

+
INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL

COMISION DE GEOGRAFIA SISMICA Y FISICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA

ESTUDIO
DEL SISMO DEL BAJO SEGURA
DEL 6 DE MAYO DE 1953

POR

A. REY PASTOR Y J. MARTIN ROMERO



MADRID

TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL

1954

ESTUDIO
DEL SISMO DEL BAJO SEGURA
DEL 6 DE MAYO DE 1953

INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL

COMISION DE GEOGRAFIA SISMICA Y FISICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA

ESTUDIO
DEL SISMO DEL BAJO SEGURA
DEL 6 DE MAYO DE 1953

POR

A. REY PASTOR Y J. MARTIN ROMERO



MADRID

TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

1954

PRELIMINAR

El objeto de esta Memoria es el continuar nuestras investigaciones acerca de la inestabilidad de la comarca sísmica del Bajo Segura, consecuente, como sabemos, a la falta de consolidación de la conocida falla del mismo nombre. En sus inmediaciones radican varios núcleos sísmicos que siguen dando muestras de constante actividad. Entre los frecuentes terremotos registrados, destaca el famoso megasismo de 21 de marzo de 1829 (1), (15), (16), que tuvo una intensidad de grado X $\frac{1}{2}$ y provocó la destrucción de ocho pueblos de la «Huerta», y daños en más de 30. El recuerdo de esta catástrofe, que ocasionó más de 1.000 muertos y muchos más heridos, es causa más que suficiente para que se intensifique la investigación de las constantes sacudidas, más o menos débiles, que se producen en la línea tectónica desde Orihuela a Guardamar.

Aunque el epicentro teórico del gran terremoto antes citado correspondió al núcleo de Benejúzar, no quiere decir esto que tal punto sea el más temible, puesto que las tensiones elásticas del subsuelo se van acumulando en diferentes lugares de la línea de fractura y puede ocurrir otra catástrofe en cualquier otro lugar de la misma.

El sismo, objeto de estas páginas, fué de tipo débil, ya que su intensidad apenas excedió del grado IV (escala W. Neuman). En nuestro reconocimiento del terreno pudimos marcar la repartición de intensidades que nos ha permitido el realizar los cálculos consiguientes.

De acuerdo con lo que han sido ya normas anteriores, dividimos el desarrollo de esta exposición en dos partes: el estudio de la comarca sísmica y del fenómeno sísmico como tal.

En la primera se considerarán someramente los rasgos geográficos y fisiográficos, la tectónica de la comarca y su sismicidad. En la segunda, expondremos los cálculos relativos a determinación del epicentro, profundidad focal, coeficiente de absorción sísmica, intensidad, energía liberada y demás elementos consiguientes.

ESTUDIO DE LA COMARCA SISMICA

Rasgos geográficos y fisiográficos.

Procede ante todo la delimitación geográfica de lo que entendemos por *comarca sísmica*. Las líneas de fractura que, en la corteza terrestre, se muestran inestables o activas, constituyen límites definidos de *unidades corticales* o *bloques tectónicos*; pero en cada *comarca sísmica*, las líneas sismotectónicas encarnan en sí los ejes fundamentales en los cuales, o en cuyas proximidades se agrupan los epicentros de los focos sísmicos, formando núcleos inestables que son los que definen o marcan el carácter de sismicidad de la comarca considerada.

Por lo dicho, la comarca sísmica del Bajo Segura podemos definirla como la superficie geográfica afectada directamente por los núcleos sísmicos situados en los tres ejes tectónicos emplazados en el centro de la misma, que son: *el del Bajo Segura*, de Orihuela a Guardamar, *el eje secundario de Orihuela a Torrevieja* y *la Falla del Sangonera*, en su último trayecto. El radio de influencia donde pueden ser sentidos los frecuentes sísmos débiles (grados II al V) de los focos enclavados en tales ejes, es de 25 a 30 kilómetros.

Dentro de esta zona distinguimos:

- a) Un área de llanura en la parte N.
- b) Una faja de huerta hacia la región media, siguiendo el curso del río, principalmente en su margen izquierda, y
- c) Una zona discretamente montuosa, de no muy elevados cerros y colinas, en el W. y SW.

La planicie del sector *a)* está formada, en su casi totalidad, por una capa arcillosa, de terreno diluvial, de un espesor que oscila en dos y tres metros, que cubre una superficie salitrosa, inculca en su mayoría, determinante de los saladares de Elche.

La huerta del sector central *b)* forma la Vega del Segura en su tramo inferior, integrada por terrenos de aluvión, feraces depósitos de

arrastre, a los que un fácil riego convierte en fresca y productiva tierra de labor. Contrasta, entre ambos márgenes del río, la de la izquierda, de abundante vegetación, con la de la derecha, hacia la región de Benijófar y Rojales, mucho más seca, y a trechos casi polvorienta y pedregosa, como ante-país o zona de transición hacia el extenso marjal que se dilata ampliamente en torno a las salinas de Torre Vieja.

