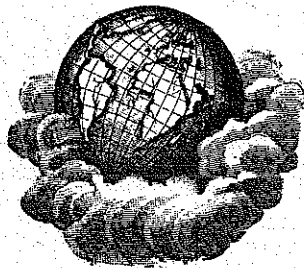


INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
SERVICIO SISMOLÓGICO

El periodo sísmico
de
"La Canal de Berdún" (Pirineos)
1923-1925

POR

A. REY PASTOR



Estación Sismológica de Toledo



TOLEDO.—1931

IMPRESA Y ENCUADERNACION DE JUSTO TORRES. — TENDILLAS, 9

I

Introducción

Los fenómenos sísmicos, que denominamos de "La Canal de Berdún", comenzaron con una fuerte sacudida el día 10 de julio de 1923 y continuaron por otras más débiles, registradas algunas de ellas en los Observatorios de la Península y en varios de Europa. Con los datos del registro instrumental de Toledo, Fabra (Barcelona), Ebro (Tortosa) y Strasburgo, recibidos por telégrafo, pudimos localizar inmediatamente el epicentro en el Alto Aragón.

El día 11 de dicho mes, publicaron los periódicos noticias del fenómeno, dando cuenta de haber sido arruinadas las casas de numerosos pueblos en la provincia de Huesca, y relataban al mismo tiempo los detalles de la catástrofe, en términos verdaderamente alarmantes. Decía la prensa que, además de las conmociones sísmicas, habían tenido lugar misteriosos fenómenos meteorológicos, con incendio de montes, explosiones subterráneas, aparición de lenguas de fuego, agrietamientos del suelo, etc., considerando como muy probable la inmediata aparición de un volcán. (1).

Dada la importancia del caso, ordenó el Excmo. Sr. Director General del Instituto Geográfico, que marchase a la comarca siniestrada el Ingeniero autor de esta Memoria, para realizar un detenido estudio, encaminado al análisis de las circunstancias en que se desarrolló el fenómeno, causas del mismo, etc., siendo acompañado por el Arquitecto D. Antonio Rubio para valorar los daños sufridos en las edificaciones, por si el Gobierno acordase indemnizar a los perjudicados.

Como quiera que el área de conmoción fué muy grande, llegando por el S. hasta la proximidad de Madrid y por el E. hasta la costa, nos trasladamos primeramente a Huesca con objeto de recibir instrucciones del Gobernador Civil de la provincia y orientarnos acerca de cuales eran los pueblos más perjudicados por las sacudidas.

Obtenidos los primeros datos, pude deducir que el foco principal se hallaba en las proximidades de Berdún, si bien pudieran resultar algunos focos periféricos en otros puntos. Dado el corto número de días disponibles para la excursión, tuve que limitarme a visitar solamente los pueblos mayormente siniestrados, para tratar de localizar el epicentro.

Con los datos tomados en 12 pueblos, tres caseríos y numerosos edificios aislados, casillas de peones camineros, corrales, ventas, ermitas, etc., se ha podido definir la posición del epicentro; además, otras noticias recibidas de varios pueblos más alejados de la zona de máxima intensidad, me han servido de comprobación para definir el área pleistostista.

Una vez terminado el informe, redactado con los elementos de juicio obtenidos en nuestra visita a la región más intensamente afectada por las conmociones ocurridas en el mes de Julio, fué entregado a la Jefatura del Servicio sismológico para su curso al Director General. Asimismo entregó el suyo el Sr Rubio.

Las impresiones recogidas referentes al aspecto geológico de la comarca, situación de probables líneas de dislocación, causas del sismo, etc., fueron publicadas en el Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural en Febrero de 1924. (9) (*)

Afortunadamente, nuestra hipótesis acerca de la situación de las líneas de dislocación que trazamos entonces, se han visto comprobadas en la continuación del fenómeno durante los años 1924 y 1925.

Al mismo tiempo que realizaba mi estudio sobre el terreno, dispuso el Ilmo. Sr. D. Eduardo Torallas, Jefe del Servicio sismológico en aquella fecha, que se remitiesen tarjetas postales con cuestionarios para información, a los pueblos enclavados en el área conmovida, que comprendió casi totalmente las provincias de Álava, Barcelona, Burgos, Gerona, Guipúzcoa, Huesca, Lérida, Logroño, Navarra, Soria, Tarragona, Teruel, Vizcaya y Zaragoza. Fueron dirigidas a los Ayuntamientos, Maestros y Guardia Civil.

Además de este servicio amplio de información macrosísmica, organizamos otro en la zona epicentral aceptando los amables ofrecimientos de varios señores, especialmente Párrocos, Maestros y Secretarios de Ayuntamientos. Las noticias que recibimos durante los años

(*) Nota bibliográfica.

1924 y 1925, nos indicaban que la inestabilidad del suelo, todavía continuaba con varias alternativas y recrudecimientos de intensidad, registrándose algunas de las sacudidas en los Observatorios del Ebro (Tortosa) y Fabra (Barcelona).

Por todas estas razones hemos diferido la publicación de esta Memoria, hasta considerar como terminado el periodo sísmico, que que podemos llamar doble, con su primera parte en el año 1923, cuyo foco se encuentra cerca de Martes (Huesca) y la segunda parte en 1924-1925 cuya actividad se desplaza hacia Villarreal de la Canal (Huesca). (*)

Para el cálculo de coordenadas del epicentro, profundidad hipocentral, hora en el foco, etc., nos limitamos a la práctica del método expuesto por nuestro insigne Maestro Inglada, haciendo aplicación de las investigaciones por él realizadas acerca de este sismo y expuestas en una memoria presentada en la Academia de Ciencias. (4).

En el servicio de información, hemos obtenido datos de gran valor, y en estas páginas preliminares, debemos hacer constar nuestro más profundo agradecimiento, a todos los informadores y muy especialmente a los Sres. D. Joaquín Torents y D. Daniel Moneba, farmacéuticos de Berdún, a D. Rogelio Escobés, Maestro de Villarreal, que realizó curiosísimas investigaciones valiéndose de aparatos por él construídos, y a D. Daniel Ranz, Maestro de Nauarniz (Vizcaya), que redactó un extenso y razonado documento.



(*) Por causas ajenas a nuestra voluntad, no ha sido posible la publicación hasta el año 1931.

II

La Región Epicentral

Su aspecto geológico-fisiográfico

La cordillera pirenaica, orográficamente considerada, es una colosal barrera con elevaciones de más de 3.400 m.; sus ramificaciones transversales, se disponen a modo de contrafuertes, entre los que se encajan abruptos valles u hoces; otras sierras paralelas al eje principal, obligan a los altos cursos de algunos ríos, a desviar su dirección primitiva.

Los Pirineos occidentales, están definidos por los grupos montañosos comprendidos entre el Pico de Midi d'Ossau y el Cabo de Higuer, en la desembocadura del Bidasoa; el eje principal lanza una derivación hacia la depresión vascongada con las Sierras de Andía y Aralar.

A partir del Pico de Midi con 2.881 m., las altitudes de la cresta van, descendiendo hacia el oeste; en la vertiente española es muy curiosa la disposición de los contrafuertes montañosos en las provincias de Navarra y Huesca; en la vertiente francesa, la cordillera desciende bruscamente hacia el valle del Gave de Pau.

Entre los accidentes paralelos al Pirineo en el territorio español y en su zona occidental, destaca la Sierra de Guara, que enlaza por la Peña de Santo Domingo, con la Sierra de la Peña. El río Aragón que desciende rápido por el angosto valle del Cafranc de N. a S., al llegar a Jaca, desvía su curso bruscamente hacia el O., por imponerle así la situación de la Sierra de la Peña.

Desde Jaca hasta Tiermas, el Aragón marcha por el valle conocido con el tradicional y significativo nombre de "La Canal de Berdún.". Es esta una depresión intermontana de trazado casi geométrico, con su sección transversal asimétrica; en la vertiente de la Sierra de la Peña, el talud es uniforme y de pendiente brusca, en cambio en el lado N., se presentan las entradas de las hoces de los afluentes del Aragón, que descienden de las crestas del Pirineo.

“La Canal de Berdún,, desde Jaca a Tiermas, ofrece el aspecto de una gran trinchera artificial abierta a través del laberinto montañoso, para comunicar el alto Aragón con Navarra. El pueblo de Berdún, situado sobre un cerro en forma de pedestal y enclavado en el punto medio del valle, parece desempeñar el papel de vigía del mismo, y por ello queda justificada su capitalidad de la comarca natural.

La zona axial del Pirineo, está integrada por materiales agnostozoicos y paleozoicos; en ambas vertientes luego se colocan simétricamente bandas de terrenos mesozoicos y terciarios con cierta regularidad, siendo tanto mas modernos cuanto más alejados están del eje.

De estos, el que por ahora nos interesa es el numulítico, que forma una gran faja en la vertiente española, con una longitud de unos 400 kms. y una anchura media de 30; forma contacto hacia el N. con los materiales cretáceos y por el S. con el mioceno del valle del Ebro. “La Canal de Berdún,, queda enclavada en plena faja numulítica.

Pertencen estos terrenos, según Mallada, al paleógeno medio que presenta en general tres grupos estratigráficos: el primero o inferior, compuesto de calizas compactas y arcillosas, subdividido en tres niveles; el segundo o medio, margoso, caracterizado por el color gris azulado de sus elementos, con interposiciones de calizas, areniscas y vetas yesosas; el tercero o superior, también margoso, con predominio de areniscas compactas en estratos fácilmente exfoliables y conglomerados, que ya pueden considerarse como del neopaleógeno.

Según H. Pacheco, (3) los terrenos del mesopaleógeno, deben su formación a la gran transgresión marina que invadió el valle del Ebro en sentido de E. a O. penetrando por la depresión del Golfo de Rosas, y llegando hasta la zona cantábrica, sin comunicar con el mar de este nombre, quedando un istmo en la actual depresión vascongada.

Con motivo de un movimiento de báscula del fondo del valle, se inició una regresión amplia, y el golfo de la Aquitania, quedó convertido en una zona de marismas, las cuales dieron lugar a la formación de conglomerados y areniscas que constituyen las capas superiores del paleógeno.

El Pirineo, debe la iniciación de su plegamiento, a los movimientos hercinianos, mas su levantamiento principal, tuvo lugar al final del mesopaleógeno y principios del neopaleógeno; con esta acentuación

del relieve, se intensifican los fenómenos de erosión y acarreo, originando la acumulación de grandes cantidades de cantos rodados, en las cuencas lacustres, que formaron los potentes bancos de conglomerados del neopaleógeno, como pueden apreciarse en San Juan de la Peña.

La cordillera, continuó su evolución orogénica durante el terciario medio y superior, en cuyo transcurso se verifican los fenómenos de descompresión, explicados por el Profesor H. Pacheco.

Los rasgos tectónicos más característicos del Pirineo en su conjunto, son: la existencia en la vertiente N. de las cuatro zona de cabalgamiento que ha estudiado Bertrand, determinados por casas de hundimiento, con formación de numerosas fallas longitudinales. La dirección del empuje predominante del plegamiento pirenaico, parece que fué de S. a N.

Circunscribiéndonos ahora a la región epicentral del sismo que estudiamos, examinemos las figuras 1.^a a 5.^a, en las que vemos que la parte central del valle, la forman materiales correspondientes al eoceno medio (margas arcillosas), recubiertas en varios puntos aislados por lentejones de conglomerado cuaternario, que representan fragmentos de terrazas fluviales, las cuales han protegido a los materiales arcillosos subyacentes, quedando varios cerros testigos, uno de los cuales es el del pueblo de Berdún.

La pudinga de dicho conglomerado cuaternario, está cementada con recebo calizo silíceo, y forma bancos de un espesor de 6 a 20 metros, de gran resistencia y constituye un buen firme para las edificaciones. El álveo del río Aragón está labrado en el piso diluvial con anchura variable.

Al N. del valle, se presenta el eoceno medio, constituido por margas arcillosas azuladas poco coherentes y con señales de haber sufrido grandes y variados plegamientos. El Monte Orba, muestra intercalados en estas arcillas, filones de materiales yesíferos y potentes estratos calizos. A su pié aparecen algunos manantiales termales análogos a los de Tiermas.

En la figura 2.^a, hemos marcado con un trazo grueso la separación del terreno montuoso al N. y la llanura del Aragón; esta línea, a su vez, separa terrenos de diferentes estructuras y en su dirección aparecen algunos manantiales termales y otros sulfúricos en Villarreal, Asoberal, Biniés y Tiermas. La vertiente S. de la Sierra de Orba,

presenta sus estratos bruscamente cortados, como obedeciendo a un fenómeno de diastrofismo, que hubiese hundido el terreno que ha quedado a sus pies.

En la vertiente izquierda del río Aragón, la línea Artieda-Mianos-Martés-Arrés-Puente de la Reina, marca la separación de los materiales del eoceno medio del fondo del valle, y los del eoceno superior de la Sierra de Martés. Las discordancia en la estratificación y el aspecto topográfico del terreno (fig. 3.^a) indican que esta línea, probable falla, forma con su paralela, una fosa tectónica en cuya génesis hubo desplazamiento por hundimiento del bloque medio (B₂), respecto al (B₃), y del (B₁) respecto al (B₂).

La Sierra de Martés, (fig. 4.^a) presenta en su corte hacia el valle, numerosos barrancos transversales, originados por plegamientos E.-W, según parecen indicarlo sus estratos de areniscas compactas con buzamientos hasta de 45°.

Del estudio de las circunstancias apuntadas, parece poder deducirse que el eje del valle o "Canal" debió corresponder a la divisoria de un anticlinal paralelo al Pirineo. Los agentes dinámicos internos, continuaron su labor, originando una serie de plegamientos transversales, que formaron los valles regulares y paralelos de la Sierra de Martés. Por último, los fenómenos de descompresión post-miocenos, darían lugar al cuarteamiento de la región, formándose fallas, entre las que se destacan las dos longitudinales que limitan "La Canal" y otras transversales, de las cuales, delátase una con motivo del sismo 1923-25. Esta falla transversal, en la cual veremos una migración de epicentros, es la jalonada por los pueblos de Bagüés, Villarreal y Majones (figura 2.^a).

