R.: «Los terremotos de las provincias de Granada y Málaga». *Porvenir de Granada*, 21 de enero 1885.
- GATTA, L.: «Il terremoti di Spagna». *Nueva Antologia*, 15 febrero 1885.
- GERNAIN, A.: «Sur quelques particularités observeés dans les recents tremblements de terre de l'Espagne». *Comp. Ren. de la Acad. de Sci. de Paris*. t. I, pág. 191. 1885.

- HEBERT, E.: «Sur les tremblements de terre du midi de l'Espagne». *Comp. Ren. Acad. Sci. Paris*, 5 janvier 1885.
- LASALA Y COLLADO, F. DE: «Memoria del Comisario Regio nombrado por real decreto de 13 de abril de 1885 para la reedificación de los pueblos destruidos por los terremotos en las provincias de Granada y Málaga». Academia de la Lengua. Madrid, 1888.
- \* MACPHERSON, J.: «Los terremotos de Andalucía». Conferencia leída en febrero de 1885 en el Ateneo de Madrid.
- MACPHERSON, J.: «Tremblements de terre en Espagne». *Comp. Ren. Acad. Sci. Paris*, vol. C, págs. 397-399, 1885.
- MACPHERSON, J.: «Sur les tremblements de terre de l'Andalousie». *Comp. Ren. Acad. Sci. Paris*, vol. C, pág. 136, 1885.
- MACPHERSON, J.: «Observaciones sobre los terremotos de Andalucía». *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIV, págs. 4-6. Madrid, 1885.
- MANBY: «The Granada Earthquake of 25 decembre». *Proc. Civ. Engineers*, t. LXXXV, pág. 275. 1886.
- MARGERIE, E.: «La geologie de l'Andalousie et le tremblement de terre du 25 decembre 1884». *Rev. Gen. Sciences*. 1889.
- \* MARTÍNEZ Y AGUIRRE, C.: «Los temblores de tierra. Estudio de estos fenómenos en las provincias de Málaga y Granada durante los siete últimos días del año 1884 y enero de 1885». Málaga, 1885.
- MERCALLI, G.: «I grandi terremoti iberici». *Rassegna Nazionale*. Abril, 1885.
- NOGUÉS, A. F.: «Les tremblements de terre du 25 Dec. 1884 en Andalousie». *La Nature*, 17 janvier, 7 février y 11 avril. París, 1885.
- NOGUÉS, A. F.: «Phénomènes géologiques produits par les tremblements de terre de l'Andalousie du 25 decembre 1884 au 16 janvier 1885». *Comp. Ren. Acad. Sci. Paris*, vol. C, págs. 253-256, 1886.
- NOGUÉS, A. F.: «Nouveaux tremblements de terre de Andalousie». *Nature*, t. XIV, págs. 143-144, 1886.
- ORUETA Y DUARTE, D.: «Conferencia sobre los terremotos de Andalucía». *Rev. Real Soc. Geog.*, t. XVIII, págs. 57-64, 1885.
- \* ORUETA Y DUARTE, D.: «Informe sobre los terremotos ocurridos en el sud de España en diciembre de 1884 y enero de 1885». Tip. Fausto Muñoz, 51 págs., 22 fotos y 1 mapa. Málaga, 1885.
- ORUETA Y DUARTE, D.: «Relación de los terremotos de Andalucía». *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XIV, págs. 19-27, 1885.
- PASO Y DELGADO, N.: «Los terremotos de Andalucía de 1885». Imp. Ventura Sabatel. Granada.
- REPULLES Y VARGAS, E. M.: «Reseña de efecto de los terremotos de Andalucía en los edificios y medios de aminorarlos». *Revista Contemporánea*, t. 59, pág. 507. Madrid, 1885.
- ROSSI, M. S. DE: «Gli ordierni terremoti in Spagna ed il loro eco in Italia». *Bull. del Vulc. Italiano*. Roma, marzo 1885.
- \* TARRAMELLI, T., MERCALLI, G.: «I terremoti Andaluçi cominciati il 25 decembre 1884». *R. Acc. Lincei*. vol. CCLXXXIII. 1885.

Nota.—Los asteriscos señalan los trabajos consultados en el presente estudio.

## REFERENCIAS

- BANDA, E. Y UDÍAS, A.: «Sondeos sísmicos profundos en España. Estructura de la región Bética orientab». *Tecni-terrae*. 1979.
- BONELLI, J. M. Y ESTEBAN CARRASCO, L.: *El sismo de Albolote-Atarfe de 19 de abril de 1956*. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1958.
- BRUNE, J. N.: «Seismic moment, seismicity and rate of slip along major fault zone». *J. Geophys. Res.*, vol. 73, pág. 777. 1968.
- CHANDRA, U.; MCWHORTER, J.G Y NOWROOZI, A. A.: «Attenuation of intensities in Iran». *Bull. Seis. Soc. Am.*, vol. 69, núm. 1, págs. 237-250. 1979.
- ERGIN, K.: «Observed intensity-epicentral distance relations in earthquakes». *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 59, págs. 1227-1238. 1969.
- GALBIS, J.: *Catálogo Sísmico*. Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística. Tomos I y II. 1940.
- HERRMANN, R. B.; SHIANG-HO, CH. AND NUTTLI, O. W.: «Archeoseismology applied to the new Madrid earthquakes of 1811 to 1812». *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 68, págs. 1751-1759. 1978.
- HODGSON, J. H. AND COCK, J. I.: «Direction of faulting in the deep-focus Spanish earthquake of march 29, 1954». *Tellus* 8, págs. 321-327. 1956.
- MILNE, J.: «A catalogue of destructive earthquakes A. D. 7 to A. D. 1899». *British Ass. for the Adv. of Sc.*, 1911.
- MUNUERA, J. M.: «Datos básicos para un estudio de sismicidad en el área de la Península Ibérica». *Memorias del Instituto Geográfico y Catastral*. Tomo XXXII, núm. 1. 1963.
- MUÑOZ, D.; LÓPEZ ARROYO, A. Y MEZCUA, J.: «Curvas medias de variación de la intensidad sísmica con la distancia epicentral en España». *Memorias I Asam. Nac. Geod. y Geof.*, págs. 327-339. Madrid, 1974.
- NAVARRO-NEUMANN, M. S.: «Los recientes terremotos granadinos». *Rev. de la Soc. Astronómica de España*, julio, págs. 53-56. 1911.
- NAVARRO-NEUMANN, M. S.: «Ensayo sobre la sismicidad del suelo español». *Bol. de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, enero, págs. 83-109. 1917.
- NAVARRO-NEUMANN, M. S.: «Bosquejo sísmico de la Península Ibérica». *Publ. de la Estación Sismológica de Cartuja*. Granada, págs. 1-68. 1920.
- NUTTLI, O. W.: «The velocity of P and S waves at approximately 650 km depth as determined from the Spanish earthquake of march 29, 1954». *Earthquakes Notes* 25, págs. 26-27. 1954.
- NUTTLI, O. W.; BOLLINGER, G. A. Y GRIFFITHS, D. W.: «On the relation between Modified Mercalli intensity and body wave». *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 69, págs. 893-910. 1979.
- SPONHEUER, W.: «Methoden zur herdtiefenbestimmung in der makroseismik». Akademik-Verlag, Berlin, 1960.
- UDÍAS, A.; LÓPEZ ARROYO, A. Y MEZCUA, J.: «Seismotectonic of the Azores-Alborán region». *Tectonophysics*, 31, págs. 259-289. 1976.