Desprendiéndose de las últimas estribaciones del Sistema Bético, se eslabona una serie de macizos triásicos que desde Espinardo van perfilando, en dirección NE., y forman las sierras de Murcia, Orihuela y Callosa, hasta los confines de Albaterra. Paralelamente a ellas, pero desplazadas algo más al S., las de Carrascoy, Sierra de Cristo y Hurchillo, triásicas y miocénicas, dibujan otra cadena, jalonando entre ambas la cuenca del río Segura en la parte baja de su curso. El umbral de este largo valle se abre a la altura de Redován donde la sierra de Callosa despliega sus faldas hacia la planicie de Elche, en tanto por la margen derecha se va suavizando el relieve algo menos rápidamente, para formar un escalón, cuyo escarpe o contra-huella prolongada sensiblemente en dirección E.-W. bordea la ribera meridional del río hasta casi su desembocadura. El cerro de los Frailes o Cabezo del Moro, con 198 metros de altitud; el vértice Escotera, con 196 metros; el Moncayo, con 104 metros, y el Castillo de Guardamar, con 68 metros, son las alturas más prominentes de esta interesante zona.

Los cerros pliocenos del S. del Segura formaron parte de una meseta cuyas estratificaciones superficiales, de arenisca y conglomerados, aparecen desmoronadas, hacia la orilla derecha del río, en forma de talud, flanqueando su curso con fuertes buzamientos (de unos 70°) constituyendo el escarpe de que hemos hecho mención, y cuyo desnivel disminuye progresivamente en el sentido de Escotera, Benejúzar y Rojales hacia Guardamar.

En trabajos anteriores se ha indicado ya que el bloque del Bajo Segura debe apoyarse parcialmente sobre los estratos cristalinos o terrenos paleozoicos de las sierras arcaicas y paleozoicas del Sistema Bético, y que se prolongan en el subsuelo del bloque del Mar Menor.

Los asomos más avanzados de tales terrenos en esta zona, los hallamos en el Cabezo Gordo de San Javier y en pequeñas manchas la Sierra de Carrascoy, en la provincia de Murcia.

De la Era Secundaria, aparecen los más próximos afloramientos del Triás en las Sierras de Orihuela y Callosa de Segura. Son grandes

masas de calizas dolomíticas y marmóreas que vuelven a aflorar brevemente acá y allá entre la mancha de Diluvial que, extendida de NE. a SW., va desde los Saladares de Elche hasta las inmediaciones de Fortuna, cubriendo una buena parte de la zona N. del Bajo Segura.

Por la región S. del mismo, se extiende el Plioceno (refiriéndonos siempre a esta comarca) desde las Sierras de Cristo y Hurchillo hasta Guardamar, con materiales de margas y molasas. En realidad, continúa por la costa alternando con el Diluvial. Entre Algorfa y Rojas, desborda la margen izquierda del río rebasándola hasta algo más al N. de Daya Vieja. Sus estratos se flexionan hacia el SE. desde el Cerro de Escotera hasta las inmediaciones de las Salinas de Torrevieja. En las proximidades de Guardamar, la estratificación ofrece una discordancia que, coincidiendo con el desmoronamiento y desgaje del paquete de estratos que flanquea el curso bajo del río, acusa la localización de la Falla del Segura.

Los terrenos diluviales que se dilatan al N. del río formando la Huerta y, más al N., los Saladares, llegan hasta la costa en la desembocadura misma del Segura. Una estrecha lengua de Aluvial penetra entre los dos últimos terrenos reseñados (Plioceno y Diluvial) siguiendo el cauce, con materiales de acarreo, para morir en las inmediaciones de Daya Nueva.

Finalmente, como rocas hipogénicas, se encuentran asomos de pequeños filones de diabasas.

Tectónica

La comarca del Bajo Segura ofrece tectónicamente la máxima complicación de la región costera levantina. Las líneas de fractura generales que la cortan son:

1.^a La *Arista de dislocación alicantina* (8) desde Ceutí por Abanilla, Crevillente, etc., al Cabo de la Nao.

2.^a La *Línea del Sangonera*, de Lorca a Orihuela.

3.^a La del *Segura Medio*, de Cieza a Murcia.

4.^a La del *Bajo Segura*, de Orihuela a Guardamar.

5.^a La de *Redován* a Torrevieja.

6.^a La *Línea costera submarina* (15) (17) del Cabo de la Nao por Cabo de Santa Pola hasta el Mar Menor.