III

Electos producidos por el choque principal y primeras réplicas, en la zona pleistocénica.

Es muy difícil el poder clasificar por separado, los daños y deterioros producidos en las edificaciones por la sacudida principal (grado VIII) del 10 de Julio, y los resultantes de las primeras réplicas del mismo día, que tuvieron intensidad algo menor (grados VI y VII); el estado de excitación del vecindario, no permitió el poder apreciar tales detalles, y además es de tener en cuenta, que los edificios ya resentidos por la primera conmoción, sufrieron luego desperfectos más visibles, que los consecuentes al primer impulso del sismo.

A continuación exponemos un resumen de los datos tomados en los pueblos, circunscribiéndonos al periodo de 10 de Julio al 10 de Agosto; los referentes a fechas posteriores, fueron recibidos por correo.

BERDÚN.—Partido judicial de Jaca (Huesca). 155 vecinos. 260 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del suelo.—Está edificado en un cerro de planta alargada entre los ríos Aragón y Veral, cerca de la desembocadura de éste en el primero. Emplazado en el punto medio de "La Canal", constituye un punto de gran interés geográfico.

La cumbre del cerro, está integrada por un manto cuaternario de aluvión de canto rodado fino, con fuerte cemento calizo-silíceo, en un espesor de unos 6 m.; su sedimentación es perfectamente horizontal y discordante por lo tanto con el material arcilloso subyacente. En algunos sitios, ha desaparecido la capa cobertora, quedando al descubierto las margas compactas.

En los alrededores, se ven perfectamente otras varias terrazas cuaternarias análogas, sobre todo en las orillas del río Aragón.

Construcciones.—Merece especial atención la planta general de este pueblo, a cuya configuración se debe el que los efectos de las

sacudidas sísmicas, hayan sido bastantes atenuados. Por razón de aprovechamiento del reducido solar que ofrece la cumbre plana del cerro, se agrupan las casas formando un conjunto de planta elíptica. De este modo, las manzanas constituyen núcleos de edificaciones, en que los dos grandes muros de fachada, son casi continuos y están sujetos por numerosos muros de travesía, que les dan gran estabilidad. La parte S. del pueblo, por su forma convexa, sufrió daños muy inferiores a los de la parte N.

El material utilizado es el canto rodado grueso. Generalmente las casas tienen 2 plantas, y bastantes 3 ó 4, contando la de sótanos

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto) = 47

DIAS	HORAS	Dura- ción	Ruidos	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPONEN- TE	SENTIDO
<u>Día 10</u>							
1. ^a	5 h. 35 m.	10 s.	Trueno	Simultáneo	Fuertísima	[Hot. ⁰¹ y algo ver. ⁰¹]	S.—N.
2. ^a	5 h. 40 m.	2 s.	»	»	Regular	»	»
3. ^a	6 h. 50 m.	2 s.	»	»	Fuerte	»	»
4. ^a	9 h. 50 m.	2 s.	»	»	Regular	»	»
5. ^a	10 h. 30 m.	2 s.	»	»	»	»	»
6. ^a	12 h. 15 m.	5 s.	»	»	Fuerte	»	»
7. ^a	13 h. 40 m.	2 s.	»	»	Regular	»	»
8. ^a	17 h. 40 m.	2 s.	»	»	Muy débil	»	»
9. ^a	22 h. 45 m.	2 s.	»	»	Regular	»	»
<u>Día 11</u>							
1. ^a	6 h. 50 m.	3 s.	»	»	Fuerte	»	»
2. ^a	12 h. 40 m.	»	»	»	Regular	»	»
3. ^a	15 h. 40 m.	»	»	»	Débil	»	»
4. ^a	20 h. 50 m.	»	»	»	Muy débil	»	»
5. ^a	22 h. 55 m.	»	»	»	Débil	»	»
<u>Día 12</u>							
1. ^a	7 h. 50 m.	»	»	»	Regular	»	»
2. ^a	12 h. 10 m.	»	»	»	Débil	»	»
3. ^a	16 h. 45 m.	»	»	»	Muy débil	»	»
4. ^a	20 h. 20 m.	»	»	»	Débil	»	»
<u>Día 13</u>							
1. ^a	11 h. 30 m.	»	»	»	Muy débil	»	»
2. ^a	12 h. 50 m.	»	»	»	Débil	»	»
3. ^a	20 h. 00 m.	»	»	»	Debilísima	»	»
<u>Día 14</u>							
1. ^a	21 h. 30 m.	»	»	»	Fuerte	»	»
Del 15 al 30, una o dos sacudidas diarias.							
<u>Día 31</u>							
1. ^a	10 h. 30 m.	2 s.	»	»	Fuerte	»	»
Días del 1 al 10 de Agosto. Alguna sacudida diaria.							

Efectos producidos en los objetos.—Caida de cacharros de cocina (algunos fueron lanzados a un metro de distancia hacia el N.). Relojes de péndola parados, casi todos los del pueblo, especialmente los colocados en la pared E-O., o sea, que oscilaban en sentido perpendicular a la dirección probable del sismo; muchos de estos relojes no se desnivelaron. La campana del reloj de la torre de la iglesia, tocó en las tres primeras sacudidas.

Dentro de las casas, se observó, que los objetos ligeros colocados en las mesas, cómodas, etc., se cayeron hacia el N, mientras que, objetos más pesados y de mejor base de sustentación, se desplazaron hacia el S. sin caerse.

En dos chimeneas, había colocados unos pináculos de piedra procedentes de ornamentación de otros edificios, y uno de aquellos cayó hacia el S. En la farmacia, casi todos los frascos sufrieron desplazamiento, tanto mayor, cuanto menor era su peso. En la Lonja (explorada con dos muros de contención), se produjo un pequeño agrietamiento en el suelo, debido a un ligero desplome del muro E-O. En una herrería, las herramientas colocadas en la pared S., cayeron hacia el N. y en los muros laterales orientados hacia el N-S., hubo caída de objetos.

En las edificaciones.—En general, se ha notado ligero desplome de fachadas, acentuado en las N. y pequeño en las S. En aquellas casas en que los muros de traviesa, lo son de carga, al quedar sueltas las fachadas, el desplome ha sido mayor que en las enlazadas por las vigas. Las tejas de casi todas las casas, se movieron, sobre todo en las vertientes N. y S., más en la segunda que en la primera.

Derrumbamientos de edificios, ninguno. Id. de fachadas, solamente la N. del Ayuntamiento, que cayó al día siguiente de la sacudida principal, por haber quedado fuertemente conmovida. (Fig. 6.^a).

Agrietamiento de aristas, en todas las casas, acentuado en la parte superior por el desplome de fachadas (Fig. 7.^a). En los interiores, cuarteamiento de tabiques, caída de enlucidos, cielos rasos, etc. En los tabiques, la dirección de las grietas es oblicua según 45° , en ambos sentidos. La clave del arco del hueco de campana de la torre, descendió algo.

Como resumen de daños en las edificaciones resulta:

Casas destruidas en el sismo.	0
Idem que han quedado ruinosas.	11
Idem en las que es preciso el derribo de fachadas.	5
Idem en las que se precisan pequeñas reparaciones.	244
<i>Total</i>	260

MARTES.—Partido judicial de Jaca (Huesca). 45 vecinos. 100 edificaciones en el lugar.

Situación y naturaleza del suelo.—Está emplazado al pie de los cerros de su nombre, en el contacto del eoceno superior con el inferior del valle del Aragón (Fig. 8ª). El suelo está constituido por tierras sueltas, producto de las margas y areniscas descompuestas y arras-tradas de los cerros próximos.

Probablemente se encuentra bajo su suelo, algún lentejón de conglomerado cuaternario, pero desde luego, a una profundidad mayor de 12 ó 15 m., excesiva para buscar el firme de las edificaciones toscas y aún de las medianas de los pueblos; por lo tanto, los edificios están asentados en malas condiciones para resistir las conmociones sísmicas.

Construcciones.—El material generalmente empleado, es de sillares de cantería, producto de los estratos margosos de arcillas y areniscas compactas de la Sierra. En muchas construcciones, se emplea mortero de cal y arena, pero en las más pobres se emplea arcilla.

Algunas pequeñas viviendas y corrales, son formados con adobes en su totalidad, y en las mayoría de las casas, también se ha empleado este material en el peralte de los muros, o sea en la parte correspondiente a las bohardillas denominadas "falsas" en la comarca.

El tipo de construcción es mejor que el de las casas de Berdún, pero en cambio, la disposición aislada de las pequeñas manzanas y la falta de cimentación en firme, hace que resulte en condiciones más desfavorables dicho pueblo respecto a solidez antisísmica.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 63

Día 10	HORAS	Dura- ción	RUIDO	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPO- NENTE	SENTIDO
1.ª	5 h. 30 m.	10 s.	Bramido colosal.	Simultáneo	Fuertísima	Z y algo H	W a E
2.ª	6 h. 30 m.	2 s.	Idem más sordo.	Idem	Regular	Incierta	Idem
3.ª	7 h. 00 m.	3 s.	Id. fuerte	»	Muy fuerte	Z y algo H	»

Día 10	HORAS	Duración	RUIDO	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPONENTE	SENTIDO
4. ^a	9 h. 40 m.		Id. sordo	Simultáneo	Regular	Incierta	W a E
5. ^a	10 h. 45 m.		»	»	Fuerte	»	»
6. ^a	12 h. 30 m.		»	»	Regular	»	»
7. ^a	13 h. 50 m.		»	»	Regular	»	»
8. ^a	17 h. 30 m.		»	»	Regular	»	»
9. ^a	22 h. 45 m.	3 s.	Bramido fuerte.	»	Regular	»	»
10. ^a	Por la tarde	1 ó 2 s.	Débil	»	Débil	»	»
11. ^a	Idem	Idem	Idem	»	»	»	»
12. ^a	»	»	»	»	»	»	»
13. ^a	»	»	»	»	»	»	»
Varias	Por la noche.....	1 ó 2 s.	Débiles	»	Débiles	»	»

Día 11.—Varias sacudidas rápidas y débiles con ruidos y por la noche; fueron mejor percibidas de dos en dos horas.

Día 12.—Varias sacudidas pero más débiles día y noche.

Día 13.—Tres o cuatro bien definidas pero débiles.

Día 14.—Varias débiles y por la noche una fuerte.

Día 15.—Varias débiles.

Día 16.— » »

Día 17.— » » y a las 15 h. una fuerte.

Día 30.—Varias débiles.

Día 31.— » » y a las 8 una fuerte con efectos visibles en los edificios.

Del 1 al 9 de agosto, casi todos los días alguna, pero con mayor intervalo de tiempo.

Día 9.—A las 15 h.—Día 10. A las 18 h.—Día 11. Dos sacudidas pequeñas con ruido a las 13 h. y 21 h.

Efectos producidos en los objetos.—Una cómoda con sus cajones llenos, adosada en pared N-S., y al W. de la misma, fué separada en dicho sentido 0,20 ms. Un gramófono que estaba colocado encima de la misma, fué encontrado en el suelo hacia el N. a una distancia de 1,50 ms. Un reloj en pared E-W. no se paró, y en cambio, sí se pararon los de las paredes N-S. El vino de las bodegas no sufrió alteración, pero seis cántaros de vino especial, situados en el desván de una casa de tres plantas, se agrió como consecuencia del intenso movimiento sufrido.

Un detalle muy interesante que indica el valor fuerte de la componente vertical, es que el gran número de cuadros sujetos por dos escarpas y una cuerda, saltaron de aquellas quedando suspendidas del clavo superior; un espejo de grandes proporciones, sufrió este efecto. En la iglesia parroquial, el retablo del altar mayor, sitiado en pared N-S. y al W. de ella, sufrió una separación de 0,35 m. y varios cuadros saltaron de sus armaduras en el mismo. Algunas imágenes cayeron en varias direcciones, según su colocación.

En las edificaciones.—En las cubiertas de las casas, el movimiento de tejas fué mayor en las vertientes al E. y W. que en las normales a éstas. En dos corrales, se produjeron hundimientos totales por roturas de las cubiertas; la disposición de caída de las mismas, indica claramente que la fuerza destructora, fué según una dirección de fuerte componente vertical. En estos corrales, las armaduras estaban formadas de una manera elemental, por cuchillos de pares apoyados solamente en la cumbrera (Fig. 9.^a, 10. y 11.).

Las viviendas, todas sufrieron agrietamientos en los ángulos, sobre todo en aquellas mal enlazadas o con uniones de estructuras heterogéneas; estos agrietamientos fueron tanto mayores, cuanto mayor era la altura del edificio. Solamente una casa en que su fachada principal estaba reforzada con dos fuertes machones, sufrió escasos desperfectos, y no obstante, también tuvo el correspondiente desplome parcial.

En la iglesia parroquial, hubo desprendimientos en la coronación de los muros, cayendo los materiales del paramento exterior solamente, debido al defecto corriente, de formar tales muros, con sillares de cantera en el exterior y piedra irregular y menuda en el interior, originando una estructura de dos hojas sin trabazón, que se separaron con motivo de la sacudida sísmica (Figs. 12. y 13.)

Las cornisas formadas por grandes lajas, cayeron en casi todos los muros, además de notarse grandes agrietamientos en sentido oblicuo. La bóveda de la nave fué totalmente cuarteada, así como la del átrio, acusando un estado ruinoso bastante intenso.

En el arco de entrada, un gran sillar en parte embutido en el estribo y parte saliente para formar un asiento, fué roto (Fig. 14.), quedando levantada la parte que no encontró resistencia, lo cual denota claramente el valor de la componente vertical.

Otros detalles de rotura de materiales consecuencia de sacudida susultoria, pudimos apreciar en varios edificios, por fractura de pilares en sentido horizontal sin traslación; claro es, que esta rotura tuvo lugar, en las uniones de estructuras diferentes o en los puntos de mínima resistencia, originados por empotramiento de vigas.