Las líneas citadas ofrecen rasgos complejos, muy distintos unos de otros. La *Arista de hundimiento* presenta las características de una falla en escalón formada por el descenso del Bloque costero alicantino que, en parte, ha quedado sumergido. La del *Sangonera* constituye, en el Sector de Murcia, una pequeña fosa de hundimiento entre el bloque triásico dolomítico de Murcia y el macizo de la Sierra de Carrascoy, de terrenos pliocénicos con núcleo triásico y asomos de materiales arcaicos propios del *substratum* del Bloque del Mar Menor. La del *Segura Medio*, es una línea de fractura iniciada por movimientos tectónicos post-alpinos y labrada luego por la erosión fluvial, favorecida por un fuerte desnivel hidrográfico. La del *Bajo Segura* es una falla, cuyo flanco N. está constituido por el Bloque costero alicantino, mientras que el meridional lo forma el pequeño bloque de Torre Vieja, de forma triangular, cuyo labio levantado ha formado una pequeña sierra de terreno plioceno, consecuencia de una fuerte basculación del bloque hacia el SE. Con motivo del sismo de 1829, todo el bloque fué conmovido uniformemente con intensidad de grado X $\frac{1}{2}$ (F. M. S.), como antes dijimos.

La de *Redován-Torre Vieja* es visible en la brecha de Redován donde se forma una fosa hundida que ha desmantelado el anticlinal dolomítico que unía las sierras de Orihuela y Callosa. La prolongación de la línea tectónica pasa por la depresión de las Salinas de Torre Vieja y representa la charnela de giro del bloque triangular, cuyos vértices son Orihuela, Guardamar y Torre Vieja (15).

La *Falla costera submarina* constituye el borde o plano oriental del Bloque costero alicantino. Dicha línea se delata por los accidentes siguientes: Acantilados de la Sierra de Benitachel, flanco N. del Peñón de Ifach, falla del NW. de Sierra Helada, fractura entre el Cabo de Santa Pola y la Isla de Tabarca y depresión del Mar Menor con sus asomos hipogénicos (17).

Sismicidad.

Por la agrupación de epicentros definidos en las inmediaciones de la Falla del Segura, se reconocen dos núcleos principales situados en las zonas de Orihuela y Rojales, respectivamente. De ambos, es el último citado el más activo, abarcando un área que comprende los pueblos de Algorfa, Almoradí, Benijófar, Las Bóvedas, Daya Nueva,

Daya Vieja, Formentera, Guardamar, Puebla de Rocamora, Rojales y San Fulgencio.

Sus conmociones son frecuentes, y ateniéndonos a datos de carácter histórico, se cifran en más de 1.360 sacudidas, de las cuales sólo en el siglo XIX se cuentan 1.240, entre ellas, las famosas de marzo de 1829, de grado X $\frac{1}{2}$.

Naturalmente, la cifra total de sismos es mucho más elevada si se tiene en cuenta la insuficiencia y falta de datos referentes a fechas anteriores al siglo pasado. Con todo (a partir de 1900) podemos agrupar las sacudidas experimentadas en el núcleo de Rojales según su número e intensidad de la siguiente forma:

Relación de sismos en el Núcleo Rojales-Almoradi-Daya-Guardamar (Alicante)

FECHAS	EPICENTROS	GRADO	SACU- DIDAS	OBSERVACIONES
8- II -1909.....	Almoradí.....	III	2	} Siglo xx.
9- II -1909.....	Rojales.....	III	1	
7-VII-1911.....	Daya.....	VII	8	
7-VII-1911.....	Almoradí.....	VII	2	
23-XII-1915.....	Idem.....	II	1	
22- XI -1918.....	Rojales.....	VI	1	
11- IX -1919.....	Idem.....	IV	5	
12- IX -1919.....	Idem.....	III	1	
15- IX -1919.....	Idem.....	II	1	
16- IX -1919.....	Idem.....	II	1	
23- IX -1919.....	Idem.....	IV	2	
24- IX -1919.....	Idem.....	III	1	
7- X -1919.....	Idem.....	V	1	
9- X -1919.....	Idem.....	V	1	
18- X -1919.....	Idem.....	V	2	
27- X -1919.....	Idem.....	III	3	
5- XI -1919.....	Idem.....	III	2	
9- XI -1919.....	Idem.....	V	3	
14- XI -1919.....	Idem.....	III	1	
19- XII -1919.....	Idem.....	III	1	
5-VIII-1920.....	Guardamar.....	IV	1	
24- IX -1920.....	Rojales.....	II	1	
26- IX -1920.....	Idem.....	IV	1	

FECHAS	EPICENTROS	GRADO	SACU- DIDAS	OBSERVACIONES
9- X -1920.....	Guardamar.....	III	1	} Siglo xx.
1- I -1921.....	Almoradí.....	IV	2	
22- I -1921.....	Idem.....	III	3	
19-VIII-1921.....	Idem.....	III	1	
25- IX-1923.....	Idem.....	IV	1	
4- III -1924.....	Idem.....	III	1	
23- IX-1924.....	Idem.....	IV	1	
20- III -1927.....	Idem.....	V	2	
21- IV-1927.....	Idem.....	IV	1	
1- IX-1941.....	Guardamar.....	III	1	
17- VI -1941.....	Rojales.....	III	1	
12-VIII-1941.....	Guardamar.....	IV	2	
10- IX-1941.....	Rojales.....	III	1	
10- X -1941.....	Almoradí.....	III	1	
18- I -1942.....	Rojales.....	II	1	
22- III -1942.....	Idem.....	III	1	
2- III -1942.....	Idem.....	III	1	
10- IV -1942.....	Guardamar. Submar.	III	1	
20- V -1942.....	Rojales.....	II	1	
30-VIII-1942.....	Idem.....	IV ¹ / ₂	1	
5-VIII-1942.....	Idem.....	IV ¹ / ₂	1	
9- X -1942.....	Idem.....	III	1	
7- I -1943.....	Idem.....	III	2	
6- II -1943.....	Idem.....	III	1	
3- III -1943.....	Idem.....	II-III	1	
8- IX -1943.....	Guardamar.....	III	1	
7- I -1944.....	Rojales.....	III	1	
9- I -1944.....	Idem.....	III	1	
22- I -1944.....	Idem.....	II	2	
25- I -1944.....	Idem.....	II	1	
25- IV -1944.....	Daya.....	III	1	
6- V -1944.....	Rojales.....	III	8	
3-VIII-1944.....	Daya.....	II	3	
8- IX -1944.....	Guardamar.....	III	1	
17- X -1944.....	Rojales.....	II-III	1	
16-XII-1944.....	Idem.....	III	1	
3- II -1945.....	Idem.....	III	1	
5- II -1945.....	Idem.....	III	1	
6- IX -1945.....	Idem.....	II	1	
16- XI -1945.....	Daya.....	IV	1	
2- II -1946.....	Rojales.....	III	1	

FECHAS	EPICENTROS	GRADO	SACU- DIDAS	OBSERVACIONES
5- III -1946	Rojales.....	III	1	} Siglo xx.
16- IX -1946.....	Idem.....	III	1	
9- XII-1946.....	Idem.....	II	1	
26- IV -1947	Idem.....	III	1	
26- V -1947.....	Idem.....	III	1	
8- III -1949.....	Guardamar.....	II	1	
8- XI -1950	Rojales...	III	1	
13-15-IX-1828	Benejúzar.....	VIII	30	} Siglo xix.
15-I-1829.....	Idem.....	III	1	
1-28- II -1829	Idem.....	VI	90	
21-26-III-1829	Rojales.....	X 1/2	500	
11-IV- 2-V-1829 ...	Almoradí.....	VII	51	
3-IV-17-V-1829 ...	Benejúzar.....	VII	80	
VI-1829 ...	Idem.....	VI	13	
17-18-19-VI-1829 ...	Idem.....	III	1	
IX-1829 ...	Almoradí.....	IV	2	
2-VIII-1830.....	Benejúzar.....	V	1	
3- IX -1830.....	Idem.....	V	1	
17- IV -1833.....	Idem.....	VII	30	
31- IX -1834.....	Idem.....	VII	30	
1- IX -1837.....	Idem.....	V	400	
21- IV -1849.....	Idem.....	IV	1	
7-8- X -1855	Idem.....	IV	1	
4- X -1856.....	Idem.....	VI	1	
23-24-V-1874.....	Idem.....	IV	2	
1- I -1879.....	Idem.....	III	1	
15-VII-1880.....	Idem.....	III	1	
12-VII-1886.....	Idem.....	III	1	
28- IX -1886.....	Idem.....	IV	1	
6- X -1888.....	Idem.....	V-VI	1	
1- IX -1518.....	Idem.....	IV	1	} Anteriores al si- glo xix.
8- IX -1601.....	Idem.....	V	1	
28- IX -1729.....	Idem.....	V	1	
27-30-III-1732.....	Idem.....	V	1	
9- III -1743.....	Idem.....	VIII	1	
15-VIII-1746.....	Idem.....	VIII	1	
23- V -1754.....	Idem.....	VI	2	

EL FENOMENO TELURICO

Sacudidas sísmicas.—Información macrosísmica.

El 6 de mayo de 1953 los sismógrafos del Observatorio de Alicante registraron un movimiento sísmico cuya sacudida principal tuvo lugar a las 16 horas 52 minutos y 15 segundos. Había sido precedida por un movimiento premonitorio a las 16 horas 38 minutos 0 segundos. La intensidad del choque preponderante fué de grado IV (W. Neuman) y sus efectos se dejaron sentir en la villa de Rojales y pueblos comarcanos, con las intensidades que pone de manifiesto el plano de líneas isosistas inserto al final de esta Memoria. En la zona pleistosista, el choque principal fué acompañado de ruidos de tipo explosivo, profundo, casi simultáneos con la sacudida.

Los datos obtenidos del sismógrafo MAINKA (componentes N.-S. y E.-W.) de 1.000 kilogramos de masa y 12 segundos de período, así como los del WIECHERT vertical de 80 kilogramos de masa, que en razón de la intensidad relativamente débil del terremoto y su carácter local, fueron acusados solamente por este Observatorio, son los siguientes:

Fase	Hora (T. m. G.)
H_o	16 ^h — 52 ^m — 08 ^s ,6
H_e	16 ^h — 52 ^m — 09 ^s ,3
P_g	16 ^h — 52 ^m — 15 ^s ,0
S_g	16 ^h — 52 ^m — 20 ^s ,0

Con la información macrosísmica recibida y la recogida personalmente en la zona pleistostista, fueron levantadas las curvas de igual intensidad que, como puede verse por el mapa adjunto, ofrecen una distorsión en dirección E.-W., sensiblemente concordante con la de la Falla del Bajo Segura, de fácil interpretación en cuanto a su mayor aptitud propagatoria (17).