Las chimeneas, suelen ser de gran embocadura en su base, descansando en fuertes marcos de madera en las cocinas, y en el exterior tienen forma cilíndrica con casquete terminal esférico. Debido a esto, hubo pequeño número de caídas, y en aquellas destruidas por

el sismo, se pudo observar, que los materiales cayeron casi en su totalidad, dentro de las cocinas.

En una casa de sólida edificación, con buena sillería en los ángulos, armaduras completas en la cubierta, etc., los efectos fueron de escasa importancia, limitados a destrucción de tabiquería, ya en mal estado anteriormente. En general, la mayoría de las viviendas han quedado ruinosas, sin condiciones de habitabilidad, y todas ellas muy expuestas a ir aumentando las dimensiones de sus grietas por las sucesivas réplicas (figs. 15, 16 y 17).

Como resumen resulta:

Casas hundidas totalmente por el sismo.....	2
Idem ruinosas que es necesario derribar totalmente.....	16
Idem id. que es id. id. solo la fachada.....	12
Idem en las que es preciso la reparación de ángulos.....	70
<i>Total</i>	100

Efectos producidos en el campo.—Las cercas de los sembrados y huertas, formadas de muros de 1,50 m. de altura y toscamente hechos, sin trabazón alguna, fueron derribados en su mayoría, notándose más brechas en los orientados N-S. que en los E-W.

En Martes se formaron bastantes resquebrajaduras en el suelo, paralelas a los escarpes y en sus bordes, producidas muchas por la rápida desecación de las masas arcillosas fuertemente hidratadas durante los días 11 y 12 de julio por el temporal de lluvias. También en algunas eras se produjeron agrietamientos en el cesped, con una profundidad de unos 0,40 m. y 0,06 m. de anchura, formadas por el movimiento ondulatorio del suelo.

Una nota de interés para nuestra información, constituye la declaración de un vecino de Martes, el que, encontrándose el día de la sacudida principal en un camino bordeado por sendas tapias, e inmediato al pueblo, se vió sorprendido por un ruido sordo parecido al "bramido de una torada", que viniendo del W. pasó rápidamente al E.; en el instante del máximo ruido, notó que el suelo se levantó unos 0,50 m. al mismo tiempo que se cayeron las tapias una al W. y otra al E.

Por los demás detalles del informador, dedujimos que el movimiento ondulatorio fué, no solo percibido, sino visible, y por haber correspondido al punto del camino donde se encontraba el observador,

un vientre positivo de la onda, cayeron los muros hacia los lados exteriores.

También tomamos notas de los relatos de otros informadores que se encontraban en el campo, y sus manifestaciones más o menos toscas, parecen coincidir, en que el movimiento acompañado de fuerte ruido, provino francamente del W.

VILLARREAL DE LA CANAL.—Partido judicial de Jaca (Huesca). 40 vecinos. 70 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del suelo.—Está fundado el pueblo al pie de las estribaciones meridionales del Cerro Maricolla, en el arranque de la depresión de "La Canal". Los edificios están asentados sobre buen firme, constituido por las margas arcillosas que afloran en todo el solar.

Estos estratos, han sufrido fuertes plegamientos locales; en general, en el emplazamiento del pueblo, buzcan hacia el E. unos 20°; las barrancadas y arroyos que cruzan los alrededores de este pueblo, siguen al dirección N-S. según valles bien definidos y labrados en sinclinales. El terreno pertenece al eoceno inferior.

Construcciones.—En su mayoría, las casas están fabricadas con sillares de cantera, procedentes de los estratos compactos margosos que proporcionan admirables elementos de construcción y de poco coste. Es frecuente el empleo del mortero de cal, aunque también se utiliza el barro arcilloso, en los corrales y casas pobres; algunos muros de travesía son de tapial. Los edificios, generalmente tienen dos plantas, algunos tres y uno cuatro. Aunque de carácter tosco, sin embargo aisladamente, ofrecen mejores condiciones de solidez que los de Martes, Berdún y Bagüés.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 31

Día 10	HORAS	Duración	RUIDO	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPONENTE	SENTIDO
1. ^a	5 h. 30 m.	8 s.	Trueno camión	Poco antes	Fuertísima	Horizontal	S. N.
2. ^a	6 h. 50 m.	3 s.	»	»	Regular	»	»
3. ^a	11 h. 00 m.	2 s.	»	»	Debil	»	»
4. ^a	12 h. 30 m.	2 s.	»	»	Regular	»	»
5. ^a	13 h. 40 m.	2 s.	»	»	»	»	»

Los días 11 al 13, varias sacudidas, no bien percibidas por los observadores.

Día 14.—Una a las 6 h. 30 m. de 4 s. de duración y carácter fuerte.

Día 15 al 31.—Varias.

Día 31.—De 22 h. a 24 h. Varias

Día 9 de Agosto.—A las 8 h. una débil, a las 17 h. otra débil y a las 22 h. una regular.

Día 10.—A las 23 h. 30 m. una regular.

Día 11.—A las 9 h. una débil.

Efectos producidos en los objetos.—Algunos cuadros en paredes E-W., cayeron y un espejo apoyado en encarpías, salió de ellas, indicando que el empuje provino del S. o del S-W. con fuerte componente vertical. En una mesa, una botella cayó hacia el N. La mayoría de los relojes de péndulo, se pararon, sobre todo los orientados E-W. En la planta baja de una casa, observó una sirvienta, como varios cántaros situados en el suelo llenos de agua cayeron, y uno de ellos, sufrió sacudida susultoria.

Los alambres del flúido eléctrico, oscilaron de arriba a abajo durante algún tiempo, después de la sacudida. Una alacena fué separada de su emplazamiento hacia el N. Un despertador de una rinconera, cayó hacia el N-E. encontrándolo en el suelo a unos 2 m. de su sitio. Un cubo de cinc con agua en cantidad tal, que faltaría un centímetro para llenarse, se inclinó hacia el S. hasta derramarse algo del líquido; conocidas las dimensiones de la vasija se observó que el suelo llegó a inclinarse en el movimiento ondulatorio unos 5° .

Un vaso de vidrio en una mesa de noche, se fué corriendo hacia el N. por pequeños saltos, hasta que cayó al suelo. Un cuadro colgado de un solo clavo en pared N-S. quedó inclinado hacia el N. En el oratorio de una casa particular, cayeron imágenes y crucifijos hacia el S. El reloj de la torre de la iglesia, sonó y la campana del mismo ya rajada, ha aumentado su agrietamiento, teniendo ahora un sonido más ronco. Un lavabo palanganero de madera, cayó hacia el S.

En las edificaciones.—En la iglesia parroquial, se desprendió un buen trozo de cornisa de defectuosa construcción. Todos los edificios con fachada al N. y al S., han tenido desplomes más o menos intensos, máximo en las al N. y sobre todo en aquellas en que no tiene apoyo de la vigería.

Las vigas orientadas N-S. han tenido muchos desencarcelamientos en el lado N., motivados por vibración de las mismas y el desplome del muro. Las tejas, sufrieron movimiento en todas las casas, pero sobre todo en las vertientes del mediodía.

Los agrietamientos, se han producido casi todos, en las uniones de estructuras distintas (mampostería y tapial) o en los ángulos mal enlazados; en la tabiquería, las grietas son casi verticales y lo mismo sucede en los muros de travesía orientados N-S.

En algunos corredores del mediodía, los pilares sufrieron ligero desplome hacia el S., con agrietamientos que arrancan en el apoyo de las vigas. Caída de chimeneas hubo pocas, y las derribadas lo fueron hacia el S. o S-W. La casa núm. 10 de la calle de la Plaza, de moderna construcción y con cuatro plantas, sufrió un desplome acentuado de la fachada S., originando fuerte agrietamiento en los ángulos del piso superior.

El resumen de los desperfectos en las edificaciones de este pueblo, es el siguiente:

Casas destruidas por el sismo	1
Id. ruinosas y que es preciso derribar totalmente	5
Id. en las que hay que derribar fachadas	9
Id. en las que hay que efectuar pequeñas reparaciones	55
<i>Total.</i>	70

Efectos producidos en el campo. — Algunos observadores del fenómeno sísmico en el campo, notaron un fuerte ruido como de trueno o paso de camión, y a los pocos instantes del comienzo del ruido, percibieron la sacudida ondulatoria. Los que estaban próximos a edificios, creyeron ver cómo las paredes se movían hacia ellos; el fenómeno cesó bruscamente.

En un rebaño, dos cabras cayeron al suelo. Un mulo que marchaba cargado con un gran saco, osciló de tal modo, que el saco cayó. En la parte S. del pueblo, una fuente de dos caños, que alimentaba a un abrevadero, se secó, y asimismo quedó sin agua un pozo próximo, propiedad del municipio. Otros pozos más elevados, sufrieron un descenso de nivel de unos 5 m. En los barrancos, a poca distancia del pueblo, también se secaron dos manantiales. Examinando el emplazamiento de los pozos y fuentes resulta lo siguiente: El subsuelo está constituido por margas hojosas arcillosas, de estratos compactos, con interposición de materiales algo alterados, que en cada caso, suelen servir de lechos impermeables.

Ya dijimos que el buzamiento de las capas sedimentarias es de

unos 30° al E. o más bien hacia el S-E.; el nivel hidrostático o superficie piezométrica A-B (Fig. 18), sigue aproximadamente la misma inclinación, que es también la de la superficie del terreno. Los pozos P₂ y P₃ presentan una profundidad de 10 a 15 m. y el P₁ solamente 6; la fuente F, era alimentada por captación del mismo manto acuífero.

Como consecuencia del movimiento ondulatorio, de las capas superficiales del suelo durante el sismo, debió agrietarse el estrato E-E base de la capa freática, originando un descenso de la misma, hasta descansar en el segundo estrato E'-E', quedando el nivel hidrostático, 5 m. más bajo que antes del movimiento sísmico, según indica la línea A'-B'.

Consecuencia de la perturbación indicada, ha sido que un pozo P₁ y la fuente F, han quedado agotados, mientras que los otros siguen con agua, aunque a mayor profundidad. Si se ahondase el pozo núm. 1 y se realizase un nuevo emplazamiento de la fuente-abrevadero F, en otro punto más bajo, seguramente se encontraría de nuevo el líquido apetecido. También se ha dado el caso de aumento de caudal de agua, en algunas otras fuentes de las inmediaciones del pueblo, pero lo más probable será, que tal aumento haya sido motivado, por el régimen de lluvias que tuvo lugar durante los días del 11 al 20 de Julio.

MIANOS.—Partido judicial de Sos. Provincia de Zaragoza. 44 vecinos. 45 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del suelo.—La posición geográfica de Mianos, es parecida a la de Martes, pero su emplazamiento es algo más elevado, descansando en terreno firme, constituido por margas arcillosas y areniscas del eoceno superior; en la parte baja se encuentra algún lentejón de conglomerado cuaternario.

Construcciones.—Los estratos de areniscas y arcillas compactas, proporcionan muy buenos sillares, naturalmente escuadrados, por lo cual, las construcciones resultan baratas; como no hay piedra caliza en los alrededores, se usa poco el mortero de cal, que es sustituido por barro arcilloso. El tipo de construcción de Mianos es muy parecido al de Martes, aunque sus edificios ofrecen la ventaja sobre los de éste, de que el firme es de buena calidad.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 34

Día	HORAS	Duración	RUIDO	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPONENTE	SENTIDO
1. ^a	5 h. 30 m.	6 á 8 s.	Zumbido sordo	Durante Después	Fuertísima	»	S-N
2. ^a	5 h. 45 m.	2 á 3 s.	Trueno lejano	»	Regular	»	»
3. ^a	7 h. 00 m.	2 s.	»	»	Fuerte	»	E-W
4. ^a	10 h. 50 m.	2 s.	»	»	Regular	»	»
5. ^a	12 h. 15 m.	3 s.	»	»	Fuerte	»	»

Por la tarde y noche varias de menor importancia, y a las 23 h. o a las 24 una bastante fuerte.

Día 11 al 13.—Varias débiles.

Día 14.—Una bastante fuerte.

Días 15 al 20.—Varias débiles y regulares.

Día 21.—A las 0 h. y 50 m. una regular con ruido explosivo.

Día 31.—Varias débiles y una regular a las 8 h.

En Agosto, del 1 al 9, casi todos los días algunas débiles.

Día 10.—A las 22 h. una en forma de explosión.

Efectos producidos en los objetos.—Caida de cuadros colgados en varias direcciones; una imagen de 0,50 m. de altura, se cayó hacia el N. en el altar mayor de la iglesia, y varios crucifijos se descolgaron. Se pararon casi todos los relojes en las casas y el de la torre de la iglesia. Muchos objetos en el interior de las casas cayeron en varias direcciones, predominando las de E-W. En la iglesia parroquial, la pila bautismal de 1,20 m. de altura y de 0,40 de diámetro del pilar, fué desplazada hacia el W. En el púlpito, el baldaquino del tornavoz, se desvió al E.

En las edificaciones.—El desplome de fachadas es general, pero acentuado en las del E., y sobre todo en aquellas sin cargas de vigas.

En la iglesia, se derrumbó la imposta de piedra de la coronación de un muro, y se corrieron, y aún cayeron al suelo, algunas losas de piedra con que se cubría la teja. En el artesonado de dicha iglesia, se separaron las cabezas de las vigas, un centímetro. En una ventana descendió la clave del arco. Un arco formero de bóveda, orientada E-W., se ha agrietado; el muro E. de la sacristía se ha separado algo, y todos los muros del edificio en general, han sido resentidos. En la torre hubo algunos agrietamientos (Fig. 19).

Resumen:

Edificios caídos por el sismo	1
» ruinosos y que es preciso derribar totalmente.....	3
» en los que es preciso derribar la fachada.....	2
» en los que es preciso reparar ángulos, etc.....	6
» en los que es preciso efectuar pequeñas reparaciones.....	33
<i>Total</i>	45

ARTIEDA.—Partido judicial de Sos. Provincia de Zaragoza. 47 vecinos. 49 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del suelo.—Está emplazado el pueblo, en una terraza prolongación de las estribaciones de los montes de Artieda, en el contacto del eoceno superior y medio. El material del subsuelo, está constituido por las correspondientes margas compactas y hojosas de igual naturaleza que en Mianos y cubiertas por un lentejón de conglomerado cuaternario, que proporciona un buen firme para las edificaciones.