El área macrosísmica abarca una superficie de unos 278 kilómetros cuadrados, a la que corresponde un radio medio de 9,402 kilómetros de longitud.

Cálculo de la profundidad hipocentral.

Haciendo empleo de la fórmula de Inglada (6), con objeto de abreviar los tanteos que el método de Kövesligethy requiere, tenemos:

Determinación de los radios de los círculos equivalentes a las áreas isosistas.

Grado de la isosista	Área (Km ²)	Radio
IV	15,02	$\rho = 2,186$ kms.
III	108,7	$\rho' = 5,882$ »
II	277,7	$\rho'' = 9,402$ »

Tanteo preliminar de la profundidad hipocentral h.

a) Por la fórmula de Inglada,

$$0,72\rho' > h > 0,52\rho$$

$$4,2350 > h > 1,1367$$

$$h = \frac{2}{3} \sqrt{\rho'^2 - (1,8\rho)^2} = 2,915 \approx 3 \text{ kms.}$$

b) Aplicando el método de Kövesligethy, y teniendo en cuenta que el número de isosistas es impar, así como su reducido número, las combinaremos en

$$IV - III \quad \text{y} \quad IV - II,$$

repetiendo la isosista de grado IV, que dado el escaso material de que disponemos nos ofrece mayores garantías.

Comenzaremos los tanteos con $h = 3$, $h = 3,5$ y $h = 4$.

Para $h = 3$

$$r_{IV} = \sqrt{h^2 + \rho^2} = \sqrt{9 + 4,77859} = \sqrt{13,77859} = 3,7119$$

$$r_{III} = \sqrt{h^2 + \rho'^2} = \sqrt{9 + 34,5979} = \sqrt{43,5979} = 6,6023$$

$$r_{II} = \sqrt{h^2 + \rho''^2} = \sqrt{9 + 88,56684} = \sqrt{97,56684} = 9,8775$$

$$\beta_1 = \frac{0,33 \dots - (\log \cdot 6,6023 - \log \cdot 3,7119)}{2,8904} = 0,02879$$

$$\beta_2 = \frac{0,66 \dots - (\log \cdot 9,8775 - \log \cdot 3,7119)}{6,1656} = 0,03917$$

$$\Sigma \beta = 0,06796$$

$$\beta_0 = 0,03398$$

$$\beta_1 - \beta_0 = -0,00519$$

$$(\beta_1 - \beta_0)^2 = 0,0000269361$$

$$\beta_2 - \beta_0 = +0,00519$$

$$(\beta_2 - \beta_0)^2 = 0,0000269361$$

$$\Sigma(\beta - \beta_0) = 0,00000$$

$$[\Delta \Delta]_3 = 0,0000538722$$

Para $h = 3,5$ obtenemos análogamente

$$[\Delta \Delta]_{3,5} = 0,0000159048$$

$$[\Delta \Delta]_{3,5} < [\Delta \Delta]_3.$$

Para $h = 4$ resulta

$$[\Delta \Delta]_4 = 0,0000004141$$

$$[\Delta \Delta]_4 < [\Delta \Delta]_{3,5} < [\Delta \Delta]_3.$$

Aunque el considerable descenso experimentado por la magnitud $[\Delta \Delta]$ al pasar del escalón $h = 3,5$ al de $h = 4$, nos hace sospechar que éste último debe estar muy próximo al valor real, es necesario un nuevo tanteo con un valor $h > 4$ a fin de poder ahorquillar su verdadera magnitud entre dos límites: uno superior y otro inferior en la serie

$$[\Delta \Delta]_i < [\Delta \Delta]_{3,5} < [\Delta \Delta]_3.$$

Ensayaremos el valor $h = 4,2$ teniendo en cuenta que por la fórmula de Inglada,

$$4,235 > h > 1,1367,$$

que hace obvio el tanteo de 4,5.

Para $h = 4,2$ se llega a

$$[\Delta \Delta]_{4,2} = 0,0000004910.$$

Y, por último, para $h = 5$ se obtiene

$$[\Delta \Delta]_5 = 0,0000354482.$$

Las dos series convergen:

$$\begin{array}{ccccccc} [\Delta \Delta]_3 & > & [\Delta \Delta]_{3,5} & > & [\Delta \Delta]_4 & < & [\Delta \Delta]_{4,2} & < & [\Delta \Delta]_5, \\ & \longleftarrow & & & \uparrow & & & & \longleftarrow \end{array}$$

dando el mínimo en las proximidades de $[\Delta \Delta]_4$ o sea $h = 4$.

Aceptaremos, de consiguiente, como valor de h el de 4 kilómetros entre los límites

$$3,5 < h < 4,2$$

en menos de 0,3.