Construcciones.—Son del mismo tipo que las de Mianos.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 24

Día 10	HORAS	Dura- ción	Ruidos	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPONEN- TE	SENTIDO
1. ^a	5 h. 30 m.	4 s.	Trueno lejano	Simultáneo	Fuertísima	Horizontal y algo vertical	E - W
2. ^a	7 h. 10 m.	2 s.	»	»	Regular	»	»
3. ^a	12 h. 35 m.	2 s.	»	»	Fuerte	»	»

En los demás días de Julio se notó una sacudida diaria y en algunos dos.

Día 31.—A las 11 h. una fuerte.

En Agosto hasta el día 10, dos o tres pequeñas; en todas ellas ruidos al mismo tiempo.

Efectos producidos en los objetos.—Análogos a los de Mianos, como caída de vasijas y adornos, en direcciones E-W. El reloj de la torre, sonó; se pararon bastantes relojes de péndulo, sobre todo los orientados al N-S. El tanto por ciento de caídas de objetos, así como de relojes parados, indica que la intensidad sísmica fué bastante menor que en Mianos.

En las edificaciones.—Desplome de los muros de fachada, sobre todo los del W. En todas las casas, quedaron los ángulos abiertos y la tabiquería sufrió grandes desperfectos.

Resumen:

Casas destruidas por el sismo.....	0
Id. ruinosas y que es necesario derribar....	3
Id. id. id. id. id. la fachada.....	4
Id. id. id. id. reparar ángulos.....	0
Id. id. id. id. efectuar pequeñas reparaciones.....	72
<i>Total</i>	79

BINIÉS.—Partido judicial de Jaca (Huesca). 53 vecinos. 93 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del suelo.—Está Biniés en la entrada del pintoresco desfiladero “La Foz de Biniés” surcado por el río Veral y por cuyas angosturas del valle, serpentea el camino de Ansó.

Construcciones.—Se utiliza el canto rodado de grandes dimensiones y toscamente escuadrado; en los ángulos, sillares de cantera procedentes de las margas arcillosas del eoceno medio. El tipo de construcción, es parecido al de Berdún, pero de mejor aspecto y mayor solidez.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 18

Día 10	HORAS	Duración	RUIDO	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPONENTE	SENTIDO
1. ^a	5 h. 30 m.	10 s.	Trueno camión	Un poco antes	Fuertísima	Horizontal	S-W-N-E
2. ^a	7 h. 00 m.	2 s.	»	»	Regular	»	»
3. ^a	12 h. 35 m.	2 s.	»	»	Fuerte	»	»

Días 20 y 21.—Comociones regulares con ruidos. En el resto de los días de Julio hubo varias regulares y débiles.

En Agosto hasta el 10, muy pocas y muy débiles.

Efectos producidos en los objetos.—El reloj de la torre sonó; en la iglesia parroquial, una cruz cayó hacia el W. Un espejo grande colocado en la dirección N-S. cayó hacia el W. á 0,40 m. de distancia de donde estaba, en sentido horizontal. En el interior de las viviendas, la mayoría de los vecinos, apreciaron el movimiento horizontal de las camas. Se pararon varios relojes de péndulo. También hubo caída de objetos, como vasos, botellas, etc., aunque en número mucho menor que Berdún.

En los edificios.—En la iglesia parroquial, en un arco de sillería,

cuyo hueco estaba tapiado, se desplomó el tabique hacia el W. En la sacristía, la bóveda fué rajada en dirección diagonal, indicando claramente que el empuje provino del SW.

También se notó algún cuarteamiento de muros, ya averiados con anterioridad. En un tejado a cuatro aguas, se marcaron los mayores desperfectos en la vertiente S. En el palacio del Marqués de Ayerbe, soberbia construcción de sillería labrada, no se produjo ningún desperfecto en los torreones, y solamente en la parte ruinoso, aumentaron algo las grietas. En las casas particulares, hubo los desplomes corrientes en las fachadas, acentuados en las del N. y NE.

Resumen:

Casas destruidas por el sismo.....	0
Id. ruinosas y que es necesario derribar totalmente.....	1
Id. id. y que es id. id. fachadas.....	3
Id. en las que hay que reparar ángulos.....	6
Id. en las que hay que efectuar pequeñas reparaciones.....	83
<i>Total</i>	93

En el campo.—Varios campesinos, aseguran que el ruido, así como la dirección de la sacudida, parecían venir de los montes de Martes. En las inmediaciones del pueblo, una fuente se enturbió.

BAGÜÉS.—Partido judicial de Sos. Provincia de Zaragoza. 36 vecinos. 67 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del suelo.—Este pueblo queda enclavado fuera de la "La Canal", en el terreno fuertemente plegado de la Sierra de Martes, y en la vertiente izquierda del barranco Reglesién, que vierte sus aguas en el Aragón.

La Sierra de Martes, además de haber sido plegada en sentido paralelo al eje del Pirineo, presenta otro plegamiento en sentido transversal con buzamientos en los estratos de 20° a 30°. Sus materiales pétreos son margas arcillosas y sobre todo areniscas hojosas y compactas, pertenecientes al coceno superior. Situado Bagüés en un repliegue del terreno citado, sus edificios tienen excelente firme en la roca que aflora en todos los puntos de su solar.

Construcciones.—El material de construcción, análogo al de los pueblos de Mianos, Artieda etc., es magnífico y de poco coste, pero no obstante, los edificios son defectuosos por su rusticidad, y sobre todo, por la carencia de morteros de cal y arena, lo cual hace que la

gran mayoría de los muros, estén trabados con arcilla, y como no tienen revestimiento exterior, las lluvias ejercen su acción disolvente en el mortero de barro, quedando las piedras de la fábrica casi sueltas. Solamente una o dos casas, son de cuatro plantas, el resto de dos y algunas de tres. En las viviendas pobres, también hay algunos muros de tapial o adobes.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 47

Día	HORAS	Duración	RUIDO	¿CUÁNDO?	INTENSIDAD	COMPONENTE	SENTIDO
1. ^a	5 h. 30 m.	10 s.	Trueno ca mién	Al mismo tiempo	Fuertísima	Z. y algo H.	
2. ^a	6 h. 00 m.	2 s.	»	»	Regular	»	
3. ^a	6 h. 55 m.	2 s.	»	»	»	»	
4. ^a	11 h. 00 m.	3 s.	»	»	Fuerte	»	
5. ^a	10 h. 45 m.	2 s.	»	»	»	»	

Por la tarde y noche varias regulares y débiles en número de 9 a 10.

Día 11 al 13.—Todos ellos una sacudida y algunos varias.

Día 14.—A las 15 h. una fuerte de 4 a 5 s. de duración, con desperfectos en los edificios.

Días 15 al 30.—Todos los días algunas, siendo mejor percibidas por la noche.

Día 31.—A las 7 h. una de 3 s. de duración y fuerte, aunque algo menos que la del día 14.

Efectos producidos en los objetos.—Casi todos los relojes orientados E-W. se pararon, y muchos de los orientados en la otra dirección también. Una lámpara de petróleo, osciló ampliamente en la 3.^a sacudida (en la 1.^a sacudida estaban los vecinos acostados en su mayoría). Varios objetos ligeros situados en cómodas, rinconeras, etcétera, cayeron casi todos hacia el N.

En la iglesia, apenas pudimos tomar datos eficaces de caída de objetos, por haber sido cerrada al culto, y por lo tanto desprovista de imágenes; sin embargo, vimos un retablo en pared E-W., separado hacia el S. unos 0,25 m. y algunos candelabros que fueron lanzados al suelo a unos 4 ó 5 m. de distancia. También hubo caídas de trozos de cornisas, elementos decorativos, etc.

En los edificios.—La iglesia parroquial que ya con anterioridad a nuestra visita había sido mandada cerrar por el Arquitecto provincial de Zaragoza, presenta en su ruina detalles de gran interés. Es un edificio estilo románico, muy bien construído, con muros de mam-

postería ordinaria y ábside de sillería labrada; tiene un cuerpo central amplio, con cubierta de madera labrada y artesonado sencillo; el costado derecho, se prolonga según una pequeña nave, y luego por otro cuerpo adosado exteriormente, con machones de refuerzo en los muros. En el costado izquierdo, solamente hay contiguo un cuarto pequeño de diferente estructura, y sin trabar con el cuerpo del muro principal.

El efecto de la sacudida, ha sido un descenso en bloque, del muro lateral izquierdo con abombamiento del suelo en el exterior (antiguo cementerio), y en el interior (pavimento de ladrillo); como la parte derecha, por razón de su mayor cohesión y mejor base de sustentación, no ha sido conmovida, el efecto es el indicado en la fig. 20. El cuarto adosado a la izquierda, ha sufrido desplome hacia el N. Si el templo hubiese tenido bóveda de fábrica, en lugar de armadura de madera, se hubiese cuarteado totalmente, como lo ha sido la pequeña cúpula del ábside.

También ha debido contribuir al fácil descenso del muro N., el reblandecimiento del terreno originado por la absorción de aguas en el cementerio lateral; de todos modos, el valor de la componente vertical ha sido grande; el de la horizontal, ha producido también su efecto lanzando un retablo hacia el S.

Un muro de una casa-corral, sufrió agrietamientos notables como consecuencia del empuje vertical (Fig. 21.). Otro efecto parecido tuvo lugar en otra casa de la calle de la Torre, con desprendimiento de la cumbreira en el apoyo del muro (Figs. 22. y 23.)

No obstante haber sido muy intensa la sacudida, como lo demuestran los daños sufridos en los edificios, cayeron pocas chimeneas, debido a su forma cilíndrica. En los edificios particulares del pueblo, los muros orientados E-W. han sufrido mayor desplome (a igualdad en las demás condiciones) que los N-S; la dirección de la componente horizontal ha sido N-S.

En resumen:

Casas destruidas completamente por el sismo	7
Id. que es preciso destruir	12
Id. en las que es necesario derribar fachadas	12
Id. en las que es id. reparar aristas y ángulos	} 36
Id. en las que es id. efectuar pequeñas reparaciones	

Total..... 67

Efectos producidos en el campo.—Varios observadores aseguran que el ruido lo sintieron venir de la parte de Martes. También notaron movimiento ondulatorio en el camino de dicho pueblo.

BALLO.—Partido judicial de Jaca (Huesca). 92 vecinos. 188 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del suelo.—Está construído en terreno suavemente ondulado, cuyos materiales son areniscas y arcillas hojosas y compactas del eoceno superior, que proporcionan buen firme a las casas.

Construcciones.—Son de mampostería en las que se han utilizado buenas piezas trabadas con morteros de cal y arena, o simplemente con barro arcilloso. La mayoría de las viviendas son de dos o tres plantas, y bastantes de cuatro.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 14

Día 10	HORAS	Dura- ción	RUIDO	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPO- NENTE	SENTIDO
1. ^a	5 h. 30 m.	10 s.	Trueno	Algo antes	Muy fuerte	H.	N-W. S-E
2. ^a	7 h. 00 m.	3 s.	»	»	Regular	»	»
3. ^a	12 h. 30 m.	4 s.	»	»	Fuerte	»	»
4. ^a	13 h. 50 m.	3 s.	»	»	Regular	»	»

En el resto del mes solamente se notaron dos sacudidas fuertes, y alguna que otra débil.

En Agosto, no se sintió ninguna.

Efectos producidos en los objetos.—Relojes parados, solamente algunos; caída de objetos, hubo bastantes, aunque en número muy inferior a la de los pueblos anteriores, y sin poder precisar sentido predominante en la caída.

En las edificaciones.—Hubo el agrietamiento general de ángulos en todas, aunque con caracteres muy débiles en su mayoría. Las casas ya medio ruinosas con anterioridad, sufrieron bastante, quedando algunas fachadas con desplomes accentuados. También sufrió bastante deterioro una casa de moderna construcción con cuatro plantas, en la que el desplome de un muro en el último piso fué importante.

De chimeneas, solamente hubo dos que perdieron la caperuza o cúpula de ladrillo. En los tejados, se formaron bastantes goteras por corrimientos de tejas, acentuándose los desperfectos en las vertientes

S. y SE. En la iglesia parroquial, cayó un trozo de cornisa y se resintió la bóveda del coro, aunque sin amenazar ruina.

En resumen:

Casas destruidas por el sismo	0
Id. ruinosas y que es preciso derribar.	3
Id. en las que es preciso derribar fachadas	8
Id. en las que es preciso reparaciones pequeñas y arreglo de ángulos.	177

Total..... 188

En el campo.—En las huertas, cayeron algunas tapias de piedra. En varios pozos y fuentes del pueblo, se enturbiaron las aguas, durante este accidente dos días.

LARUÉS.—Partido judicial de Jaca. Provincia de Huesca. 60 vecinos. 74 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del suelo.—Está asentado en terreno de suaves ondulaciones; la constitución geológica del suelo, es la misma que la de Bailo.

Construcciones.—Análogas también a las de Bailo, si bien de carácter más pobre.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 26

Día 10	HORAS	Dura- ción	Ruidos	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPONEN- TE	SENTIDO
1. ^a	5 h. 30 m.	4 ó 5 s	trueno	Algo antes	Muy fuerte	H.	N-S.
2. ^a	7 h. 10 m.	2	»	»	Regular	»	»
3. ^a	12 h. 30 m.	3	»	»	Fuerte	»	»

En este mismo día tres sacudidas más de carácter débil.

Día 14.—A las 8 h. 30 m. una regular.

Día 31.—A las 6 h. 30 m. una fuerte.

En Agosto unas seis sacudidas hasta el día 10.

Efectos producidos en los objetos.—Se pararon gran número de relojes, y uno que estaba parado en pared N-S. comenzó a marchar con motivo de la sacudida del día 14 de Julio.