Cálculo de h por la fórmula de Gutenberg.

Aplicando la fórmula de Gutenberg se llega a valores del mismo orden que los obtenidos por el método de Kövesligthy:

$$\frac{r}{h} = \sqrt{10^{\frac{I_0}{3} - \frac{1}{2}} - 1},$$

de donde

$$h = \frac{r}{\sqrt{10^{\frac{I_0}{3} - \frac{1}{2}} - 1}} = \frac{9,402}{\sqrt{10^{\frac{4}{3} - \frac{1}{2}} - 1}} = \frac{9,402}{\sqrt{10^{\frac{5}{6}} - 1}} = 3,9 \text{ kms.}$$

habiendo obtenido $h = 4$ kilómetros por el método de Kövesligthy.

Cálculo del coeficiente de absorción sísmica α .

Con el valor obtenido de $h = 4$, el sistema de ecuaciones que conduce a la determinación de β es

$$\left. \begin{aligned} x - 4,5584 \beta &= 1,99214 \\ x - 7,1131 \beta &= 1,85206 \\ x - 10,2258 \beta &= 1,67636 \end{aligned} \right\} \quad [1]$$

cuyos segundos miembros se han obtenido por sustitución de valores en las expresiones del tipo

$$\frac{1}{3} G + \log r.$$

Por el método de los mínimos cuadrados, las ecuaciones normales del sistema (1) resultan

$$\left. \begin{aligned} 3x - 21,8973 \beta &= 5,52056 \\ 21,8973x - 175,93 \beta &= 39,2953 \end{aligned} \right\} \quad [2]$$

de donde

$$\beta = \frac{21,897 \times 5,52 - 3 \times 39,295}{3 \times 175,93 - (21,897)^2} = \frac{2,896}{48,33} = 0,06178,$$

y de éste obtenemos

$$\alpha = 0,02273.$$

Determinación de la intensidad epicentral, G_o .

Conservando las mismas notaciones respecto a los subíndices empleados hasta aquí, se obtiene:

$$\begin{aligned} g_{IV} &= 0,09117 \\ g_{III} &= 0,40781 \\ g_{II} &= 0,75729 \\ \hline \Sigma g &= 1,25627 \\ 3 \Sigma g &= 3,76881 \end{aligned}$$

y finalmente

$$G_o = \frac{\Sigma G + 3 \Sigma g}{m} = \frac{9 + 3,76881}{5} = 4,25.$$

Valor acorde con el obtenido en la información macrosísmica, cuya isosista máxima (grado IV) delimitaba un área pleistosista reducida, de superficie igual a 15,02 kilómetros cuadrados solamente, y un radio $\rho \approx 2$ kilómetros.

Cálculo de la magnitud por la fórmula de Guttenberg-Richter.

La concordancia entre uno y otro método sigue manteniéndose dentro de estrechos límites:

$$M = 2,2 + 3,6 \log \cdot \frac{R}{h} = 2,2 + 3,6 (\log \cdot R - 0,59106)$$

$$R = \sqrt{\frac{587,8}{\pi}} = 13,68 \quad \log \cdot R = 1,13604$$

$$M = 2,2 + 3,6 \times 0,54498 = 2,2 + 1,9619 = 4,16$$

en vez de 4,25 que era el valor calculado por el otro método.

Cálculo de los errores.

La expresión

$$G_c = G_o - 3g$$

nos da la serie de errores residuales y de ellos, el valor del error medio probable,

$$\Delta_m = \sqrt{\frac{\Sigma (\Delta G)^2}{m-1}} = \sqrt{\frac{0,0139}{2}} = 0,0834,$$

perfectamente satisfactorio, dada su pequeñez, ligeramente superior a ocho centésimas.

Aplicación del método de la parábola.

A fin de buscar una mayor precisión en el cálculo de la profundidad podemos aplicar el método complementario de Inglada trazando la parábola cuyos valores correspondan al siguiente cuadro:

Para $h = 3$	$[\Delta \Delta]_3 = 5387,22$
$h = 3,5$	$[\Delta \Delta]_{3,5} = 1590,48$
$h = 4,0$	$[\Delta \Delta]_4 = 41,41$
$h = 4,2$	$[\Delta \Delta]_{4,2} = 49,10$
$h = 5,0$	$[\Delta \Delta]_5 = 3545$

en las que hemos multiplicado los verdaderos valores de la serie $[\Delta \Delta]$ por 10^8 para obtener números enteros.

Tomando ahora los valores respectivos de $[\Delta \Delta]$ como ordenadas y los de h como abscisas, referidos todos a un sistema de coordenadas rectangulares cuyo origen corresponda a $h = 4$, se tiene

$$\left. \begin{array}{l} h = 3,0 \quad x = - 1 \quad y = 5387 \\ h = 3,5 \quad x = - 0,5 \quad y = 1590 \\ h = 4,0 \quad x = 0 \quad y = 41 \\ h = 4,2 \quad x = + 0,2 \quad y = 49 \\ h = 5,0 \quad x = + 1 \quad y = 3545 \end{array} \right\} \quad [4]$$

con los cuales se ha levantado la curva de la figura 2, sensiblemente parabólica, cuyo mínimo valor de ordenadas nos suministrará el de h correspondiente, con aproximación mayor a la anteriormente obtenida.