Caida de objetos, hubo bastantes, indicando que la dirección del movimiento provino del N.W.

En las edificaciones.—En la iglesia quedó una capilla ruinoso, por estar ya vencido con anterioridad el muro exterior.

En el pórtico, se nota un descenso de la clave en el arco ya resentido. Un trozo de cornisa cayó hacia el N.

En resumen:

Casas destruidas por el sismo	0
Id. que es preciso derribar	3
Id. en las que hay que derribar la fachada	6
Id. en las que hay que reparar ángulos, aristas, etc	65
Id. en las que hay que hacer pequeñas reparaciones	
Total	74

En el campo.—Las fuentes se enturbiaron.

ARRÉS.—Partido judicial de Jaca. Ayuntamiento de Bailo. Provincia de Huesca. 24 vecinos. 63 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del terreno.—Este pequeño pueblo, se halla enclavado en un agreste pico formado por un paquete de estratos areniscos, colocados con un buzamiento de unos 25° al S. (Figura 24.)

Construcciones.—Son escasas y se agrupan al pie de un viejo torreón, resto de antigua fortaleza. El firme es excelente y sus edificios contruidos con buena piedra y mal trabada, son de aspecto pobre y endeble.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 30

Día 10	HORAS	Duración	Ruidos	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPONENTE	SENTIDO
1. ^a	5 h. 30 m.	8 s.	Trueno	Algo antes	Muy fuerte	H.	W-E.
2. ^a	6 h. 50 m.	»	»	»	»	»	»
3. ^a	12 h. 30 m.	»	»	»	»	»	»
4. ^a	13 h. 40 m.	»	»	»	»	»	»

En el mismo día hubo algunas más débiles, sin poder precisar la hora.

En el resto del mes, casi todos los días hubo alguna, destacándose los 14 y 31 por la intensidad del movimiento.

En los diez primeros días de Agosto, fueron sentidas unas seis o siete sacudidas.

Efectos producidos en los objetos.—Caida de dos chimeneas y de gran número de pequeños objetos. Muchos relojes se encontraron parados. En la iglesia, cayó una imagen hacia el S.

En los edificios.—La torre de la iglesia quedó algo resentida. En

las casas. hubo el consiguiente desplome de fachadas. En el "Torrazo" (torreón de la antigua fortaleza) se desprendió un buen trozo de muro y algunas piedras de la cornisa. (Fig. 25.),

En resumen:

Casas derribadas totalmente por el sismo.....	0
Id. que es preciso derribar.....	2
Id. que es id. id. la fachada.....	5
Id. que es id. arreglar ángulos, aristas, etc.....	56
Id. que es id. efectuar pequeñas reparaciones.....	
<i>Total.</i>	63

SANTA ENGRACIA.—Partido judicial de Jaca (Huesca).
65 vecinos. 168 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del terreno.—Está construido sobre un lentejón de conglomerado cuaternario, análogamente a Berdún, Biniés, etc. con buen firme en las edificaciones.

Construcciones.—Las casas son del mismo tipo que las de la mayoría de los pueblos ya reseñados, es decir, de mampostería mal trabada con arcilla, por lo general.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 15

Día 10	HORAS	Duración	RUIDO	¿CUÁNDO?	INTENSIDAD	COMPONENTE	SENTIDO
1. ^a	5 h. 30 m.	10 s.	Trueno	Algo antes	Muy fuerte	Horizontal	SW-NE
2. ^a	7 h. 00 m.	3 s.	»	»	Regular	»	»
3. ^a	10 h. 00 m.	1 s.	»	»	»	»	»
4. ^a	12 h. 20 m.	1 s.	»	»	»	»	»
5. ^a	13 h. 30 m.	3 s.	»	»	Fuerte	»	»

Día 14.—Otra bastante fuerte a las 20 h.
Día 31.—Otra id. id. a las 6 h. 30 m.
En los días intermedios apenas se ha sentido alguna. En Agosto, hasta el 10, ninguna.

Efectos producidos en los objetos—Hubo gran número de objetos caídos, muchos de ellos hacia el S.; relojes parados, varios, pero en proporción con los efectos de los otros pueblos, se nota una intensidad mucho menor que en Berdún y en Villarreal.

En los edificios.—También hubo agrietamientos de aristas con desplome de muros más o menos acentuados.

En resumen:

Casas destruidas por el sismo	0
Id. en las que es preciso su derribo total	3
Id. en las que es id. el id. de fachadas	7
Id. en las que es id. arreglar aristas y ángulos	158
Id. en las que es id. efectuar pequeños arreglos	
<i>Total</i>	168

ASOBERAL. — Partido judicial de Sos. Ayuntamiento de Sigüés (Zaragoza). 24 vecinos. 39 edificios en el lugar.

Su situación y naturaleza del terreno.—Está asentado al pie del monte Orba, sobre los estratos arcillosos del eoceno medio, en terrenos análogos a los que sirven de fundamento a Villarreal. En varios puntos son cortados aquellos por filones yesíferos.

Construcciones.—Son en su mayoría de adobes, por no existir en las inmediaciones canteras de fácil explotación; los muros están revestidos con mortero de cal y arena; la primera procedente de los estratos calizos del monte Orba y la segunda del río Aragón.

En varios edificios se ha construido una planta de mampostería y las otras de adobes. El aspecto de las casas es de buen efecto, pero resultan de escasa solidez y duración; sin embargo se han comportado mejor en las sacudidas, que las casas de mampostería mal trabada.

Sacudidas percibidas (10 de Julio al 10 de Agosto): 32

Día 10	HORAS	Dura- ción	RUIDO	¿CUANDO?	INTENSIDAD	COMPO- NENTE	SENTIDO
1. ^a	5 h.	12 s.	Como des- carga eléc- trica . . .	Al mismo tiempo	Fuertísima	Horizontal	S-N.
2. ^a	7 h. 2 m.	»	»	»	Regular	»	»
3. ^a	11 h. 00 m.	»	»	»	»	»	»
4. ^a	12 h. 30 m.	»	»	»	Fuerte	»	»

Por la tarde y noche hubo bastantes más débiles.

Días 14 y 31.—Hubo varias sacudidas fuertes que originaron movimientos en la vajilla. En el resto de los días del mes, se notaron algunas. En los 10 primeros días de Agosto, solamente dos o tres fueron percibidas.

Efectos producidos en los objetos.—Por lo que respecta a la caída de objetos, relojes parados, etc., hemos comprobado que la intensidad

fué parecida a la de Villarreal, si bien algo inferior; la dirección en el empuje fué de S. a N.

En los edificios.—Casi todos han sufrido el cuarteamiento de aristas y ángulos, y aquellas casas que ya estaban verdaderamente ruinosas, han quedado inhabitables. Las casas de dos plantas de adobe, con sus muros enlucidos por ambos paramentos, han sufrido muy poco o casi nada, y hasta una casa del mismo material con cuatro plantas, apenas ha tenido ligero desplome de un muro.

En resumen:

Casas destruidas totalmente por el sismo.....	0
Id. ruinosas que es necesario derribar.....	4
Id. id. que es id. id. parcialmente.....	5
Id. id. que es id. hacer reparaciones.....	30
<i>Total</i>	39

En el campo.—En las inmediaciones del pueblo, un manantial termal, cuyas aguas tienen las mismas características que las de Tiermas, no sufrió alteración en su composición ni temperatura.



IV

Trazado de isosistas

Para la determinación de los grados de intensidad, hemos empleado dos procedimientos: uno intensivo, circunscrito a la zona epicentral, llevado a cabo personalmente en el propio terreno, y el otro extensivo, valiéndonos de la información organizada provisionalmente, mediante el envío de tarjetas-cuestionarios.

Para la primera investigación, recorrimos la mayor parte de los pueblos enclavados en "La Canal", y fácilmente pudimos comprender que debíamos concentrar nuestra atención en los 12 de los alrededores de Berdún. En ellos practicamos un minucioso reconocimiento, cuyo resultado hemos expuesto sintéticamente en el capítulo anterior.

De unos pueblos a otros, aún estando muy próximos, varían de modo notable los procedimientos constructivos, como consecuencia de la naturaleza de los materiales naturales disponibles, del grado de riqueza y de otras circunstancias locales. Por esta razón, los efectos fueron muy distinto para la misma intensidad de la conmoción del suelo, y de habernos guiado solamente por los datos informativos recibidos por correo, hubiera sido muy diverso el resultado obtenido al trazar las líneas isosistas.

Para la asignación del grado de intensidad, con arreglo a la escala de Forel-Mercalli, modificada por Sieberg, hemos tomado como base el número de edificios hundidos, arruinados o averiados, en tanto por ciento del total de cada pueblo. Se han tenido muy en cuenta las circunstancias modificativas antes citadas y hemos llegado al resultado que se indica a continuación:

CUADRO I

Determinación del grado de intensidad por el efecto producido en los edificios

PUEBLOS	EDIFICIOS EN TOTAL	HUNDIDOS	ARRUINADOS	FUERTEMENTE CONMOVIDOS
Berdún	260	0 ‰	4 ‰	53 ‰
Martes	100	2 ‰	16 ‰	12 ‰
Villarreal	70	1,4 ‰	7,1 ‰	12,8 ‰
Mianos	45	2,2 ‰	6,7 ‰	4,4 ‰
Artieda	79	0,0 ‰	3,8 ‰	5,1 ‰
Biniés	93	0,0 ‰	1,1 ‰	3,2 ‰
Bagüés	67	10,5 ‰	17,9 ‰	17,9 ‰
Bailo	188	0,0 ‰	1,5 ‰	4,2 ‰
Larués	74	0,0 ‰	4,1 ‰	8,1 ‰
Arrés	63	0,0 ‰	3,2 ‰	7,9 ‰
Santa Engracia	168	0,0 ‰	1,7 ‰	4,2 ‰
Asoberal	39	0,0 ‰	10,2 ‰	12,6 ‰

Comparando los tantos por cientos que resultan en las columnas últimas, podemos formar las siguientes relaciones: la 1.^a con arreglo al resultado del tanto por ciento de edificios hundidos; la 2.^a por los arruinados, y la 3.^a por los conmovidos. En cada una están colocados por orden de mayor a menor intensidad.

1. ^a	{ Bagüés. Mianos. Martes. Villarreal.	2. ^a	{ Bagüés. Martes. Asoberal. Mianos. Villarreal. Berdún. Larués. Artieda. Arrés. Santa Engracia. Bailo. Biniés.	3. ^a	{ Berdún. Bagüés. Villarreal. Asoberal. Martes. Larués. Arrés. Artieda. Mianos. Santa Engracia. Bailo. Biniés.
-----------------	--	-----------------	---	-----------------	---

De estas relaciones formamos tres grupos ordenados:

1. ^o	{ Bagüés. Mianos. Martes. Asoberal. Berdún. Villarreal.	2. ^o	{ Larués. Arrés. Artieda. Santa Engracia.	3. ^o	{ Biniés. Bailo.
-----------------	--	-----------------	--	-----------------	---------------------

Si añadimos algunos detalles particulares de construcción, se pueden colocar en la siguiente forma:

Grupo 1.º	{ 1.º Martes. 2.º Bagüés. 3.º Berdún. 4.º Mianos. 5.º Villarreal. 6.º Asoberal.	Grupo 2.º	{ 1.º Arrés. 2.º Artieda. 3.º Larué.º. 4.º S.ª Engracia.	Grupo 3.º	{ 1.º Bailo. 2.º Biniés.
-----------	--	-----------	---	-----------	-----------------------------

CUADRO II

Determinación del grado de intensidad por el número de sacudidas

Si tenemos en cuenta el número de sacudidas sentidas en cada pueblo, podremos deducir un orden que nos indicará la mayor o menor distancia del epicentro:

PUEBLOS	DI A 10 DE JULIO	DEL 10 AL 31	DEL 1 AL 10 DE AGOSTO	TOTAL
Berdún	12	28	7	47
Martes	18	35	10	63
Villarreal	5	20	6	31
Mianos	8	20	6	34
Artieda	3	18	3	24
Biniés	3	12	3	18
Bagüés	15	25	7	47
Bailo	4	10	0	14
Larués	7	15	4	26
Arrés	7	18	5	30
Santa Engracia	5	10	0	15
Asoberal	12	18	2	32

El orden deducido es el siguiente:

Martes, Berdún, Bagüés, Asoberal, Mianos, Villarreal, Arrés, Larué, Artieda, Biniés, Santa Engracia, Bailo.

CUADRO III

Determinación del grado de intensidad por los efectos producidos en los objetos

Se puede adoptar el siguiente orden con arreglo a lo ya expuesto:
 1.º Martes. 2.º Bagüés. 3.º Berdún. 4.º Mianos. 5.º Asoberal.
 6.º Villarreal. 7.º Arrés. 8.º Artieda. 9.º Santa Engracia. 10.º Larué.
 11.º Biniés y 12.º Bailo.

CUADRO IV

Grados definitivos de intensidad

Berdún.—Si examinamos la escala F.-M., vemos que los efectos producidos por la sacudida principal del día 10, permiten asignarle el grado VII $\frac{1}{2}$.

Villarreal.—Incluido en el grado VII ampliamente, se le puede señalar el VII $\frac{1}{4}$.

Mianos.—Efectos parecidos a los de Berdún. VII $\frac{1}{2}$.

Artieda.—Grado inferior a los anteriores, aunque de lleno en el VII y aún el VII $\frac{1}{4}$.

Biniés.—Aunque con algo menos intensidad que en Artieda, también se le puede asignar el VII $\frac{1}{4}$.

Bagüés.—Efectos análogos a los de Martes; VII $\frac{3}{4}$.

Bailo.—VII.

Larués.—VII.

Arrés.—VII $\frac{1}{4}$.

Santa Engracia.—VII.

Asoberal.—VII $\frac{1}{4}$.

Además de esta determinación basada en los desperfectos de los edificios y caída de objetos, también hemos tomado nota de los efectos análogos apreciados en corrales aislados, ventas, ermitas, etc., lo cual nos proporciona mayor número de puntos con su correspondiente cota de intensidad sísmica. Algún corral completamente destruido cerca de Martes, nos ha permitido asignarle el grado VIII.

Con arreglo a los datos anteriores, hemos dibujado las líneas isosistas de la figura 26., de cuarto en cuarto de grado, y vemos que se define la zona pleistosista como la comprendida dentro de la curva del grado VII. La forma alargada de estas líneas nos llevan a la creencia de que el foco conmovido, no ha sido puctiforme sino lineal, debido a la existencia de algún accidente de dislocación, probablemente una falla situada transversalmente al eje de "La Canal".

Para la determinación de las isosistas en el resto de la zona conmovida dentro del territorio español, hemos utilizado las tarjetas cuestionarios recibidas en un 80 por 100 de las remitidas, o sea unas 4.000. La mayoría las hemos obtenido por duplicado y muchas por triplicado.

Después de realizada una selección de las de carácter dudoso o incompletas, hemos trazado las líneas de la figura 27. Para la zona de Francia nos hemos limitado a colocar en el mapa la mayor parte de los lugares cuyas observaciones han sido publicadas por el Anuario del Instituto de Física del Globo de Strasburgo. (2) bajo la dirección de M. E. Rothé, obteniendo un perfecto enlace de las líneas correspondientes a los grados IV y V (*).

Del trazado de las líneas isosistas del mapa citado, surgieron varias observaciones. Así como en las líneas trazadas de cuarto en cuarto de grado, nos resultaba un foco alargado, vemos que en general aquella deformación, influenciada por el accidente, causa del sismo, desaparece en las curvas de grado en grado a partir del VII, sufriendo inflexiones de amoldamiento a la naturaleza de los terrenos geológicos que recorren.

Si examinamos la situación de las curvas, en el perfil desde el epicentro a la desembocadura del Bidasoa, observamos un decrecimiento regular de intensidad en Navarra, y luego un recrudecimiento de energía en Guipúzcoa, apareciendo de nuevo una curva del grado V cóncava hacia el mar. Esta circunstancia parece demostrar la existencia de un foco periférico o de resonancia en el Golfo de Gascuña, que ha entrado en actividad por influencia de la sacudida del foco de Martes.

En la alineación del epicentro hacia Álava el decrecimiento de intensidad ofrece la anomalía de formarse curvas cerradas de depresión en la llanura alavesa. Para explicar este fenómeno debemos mirar la carta geológica y en ella vemos que la curva de grado IV se extiende ampliamente por el SW. hasta Laguardia-Logroño, contorneando la mancha miocena del valle del Ebro. En cambio la misma curva sufre una detención al llegar al macizo cretácico vascongado.

Este decrecimiento de intensidad sísmica parece haber obedecido a ofrecer mayor resistencia a la propagación de las ondas, los terrenos secundarios del macizo vascongado, el cual ha sufrido dos impulsos, procedentes de los dos focos, el principal y el periférico, quedando una zona aislada, hasta cierto punto, de la propagación de ambas emisiones de ondas elásticas.

(*) Una vez terminado este mapa hemos recibido un notable estudio de O. Mengel (7) en el cual reproduce nuestras isosistas de la parte española. En la zona francesa el trazado de curvas era casi igual al que nosotros habíamos efectuado. Solamente hemos encontrado alguna ligera discrepancia, que nos apresuramos a corregir, quedando nuestra carta isosista en igual forma que la del eminente sismólogo francés.

CUADRO V

Isosistas

GRADO	AREA	RADIO MEDIO
IV } España.	30.384 Km ²	»
IV } Francia,	13.248 »	»
<i>Total...</i>	43.632 »	118 Km
V	4.752 »	39 »
VI	1.152 »	19 »
VII	216 »	8 »
VIII	36 »	3 »

=====

V

Naturaleza y dirección del impulso

En el Anuario del Instituto de Física del Globo, ya citado anteriormente, se exponen algunas consideraciones referentes a la naturaleza de la primera onda registrada en diferentes Observatorios. En Tortosa, Barcelona (Fabra), Toledo, Granada, Coimbra y Argel, el primer impulso es de compresión, mientras que en París, Uccle, Strasburgo, De Bilt, Lemberg y Ekaterimburg, es de dilatación.

Dice M. Rothé: "Parece que ha habido un movimiento hacia el S.S.W., comprimiendo las capas sucesivas, mientras que se producía una atracción en las regiones N.N.E. Se pueden interpretar estos resultados haciendo la hipótesis de que una de las fallas paralelas al Pirineo, se ha movido en sentido sensiblemente normal a su dirección media".

Este razonamiento es de gran interés para el estudio de la causa del sismo, si bien debemos tener en cuenta que con arreglo al análisis completo del fenómeno durante los años 1923, 24 y 25, hemos creído deducir, como diremos luego, que el accidente tectónico, puesto en juego indirectamente por las fuerzas dinámicas endógenas, ha sido una falla transversal a la dirección del Pirineo, según indica la figura 2.^a

En este caso, si admitimos el movimiento expuesto por M. Rothé, parece deducirse, que la falla se ha conmovido por desplazamiento de uno de los bloques, en sentido S.S.W., comprimiendo de este modo las capas en esta dirección y verificando una atracción de las de sentido opuesto.

Para determinar la dirección y sentido aparente del impulso ejercido en cada pueblo con motivo del choque principal, nos hemos valido, no solamente de las noticias facilitadas por los observadores, sino por el examen de los objetos caídos y desperfectos en las edificaciones.

Los resultados han sido por fortuna bastantes concordantes, y sin entrar en detalles, algunos de los cuales se indican en las figuras y fotografías anteriores, diremos solamente que el empuje principal tuvo caracter francamente horizontal en casi todos los pueblos, excepto en Artieda, Mianos, Berdún, Villarreal, Bagüés y Martes, donde se notan los efectos del empuje oblicuo, y especialmente en estos tres últimos hemos observado casos de características sacudidas susultorias o por lo menos de gran componente vertical.

Los agrietamientos en los muros se presentan en dirección normal a la del empuje: y en los objetos caídos se nota el efecto de una sacudida proveniente del epicentro.



VI

Período sísmico. = Réplicas

Resulta muy difícil el poder precisar el número de choques percibidos en los pueblos de la zona pleistocénica, durante el período total comprendido desde el 10 de julio de 1923 hasta fin de enero de 1925; desde luego podemos afirmar que las cifras que resultan de la observación, han de ser muy inferiores a la realidad. Durante nuestra estancia en los pueblos siniestrados, nos limitamos a consignar las réplicas ocurridas desde el 10 de julio hasta el 10 de agosto, dejando nombrados informadores, que amablemente se ofrecieron para continuar la estadística iniciada.

No encaja en esta Memoria el repetir ni detallar los documentos informativos recibidos, muchos de ellos muy curiosos que revelan en sus autores un delicado espíritu de observación y un gran deseo de contribuir a la tarea impuesta a los Centros científicos. Nos limitamos a resumir en las gráficas de las figuras 28, 29 y 30 el número aproximado de sacudidas y el proceso de las mismas.

El fenómeno comenzó por el choque más violento, el día 10, el cual tuvo por intensidad el grado VIII en el epicentro, y en este mismo día se percibieron perfectamente en los pueblos inmediatos unas 15 conmociones, de las cuales 5 fueron registradas en varias Estaciones de España y extranjero a las horas que se indican después. El epicentro corresponde, según hemos visto, a las inmediaciones de Martes (Huesca).

En los días sucesivos del mes de julio, continuaron las convulsiones del suelo con bastante frecuencia, aunque en general decreciendo en intensidad y en número, con algunas alternativas; las más violentas fueron 6 sacudidas de grado V á VI registradas en el Observatorio del Ebro en los días 13, 20, 21 y 31.

En los meses siguientes del mismo año 23, continúa el fenómeno

con aspecto decreciente, destacándose el choque ocurrido el 8 de octubre, de grado V, registrado en los Observatorios del Ebro y Fabra; el mes de diciembre es de calma sísmica casi completa, con lo cual podemos dar por terminado el primer sub-período o período parcial sísmico.

En el año 1924 se recrudece el fenómeno registrándose en los Observatorios del Ebro y Fabra tres intensos choques de grado V á VI; las sacudidas se repiten con frecuencia, pero en forma de pequeños grupos y con carácter de explosiones la mayor parte de las veces. En febrero-marzo se define uno de estos pequeños sub-períodos y en julio otro, en los que el área de conmoción quedó circunscrita a las inmediaciones del pueblo de Villarreal de la Canal. Por último, en 1925, otro pequeño período de sacudidas tiene lugar en enero, y también localizado en Villarreal.

En resumen, hemos podido anotar como bien definidas 193 sacudidas en 1923, 30 en 1924 y 34 en 1925, además de las numerosas trepidaciones rapidísimas subsiguientes a cada una de aquellas. El carácter del fenómeno en su conjunto, es doble, puesto que en la primera parte o sub-período de 1923, la energía, parecía dimanar de las inmediaciones de Martes, y en la segunda parte 1924-25, el foco parece estar cerca de Villarreal. Estas circunstancias son muy dignas de tenerse en cuenta, para determinar la situación del accidente tectónico, cuya inestabilidad ha dado lugar al sismo.

CUADRO VI

Estado del número de sacudidas y días sísmicos

AÑOS	MESES	DIAS	SACUDIDAS		AÑOS	MESES	DIAS	SACUDIDAS	
			Percibi- das	Regis- tradas				Percibi- das	Regis- tradas
1923..	Julio.....	10	15	5	1923..	Julio.....	21	4	2
Idem.	Idem....	11	10	»	Idem.	Idem....	22	4	»
Idem.	Idem....	12	7	»	Idem.	Idem....	23	3	»
Idem.	Idem....	13	4	2	Idem.	Idem....	24	3	»
Idem.	Idem....	14	4	»	Idem.	Idem....	25	3	»
Idem.	Idem....	15	4	»	Idem.	Idem....	26	4	»
Idem.	Idem....	16	3	»	Idem.	Idem....	27	2	»
Idem.	Idem....	17	3	»	Idem.	Idem....	28	3	»
Idem.	Idem....	18	3	»	Idem.	Idem....	29	3	»
Idem.	Idem....	19	3	»	Idem.	Idem....	30	2	»
Idem.	Idem....	20	4	1	Idem.	Idem....	31	3	1

AÑOS	MESES	DIAS	SACUDIDAS		AÑOS	MESES	DIAS	SACUDIDAS	
			Percibi- das	Regis- tradas				Percibi- das	Regis- tradas
1923..	Agosto...	1	2	»	1923..	Septbre..	25	1	»
Idem.	Idem....	2	3	»	Idem.	Idem....	30	1	»
Idem.	Idem....	3	2	»	Idem.	Octubre..	3	1	»
Idem.	Idem....	4	2	»	Idem.	Idem....	6	1	»
Idem.	Idem....	5	1	»	Idem.	Idem....	8	1	1
Idem.	Idem....	6	3	»	Idem.	Idem....	9	1	»
Idem.	Idem....	7	2	»	Idem.	Idem....	12	1	»
Idem.	Idem....	8	2	»	Idem.	Idem....	13	1	»
Idem.	Idem....	10	1	»	Idem.	Idem....	14	1	»
Idem.	Idem....	11	1	»	Idem.	Idem....	15	2	»
Idem.	Idem....	12	2	»	Idem.	Idem....	16	1	»
Idem.	Idem....	14	3	»	Idem.	Idem....	17	1	»
Idem.	Idem....	15	1	»	Idem.	Idem....	19	1	»
Idem.	Idem....	16	3	»	Idem.	Idem....	21	1	»
Idem.	Idem....	19	1	»	Idem.	Idem....	23	1	»
Idem.	Idem....	20	4	»	Idem.	Idem....	25	1	»
Idem.	Idem....	22	2	»	Idem.	Idem....	26	1	»
Idem.	Idem....	23	4	»	Idem.	Idem....	30	1	»
Idem.	Idem....	26	1	»	Idem.	Novbre..	2	1	»
Idem.	Idem....	28	2	»	Idem.	Idem....	7	1	»
Idem.	Idem....	31	8	»	Idem.	Idem....	11	1	»
Idem.	Septbre..	1	3	»	Idem.	Idem....	16	1	»
Idem.	Idem....	2	1	»	Idem.	Idem....	22	1	»
Idem.	Idem....	3	3	»	Idem.	Idem....	4	1	»
Idem.	Idem....	4	1	»	Idem.	Idem....	14	1	»
Idem.	Idem....	5	1	»	1924.	Febrero .	19	1	»
Idem.	Idem....	6	1	»	Idem.	Idem....	20	1	»
Idem.	Idem....	7	1	»	Idem.	Idem....	22	4	1
Idem.	Idem....	8	2	»	Idem.	Marzo...	6	1	1
Idem.	Idem....	9	1	»	Idem.	Julio....	18	5	»
Idem.	Idem....	10	1	»	Idem.	Idem....	19	6	1
Idem.	Idem....	11	1	»	Idem.	Idem....	27	10	»
Idem.	Idem....	12	1	»	Idem.	Idem....	27	10	»
Idem.	Idem....	13	1	»	Idem.	Dicbre..	5	2	»
Idem.	Idem....	14	1	»	1925..	Enero....	2	2	»
Idem.	Idem....	15	1	»	Idem.	Idem....	3	2	»
Idem.	Idem....	17	1	»	Idem.	Idem....	25	5	»
Idem.	Idem....	18	1	»	Idem.	Idem....	26	3	»
Idem.	Idem....	20	1	»	Idem.	Idem....	27	14	»
Idem.	Idem....	22	1	»	Idem.	Idem....	28	6	»

RESUMEN

MES	Núm. de Días	Sacudi- das	Grado máx.	Regis- tradas	
Julio.....	22	93	VIII	11	1923
Agosto	21	30	IV	00	
Septiembre..	21	26	IV	00	
Octubre.....	16	17	V	01	
Noviembre..	5	5	III	00	
Diciembre..	2	2	II	00	
<i>Total...</i>	87	193	VIII	12	1924 1925
	8	30	VI	03	
	6	34	III	00	
SUMAS ..	101	257	VIII	15	



VII

Fenómenos geológicos y meteorológicos

Después de los hechos ya reseñados al tratar de los efectos del choque principal, debemos citar algunos más, ocurridos en los dos años siguientes, y hacer algunas consideraciones de conjunto.