Hagamos $x = 0$ en la ecuación general

$$y = ax^2 + bx + c.$$

Se tendrá

$$y = c = 41$$

que la convierte en

$$y = ax^2 + bx + 41.$$

Podemos calcular los parámetros a y b sustituyendo los datos del cuadro (4).

$$\begin{array}{l} \text{Para } x = 0 \quad y = c = 41 \\ x = -1 \quad y = 5387, \\ x = +1 \quad y = 3545 \end{array}$$

que nos dan

$$a = 4425 \quad b = -921,$$

y la ecuación, por tanto,

$$y = 4425x^2 - 921x + 41.$$

Derivándola e igualando a cero, nos suministra

$$\begin{array}{l} y' = 8850x - 921 \\ x = \frac{921}{8850} = 0,1, \end{array}$$

que corresponde al valor de $h = 4,1$ kilómetros.

Cálculo de la energía liberada.

Aplicamos la fórmula

$$\log \cdot E = 8,8 + 2 \log \cdot h + 1,8M,$$

en la que, sustituyendo valores, tenemos

$$\log \cdot E = 8,8 + 2 \times 0,60206 + 1,8 \times 4,25 = 8,8 + 1,20412 + 7,650 = 17,65412$$

$$\log \cdot E = 17,65412$$

$$E = 4509 \times 10^{14} \text{ ergios.}$$

Pese a la modesta magnitud del sismo (grado IV F. M.), este resultado nos da idea de las considerables energías puestas en juego en

tales fenómenos; pues aún con cifras relativamente reducidas como es el caso presente, vemos que llega a un valor de

$$4,5 \times 10^{17} \text{ ergios} = 4,5 \times 10^6 \text{ kgmts.},$$

o bien de

$$4,5 \times 10^6 \text{ tonelámetros};$$

es decir: la energía que desarrollaría al caer un buque de 4.500 toneladas desde un kilómetro de altura.

Resumen crítico de los resultados obtenidos.

Profundidad hipocentral. — a) El valor de 4 kilómetros obtenido con este método concuerda con el previsto por la fórmula de Inglada y con el que se obtiene utilizando la fórmula de Guttenberg.

Pero es de interés anotar aquí la absoluta conformidad entre el resultado obtenido para la profundidad hipocentral entre el sismo que estamos estudiando y el de 10 de septiembre de 1919, también en el Bajo Segura, cuyo epicentro próximo a Jacarilla, y en zona inmediata al nuestro (Rojales-Benijófar), dió para valor de la profundidad hipocentral, calculada por el mismo método, el valor de 4,75 kilómetros.

b) Si desde un punto de vista exclusivamente matemático al observar el resultado de la serie

$$[\Delta \Delta]_3 > [\Delta \Delta]_{3,5} > [\Delta \Delta]_4 < [\Delta \Delta]_{4,2} < [\Delta \Delta]_5$$

pareciera oportuno el cálculo del valor $h = 4,1$ como más probable, estrechando así los límites entre 4 y 4,2 hay que resaltar, en cambio, la naturaleza no puntiforme del hipocentro que siempre debe afectar a un área o volumen de cierta consideración, y que hace un poco ocioso repetir el cálculo para un valor que difiere del considerado en sólo 0,1, cuando se tiene la convicción de lo irreal que sería asimilar el foco a un punto de concepción geométrica.

Coefficiente de absorción sísmica.

El obtenido para este sismo,

$$\alpha = 0,02273,$$

está en notable concordancia con el que arrojó el cálculo del estudio hecho por don Vicente Inglada con el ya citado de 10 de septiembre de 1919, cuyo valor