Así como en el primer sub-período sísmico, especialmente con motivo de la sacudida principal, parece que el foco se encontraba en un punto cercano a Martes, en cambio por los hechos observados en el período de 1924, es de suponer que haya habido un desplazamiento del foco hacia el N., estando en muchas sacudidas cercano a Villarreal de la Canal.

Cerca de este pueblo existen algunas ruinas de un lugar desaparecido denominado Ena, en cuyo punto se sintió el sismo de 22 de febrero de 1924, con una intensidad mayor que en ninguna otra parte. En la Sierra de Orba y en monte denominado Corona de Ena, se agotaron los manantiales, antes muy abundantes, en cambio aparecieron otros cerca del río Veral; algunos que antes eran sulfúricos, dejaron de serlo después de la sacudida citada.

Nuestro informador D. Rogelio Escobés, Maestro Nacional, nos indica que observó la formación de grietas o hendiduras en el terreno antes de la sacudida principal, y tales fenómenos tuvieron lugar sin ruido ni movimiento sísmico alguno; las resquebrajaduras del terreno están situadas en la dirección de Martes a Villarreal.

También debemos tener en cuenta que en el período sísmico de 1923, aunque el foco estaba situado en la forma que ya dijimos, sin embargo, los fenómenos geológicos más interesantes tuvieron lugar en las inmediaciones de Villarreal, y sobre todo en las alineaciones de las dos supuestas fallas una longitudinal y otra transversal.

El mismo informador nos comunica, que algún tiempo antes del sismo, observaron varios vecinos, un cambio lento en la fisonomía del paisaje, hasta el punto de cesar la visualidad del pueblo de Sada desde la carretera. De ser cierto este fenómeno, su explicación es lógica, aceptando un movimiento epirogénico, como precursor de los taquisísmos que después han tenido lugar. Estas y otras observaciones merecerían la pena de ser estudiadas con gran detenimiento sobre el propio terreno, y realizar revisiones en la red geodésica para poder comprobar cambios probables de situación de vértices.

Otro punto muy interesante en este sismo, ha sido la relación de los fenómenos meteorológicos y los sísmicos, si bien no han podido ponerse en claro algunos detalles, por no coincidir los relatos de los moradores de aquellos pueblos. Dos o tres días antes del sismo principal, algunos dijeron que ya habían visto resplandores en la Sierra de Orba. Los vecinos de los pueblos más próximos a esta Sierra, expusieron algunos detalles que parecen explicarse por haber ocurrido pequeñas explosiones de gases, emanados por el sinnúmero de grietecillas abiertas tal vez antes del sismo, y como consecuencia de las descargas eléctricas, hubo la consiguiente inflamación de gases hidrogenados.

También pudimos deducir, que como consecuencia de una serie de tormentas que precedieron y acompañaron al fenómeno sísmico, se produjeron notables efectos luminosos por las descargas eléctricas a distancia, cuyos resplandores se proyectaban sobre el Monte Orba, lo cual dió lugar a que, las gentes alarmadas, creyesen que se trataba de la aparición de un volcán.



VIII

Historia sísmica de la comarca

Tectónicamente constituye el Pirineo, una unidad natural y también sísmicamente es una zona perfectamente definida, en la cual figuran varias agrupaciones de epicentros. Como tal zona sísmica, la hemos clasificado en el Bosquejo titulado "Rasgos sísmicos de la Península Ibérica" (10) formado con los datos que hemos podido recoger de sismos bien definidos que tuvieron lugar desde 1517 a 1927. El valor del coeficiente de sismicidad, resulta para el conjunto de la zona pirenaica muy inferior al verdadero, por el alejamiento de Estaciones sísmológicas que puedan registrar las numerosas sacudidas de carácter débil, que suelen tener lugar en la parte occidental (6) (7) (10).

Los accidentes sismotectónicos más importantes son: en los Pirineos orientales, la Depresión de la Cerdaña, con numerosos epicentros en el valle del Segre; en el central, la línea Viella-Boltaña, paralela a la anterior; en el occidental, aparecen agrupaciones de epicentros sin definir accidentes; solamente hasta ahora hemos podido determinar la falla transversal Martes-Villarreal.

Si nos circunscribimos a la comarca de Berdún, podemos exponer algunos antecedentes de interés para su historia sísmica. En el año 1357 un sismo destruyó los pueblos de Bahón y Ena, ambos próximos al actual de Villarreal de la Canal, quedando solamente en pie las iglesias y un convento. Debió haber numerosas víctimas, puesto que los supervivientes fueron autorizados para ocupar provisionalmente el convento abandonado por las monjas, y se les dió todas las clases de medios y franquicias para edificar un nuevo pueblo, el cual es el actual de Villarreal de la Canal.

En el mismo documento de donde proceden los datos anteriores, se dice también que "el terremoto fué tan intenso, que en Biniés se partió un monte con estrépito enorme". A este monte se le conoce actualmente con el nombre de "El Trueno".

Aún siendo exajerada la noticia, parece posible que la Foz de Biniés coincida con la situación de otra falla paralela a la de Villarreal, la cual es seguida por el río Veral, que luego cambia su dirección normal por otra paralela a "La Canal" y, por último, vuelve por la falla de Villarreal. En la Foz de Biniés, también se encuentran algunos manantiales termales.

En Huértalo (Majones) figuran datos en el archivo parroquial que hacen referencia a un sismo violento hacia el año 1700, que ocasionó la destrucción de otros pueblecillos inmediatos al actual de Villarreal.

Hacia el año 1870, ocurrió un sismo en la comarca de Berdún de grado V ó VI. En abril de 1902, otro de grado V. En el año 1918 otro de grado V ó VI. En 1920 otro de grado V.

Estas notas retrospectivas, nos demuestran que "La Canal de Berdún", y especialmente la línea Martes-Villarreal-Majones, ya ha sido conmovida otras veces con sismos destructores, lo cual indica que su coeficiente de sismicidad es mucho más elevado de lo que creíamos.

IX

Registro instrumental

La primera interpretación de los sismogramas, realizada el mismo día de su registro, se hizo con arreglo a las tablas generales de Zeissig, tomando las fases P, S y L.

A posteriori, hemos hecho ampliar la gráfica (fig. 31. y 32.) y en ella se ha realizado la interpretación con arreglo a las tablas de Mohorovicic, por cuyo motivo varían los datos que copiamos en el cuadro adjunto respecto a los publicados en el Boletín de julio de 1923.

REGISTRO EN TOLEDO

Sismógrafo Wiechert. { Comp.^{te} NE-SW. V=680. T₀=12^s ε:1=5,0 $\frac{r}{T_0^2} = 0,005$
M = 1000 Kg. { Comp.^{te} NW-SE V=700. T₀=12^s ε:1=5,0 $\frac{r}{T_0^2} = 0,005$

Estado del reloj + 1^s Δ = 400 Kms.

Fases	Componente	Horas corregidas			Diferencias en la gráfica	Diferencias deducidas en las Tablas de Mohorovicic para		
		h	m.	s.		h=25 Km	h=35 Km	h=45 Km
iP	NE-SW	5	32	09				
	NW-SE	5	32	09				
P	NE-SW	5	32	19	P-P = 10	10,8	11,9	13
	NW-SE	5	32	20				

Fases	Componente	Horas corregidas			Diferencias de la gráfica	Diferencias deducidas de las Tablas de Mohorovičić para		
		h.	m.	s.		h=25 Km	h=35 Km	h=45 Km
$R_s \bar{P}$	NE-SW	5	32	24	$R_s \bar{P} - P = 15$ » = 15	14,4	16,3	18,2
	NW-SE	5	32	24				
$R_{12} \bar{P}$	NE-SW	5	32	28	$R_{12} \bar{P} - P = 19$ » = 19	18,7	19,1	19,5
	NW-SE	5	32	28				
$R_{s2} \bar{P}$	NE-SW	5	32	35	$R_{s2} \bar{P} - P = 26$ » = 25	23,3	25,5	27,6
	NW-SE	5	32	34				
$R_s \bar{P}_2 \bar{S}$	NW-SE	5	32	46	$R_s \bar{P}_2 \bar{S} - P = 37$	36,2	36,8	37,3
$R_1 \bar{P} \bar{S}$	NE-SW	5	32	55	$R_1 \bar{P} \bar{S} - P = 41$ » = 45	41,8	41,8	50,4
	NW-SE	5	32	54				
$i \bar{S}$	NE-SW	5	33	11	$\bar{S} - P = 1 - 02$ » = 1 - 01	1 - 00,8	1 - 01,8	1 - 02,7
	NW-SE	5	33	10				
M_1	NE-SW	5	33	35				
	NW-SE	5	33	27				
M_2	NE-SW	5	33	59				
	NW-SE	5	33	59				
M_3	NE-SW	5	34	34				
	NW-SE	5	34	26				
F	NE-SW	6	13					
	NW-SE	6	13					

DATOS DE OTROS OBSERVATORIOS
Sacudida principal (10 Julio 1923)

Observatorios	Fases	h	m	s	Δ	COORDENADAS							
						Geográficas						Rectangulares	
						ϕ			λ			Origen: $\varphi=42^{\circ}N$ $\lambda=0^{\circ}$	
						o	'	''	o	'	''	X	Y
Ebro (Tortosa).	P	5	31	47	225	40	49	14	0	29	38	+ 42	-131
	L	5	32	17									
Fabra (Barcelona)	iP	5	31	56	270	41	25	06	2	08	00	+179	- 65
	iS	5	32	27									
	iL	5	32	37									
Toledo	iP	5	32	09	400	39	51	38	-4	01	41	-348	-238
	iS	5	33	11									
Alicante	iP	5	32	16		38	21	19	-0	29	14	- 43	-405
	S	5	32	31									
Puy de Dôme	P	5	32	21		45	46	28	2	58	01	+233	+419
Marsella	eP	5	32	36	450	43	18	19	5	23	38	+441	+145
	eS	5	33	26									
Cartuja (Granada)	iP	5	32	41	620	37	12	00	-3	36	13	-321	-534
	i	5	32	44									
	i	5	33	06									
	i	5	33	12									
	iS	5	33	49									
Almería	iP (?)	5	32	42		36	51	09	-2	27	35	-221	-572
	iS	5	33	50									
Coimbra	eP	5	32	47	560	40	12	25	-8	25	30	-719	-199
	iS n	5	33	49									
	S e	5	33	53									
Málaga	iP	5	32	52		36	43	39	-4	24	40	-398	-585
Alger	P	5	32	51	900	36	48	04	3	02	00	+272	-577
	S	5	34	29									
Parc S. Maur (Paris)	iP	5	32	51	700	48	48	34	2	29	37	+185	+757
Besancón	P	5	32	55	800	47	14	59	5	59	15	+455	+584
	S	5	34	22									
S. Fernando	iP	5	33	02		36	27	42	-6	12	20	-560	-615
Zurich	eP	5	33	14	930	47	22	07	8	34	50	+650	+597
	iS	5	34	55									

Observatorios	Fases	h	m	s	Δ	COORDENADAS											
						Geográficas						Rectangulares					
						ψ			λ			Origen: $\phi=42^{\circ}N$ $\lambda=0^{\circ}$					
						0	5	55	0	5	55	X	Y				
Strasbourg	P	5	33	20	880	48	35	05	7	45	57	+573	+732				
	S	5	34	56													
Chur	P	5	33	14		46	50	55	9	32	20	+727	+539				
Ucle	eP	5	33	21	890	50	47	55	4	21	31						
	S	5	34	58													
Oxford	iP	5	33	28	850	51	45	34	-1	15	06						
	iS	5	35	00													
Florenia	P	5	33	25		43	47	18	11	16	42						
West-Bromwich	P	5	33	41	970	52	31	00	-1	59	00						
	S	5	35	26													
Innsbruck	iP	5	33	40	1300	47	16	00	11	24	00						
	iS	5	35	58													
Roca di Papa	eP	5	33	42	1060	41	45	30	12	43	00						
	eS	5	35	36													
De Bilt	P	5	33	41	1070	52	06	00	5	11	00						
	S	5	35	36													
Pompeli	eS(?)	5	36	39		40	44	50	14	30	07						
Zagreb	eP	5	34	14	1610	45	48	45	15	58	52						
	eS	5	37	01													
Hamburgo	eP	5	34	26	1600	55	33	34	9	58	52						
	iS	5	37	12													
Viena	eP	5	34	24	1400	48	14	53	16	21	42						
	S	5	36	51													
Budapest	P (?)	5	33	19		19	03	55	47	29	29						
Belgrado	eP	5	35	02	3530	44	49	17	20	27	20						
	eP	5	40	21													
Lemberg	eP	5	35	30		49	50	00	24	01	00						
Pulkovo	iP	5	36	40	3050	59	46	22	30	19	25						
	iS	5	41	27													
Ekaterinburg (Sverdlovsk)	iP	5	39	01	4539	56	49	38	60	38	14						
Otawa	eS(?)	5	48	00	5755	45	23	38	-75	42	57						

2.ª sacudida registrada - 10 Julio 1923

Observatorio	Fase	h	m	s	△		Observaciones
					Boletín	Calculado	
Ebro (Tortosa)	P	7	07	21	—	230	Boletín
	S	7	07	46			
Fabra (Barcelona)	P	7	07	33	243	280	Boletín
	S	7	08	00			
	L	7	08	13			
Toledo	iP	7	07	51	410	410	Boletín
	iS	7	08	36			
	iL	7	08	53			
Cartuja (Granada)	iP	7	08	41	670	650	Boletín
	i	7	08	43			
	i	7	08	55			
	iS	7	09	55			
	iL	7	10	01			
París Parc S. Maur	iP	7	08	22	733	739	Boletín
	eS	7	09	32			
Strasbourg	eL	7	10	55	—	—	Boletín
Uccle	eS (?)	7	10	36	—	—	Boletín
De Bilt	eS (?)	7	11	00	—	—	Boletín