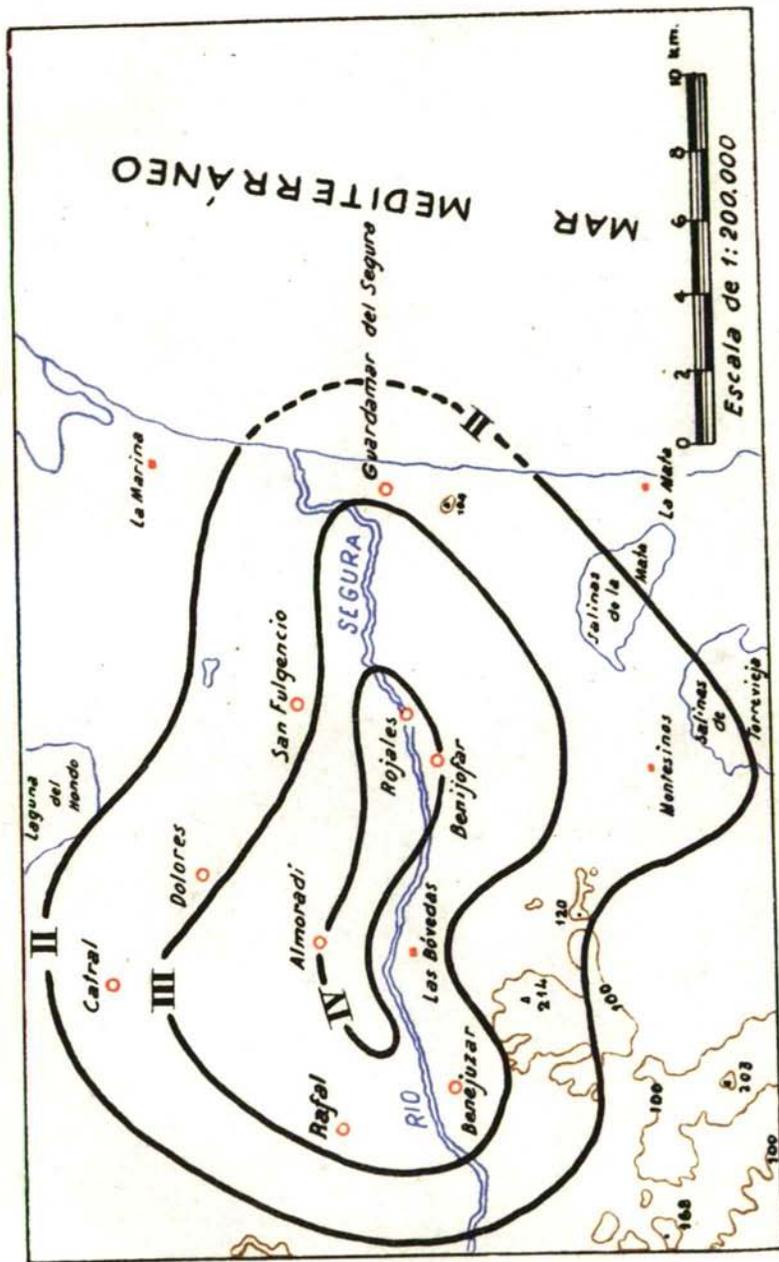
$$\alpha = 0,02082$$

hace pensar en la semejanza del comportamiento físico del mismo terreno para sacudidas cuyo origen se encuentra aproximadamente a un mismo nivel ($h = 4,75$).

· NOTA BIBLIOGRAFICA

- (1) GALBIS RODRÍGUEZ (J.).—*Catálogo sísmico*. Tomo I, 1932. Tomo II, 1940. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid.
- (2) HERNÁNDEZ PACHECO (E.).—*Síntesis fisiográfica y geológica de España*. Museo de Ciencias Naturales. Madrid, 1932.
- (3) — — *Las costas de la Península hispánica y sus movimientos*. Madrid, 1932. Asociación Española para el Progreso de las Ciencias.
- (4) INGLADA Y ORS (V.).—*El sismo del Bajo Segura de 10 de septiembre de 1919*. «Boletín del Instituto Geológico». Madrid, 1926.
- (5) — — *Estudio de sismos españoles. El terremoto del Bajo Segura*. «Revista de la Real Academia de Ciencias». Madrid, 1927.
- (6) — — *Nuevas fórmulas para abreviar el cálculo de la profundidad aproximada del foco sísmico por el método de Kövesligethy y su aplicación a algunos temblores de tierra*. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1921.
- (7) JIMÉNEZ DE CISNEROS (D.).—*Geología y Paleontología de Alicante*. Museo de Ciencias Naturales. Madrid, 1932.
- (8) NOVO CHICHARRO (P.).—*Reseña Geológica de la provincia de Alicante*. «Boletín del Instituto Geológico y Minero de España». Tomo XVI, segunda serie, 1914.
- (9) REY PASTOR (A.).—*El sismo del Segura medio de 25 de agosto de 1940*. Instituto Geográfico y Catastral.
- (10) — — *Traits sísmiques de la Péninsule Ibérique*. Instituto Geográfico y Catastral, Madrid, 1927.
- (11) — — *Sismicidad de las regiones litorales españolas del Mediterráneo*. Association pour l'étude géologique de la Méditerranée occidentale. Barcelona, 1936.
- (12) — — *El período sísmico de La Canal de Berdún (Pirineos)*.—Instituto Geográfico y Catastral. Toledo, 1931.
- (13) — — *El sismo de la Rioja baja de 18 de febrero de 1929*. Instituto Geográfico y Catastral. Toledo, 1932.
- (14) — — *El Bloque tectónico del Mar Menor*.
- (15) — — *Estudio sísmico geográfico de la región SE. de la Península Ibérica*. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1943.
- (16) — — *La Comarca sísmica del Bajo Segura*. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1943.
- (17) — — *Sismicidad de la comarca costera alicantina*. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1946.

OBSERVATORIO SISMOLÓGICO DE ALICANTE



Isosistas del sismo de 6 de Mayo de 1953