3.ª sacudida registrada - 10 Julio 1923

Ebro (Tortosa)	eP	9	09	32	—	230	Boletín
	S	9	09	53			
Cartuja (Granada)	iP	10	51	48	670	650	Boletín
	i	10	51	51			
	i	10	51	59			

4.ª sacudida registrada - 10 Julio 1923

Ebro (Tortosa)	P	12	25	11		230	Boletín
	S	12	25	34			
	L	12	25	38			
Fabra (Barcelona)	e	12	26	55			Boletín
Toledo	P	12	26	39	420	410	Boletín
	S	12	27	25			
Cartuja (Granada)	i	12	29	51			Boletín

5.ª sacudida registrada - 10 Julio 1923

Observatorio	Fase	h	m	s	△		Observaciones
					Boletín	Calculado	
Ebro (Tortosa)	P	13	42	00			Boletín
	S	13	42	27			
	L	13	42	32			
Fabra (Barcelona)	P	13	43	43			Boletín
	Toledo	P	13	43	18	410	410
	S	13	44	03			
Cartuja (Granada)	i	13	45	32			Boletín
	i	13	45	48			

6.ª sacudida registrada - 13 Julio 1923

Ebro (Tortosa)	eP	13	04	52			Boletín
	S	13	04	54			
	L	13	04	59			

7.ª sacudida registrada - 13 Julio 1923

Ebro (Tortosa)	P	21	17	04			Boletín
	S	21	17	30			
	L	21	17	35			

8.ª sacudida registrada - 20 Julio 1923

Ebro (Tortosa)	P	2	17	54			Boletín
	S	2	18	18			

9.ª sacudida registrada - 21 Julio 1923

Ebro (Tortosa)	P	0	30	27			Boletín
	S	0	30	48			
	L	0	30	52			

10.ª sacudida registrada - 21 Julio 1923

Ebro (Tortosa)	P	15	19	45			Boletín
	S	15	20	16			
	L	15	20	24			

11.ª sacudida registrada - 31 Julio 1923

Ebro (Tortosa)	P	5	09	11			Boletín
	S	5	09	41			
	L	5	09	45			

12.^a sacudida registrada - 8 Octubre 1923

Observatorio	Fase	h	m	s	△		Observaciones
					Boletín	Calculado	
Ebro (Tortosa)	P	11	10	36			Boletín
	S	11	11	07			
	L	11	11	09			
Fabra (Barcelona)	P (?)	11	11	17			Interrupción de minuto en la P.
	(?)	11	11	24			

13.^a sacudida registrada - 22 Febrero 1924

Ebro (Tortosa)	eP	15	39	55			Gráfica confundida con la de otro sismo.
	eS	15	40	37			

14.^a sacudida registrada - 6 Marzo 1924

Fabra (Barcelona)	(?)	3	35	(?)			Boletín
-------------------	-----	---	----	-----	--	--	---------

15.^a sacudida registrada - 19 Julio 1924

Ebro (Tortosa)	P	8	03	36	205		Boletín
	S	8	03	59			
	L (?)	8	04	07			
Fabra (Barcelona)	P	8	04	08			Boletín
	S (?)	8	04	20			

=====

X

Determinación gráfica del epicentro

Si no conociéramos la situación aproximada del epicentro, podríamos haber empleado el método de intersecciones por arcos de hipérbola, indicado por A. Mohorovicic (8) y utilizado por Inglada (5). En el supuesto de la velocidad aparente de propagación de las ondas P de 8 kms. por segundo, si dos Estaciones han registrado el sismo con una diferencia de n segundos, sus distancias diferirán en $8 \times n$ kms., y por lo tanto el epicentro estará en el arco de hipérbola trazado tomando como focos las dos Estaciones, y por el eje transversal $8 \times n$. Tomando luego otras parejas de Estaciones, se pueden trazar varios arcos, dando por intersección el epicentro, en el caso de ser exactos los datos de observación. Como esto no se verifica en la realidad, obtenemos varios puntos que determinan una figura, cuyo centro de gravedad tomamos como verdadero epicentro, una vez eliminados los trazados que se consideren como francamente erróneos.

En el caso del sismo pirenaico, afortunadamente ya conocemos la situación del epicentro con bastante precisión por haber sido minucioso el reconocimiento sobre el terreno, y si hubiésemos tenido bien determinadas las coordenadas geográficas del pueblo de Martes, no hubiese sido preciso ningún cálculo posterior.

Vamos a obtener primero gráficamente la situación del epicentro por el método de intersección de mediatrices que puede considerarse como un caso particular del anterior, con arreglo a lo expuesto por Inglada en su folleto (5).

Tomemos un par de Estaciones situadas gráficamente en un plano cuyas diferencias en la hora de P ($t_1 - t_2$) sean pequeñas. Uniendo la más distante del epicentro, con un punto que indique la situación

aproximada de éste (cuando la conocemos), tomaremos a partir de dicha Estación una magnitud igual a $(t_1 - t_2) \times 8$ kms.: unamos tal punto con la otra Estación, levantando luego a esta recta la perpendicular en su punto medio, la cual debe pasar por el epicentro. Haciendo análoga construcción con varias parejas de Estaciones, obtendremos un lugar de intersecciones de mediatrices, cuyo centro de gravedad del área así determinada, nos marca la situación gráfica bastante concreta del epicentro.

En la figura 33 hemos empleado este sencillo método, encontrando que de las seis mediatrices trazadas, cinco concurren en puntos tales que permiten tomar como epicentro aproximado, el de coordenadas $x = -80$ kms. $y = 60$ kms.

Como quiera que hemos construído el gráfico, tomando para origen de coordenadas geográficas $\varphi = 42^\circ$ $\lambda = 0^\circ$, resulta para el epicentro $\varphi = 42^\circ 33'$ $\lambda = 0^\circ 57'$.

Si examinamos los valores obtenidos por Inglada en su Memoria (4), empleando el método de los arcos de hipérbola, vemos que el punto así encontrado tiene por coordenadas rectangulares $x = -80$ $y = 70$ y las que resultan por el cálculo de ecuaciones, según indicamos luego, son $x = -79,7$ $y = 60,3$, resultados que sorprenden por su concordancia, debido a la precisión con que se han obtenido los registros en las Estaciones sismológicas.

XI

Líneas dromocrónicas

Sabemos que las ondas P normales, en los sismos próximos, llegan a los diferentes lugares de la superficie del suelo con velocidades tales, que equivale a suponer que dichas ondas procediesen del epicentro, y se propagasen por la superficie con una velocidad que se aproxima mucho al valor de 8 kms. por segundo. Inglada ha construido las curvas dromocrónicas deducidas de las tablas de Mohorovičić, para las profundidades hipocentrales $h=0$, $h=25$, $h=45$, $h=57$ kms., y resultan rectas paralelas cuya pendiente corresponde al valor citado de 8 kms. por segundo.

Estas líneas solo pueden construirse a partir de las distancias $\Delta = 280$ kms. para $h=0$; $\Delta = 200$ kms. para $h=25$; $\Delta = 160$ kms. para $h=45$ y $\Delta = 100$ kms. para $h=57$ kms. Si se prolongan tales líneas hasta cortar el eje de los tiempos, se tienen los valores de t_0 (ordenadas en el origen) para cada una, y estos tiempos serían las horas en el epicentro, si las dromocrónicas hasta aquellas distancias fueran reales.

Con arreglo a los datos obtenidos por los Boletines de las Estaciones Sismológicas que registraron el sismo en buenas condiciones, hemos trazado la dromocrónica que nos servirá para poder apreciar el grado de exactitud de los valores calculados para Δ y P (fig. 34).

Tomemos un origen arbitrario para el eje de los tiempos, y cero para las distancias: llamando $\Delta_1 \Delta_2 \dots \Delta_n$ las distancias epicentrales calculadas por las Estaciones y $t_1 t_2 \dots t_n$ las horas de P en cada una, resultan los puntos marcados en la figura, los cuales determinan aproximadamente una recta cuya pendiente corresponde a 8 kms. por segundo y resulta, por lo tanto, paralela a la verdadera dromocrónica,

que no podemos trazar por no conocer h , pero sí sabemos que es paralela a ella. La ordenada de origen la llamaremos τ_0 siguiendo así la notación empleada por Inglada; así resulta $\tau_0 = 5^h 31^m 20^s$. Esta línea o gráfica de tiempo de recorrido, trazada de primera intención, nos sirve para ver aproximadamente la mayor o menor precisión de los datos obtenidos por el registro, teniendo en cuenta que el mayor error cometido suele ser en el cálculo de las distancias.

En la figura 34, vemos que Marsella queda muy apartada por haber tomado P como P, y las demás discrepan como máximo 3 segundos, con arreglo a la distancia calculada en los Observatorios.

Si una vez obtenida la situación del epicentro, aunque solamente sea por intersecciones, calculamos las distancias que corresponden a cada Estación por la fórmula $\Delta = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$, obtendremos los valores que se indican en el cuadro X, y con ellos hemos trazado la nueva dromocrónica (fig. 35.) que resulta más aproximada, siendo los errores máximos los de las Estaciones más apartadas. La ordenada en el origen τ_0 sigue con igual valor $5^h 31^m 20^s$.

CUADRO X

Estado de la diferencia de valores entre la observación y el cálculo

Epicentro: $\varphi = 42^\circ 33'$ $\lambda = 0^\circ 57'$ $x = -80$, $y = 60$, hora en el foco $5^h 31^m 18^s,5$
 Profundidad hipocentral: $h = 35$ kms.

Observatorios	Hora de P						O - C	Δ		O - C
	Observada			Calculada				Observada	Calculada	
	h	m	s	h	m	s				
Ebro	5	31	47	5	31	47	0	225	227	- 2
Fabra		31	56		31	56	0	270	288	- 18
Toledo		32	09		32	09	0	400	392	+ 8
Alicante		32	16		32	18	- 2	—	466	—
Puy de Dôme		32	21		32	19	+ 2	—	476	—
Cartuja		32	41		32	40	+ 1	620	641	- 21
Almería		32	42		32	41	+ 1	—	648	—
Coimbra		32	47		32	46	+ 1	560	689	- 129
Málaga		32	52		32	50	+ 2	—	720	—
Argel		32	51		32	51	0	900	727	+ 173
Parc S. Maur		32	51		32	53	- 2	700	745	- 45
Besançon		32	55		32	54	+ 1	800	748	+ 52
S. Fernando		33	02		33	04	- 2	—	826	—
Zürich		33	14		33	13	+ 1	930	905	+ 25
Strasbourg		33	20		33	18	+ 2	880	937	- 57
Chur		33	14		33	18	- 4	—	938	—

aceptar esta propagación uniforme y tomar el valor de τ_0 como ordenada en el origen de la dromocrónica prolongada hipotéticamente; así resulta $\Delta = v (t - \tau_0)$.

En las ecuaciones **[1]** haciendo las sustituciones: $\tau = t_1 - \tau_0$; $\tau_2 = t_2 - t_1$; $\tau_3 = t_3 - t_1$ $\tau_n = t_n - t_1$ y restadas aquellas de dos en dos, dan lugar al sistema lineal equivalente:

$$\begin{aligned}
 (x_1 - x_2) x_0 + (y_1 - y_2) y_0 - v_2 \tau_2 \tau &= \\
 &= \frac{x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 + v_2^2 \tau_2^2}{2} \\
 (x_2 - x_3) x_0 + (y_2 - y_3) y_0 - v_2 (\tau_3 - \tau_2) \tau &= \\
 &= \frac{x_2^2 - x_3^2 + y_2^2 - y_3^2 + v_2^2 (\tau_3^2 - \tau_2^2)}{2} \\
 \dots\dots\dots \\
 (x_{n-1} - x_n) x_0 + (y_{n-1} - y_n) y_0 - v_2 (\tau_n - \tau_{n-1}) \tau &= \\
 &= \frac{x_{n-1}^2 - x_n^2 + y_{n-1}^2 - y_n^2 + v_2^2 (\tau_n^2 - \tau_{n-1}^2)}{2}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

La aplicación de este método al sismo pirenaico, dá lugar a un sistema de 16 ecuaciones, cuya resolución por el método de mínimos cuadrados, origina la obtención de los valores $x_0 = -79,7$ kms., $y_0 = 60,3$ kms., $\tau = 27^s, 82$. El valor de τ puesto en función de τ_0 es $\tau = t_1 - \tau_0$ y resulta para τ_0 una serie de 17 valores cuyo promedio es $\tau_0 = 5^h 31^m 19^s, 79$. La coincidencia de los valores de x_0 é y_0 con los obtenidos gráficamente por nosotros es notable. Si examinamos las dromocrónicas, vemos que el valor de τ_0 es $5^h 31^m 20^s$.

En resumen: teniendo en cuenta estos resultados, adoptamos en número redondo de kms. para las coordenadas del epicentro, los valores $x_0 = -80$ $y_0 = 60$ ó sean $\varphi = 42^{\circ} 33'$ $\lambda = 0^{\circ} 57'$.



XIII

Cálculo de profundidad hipocentral

Solamente podemos realizar la determinación del valor h , interpretando las gráficas registradas en Toledo por el sismógrafo "Wiechert", de 1.000 kg. de masa. En el análisis del sismograma, vemos que los valores que se deducen de las diferencias de fases, concuerdan con los que resultan por interpolación en las tablas de Mohorovičić para $h = 35$ kms.

Inglada ha realizado los estudios de las gráficas de los Observatorios del Ebro (Tortosa), Fabra (Barcelona), Toledo y Granada, y obtiene: para Ebro $h = 36$ kms., para Fabra $h = 38$ kms., para Toledo $h = 37$ kms. y para Cartuja $h = 34,5$; promedio $h = 36,4$ kilómetros.

En la observación de los efectos producidos por la sacudida principal en los edificios, se ha observado que la dirección de los agrietamientos en estructuras homogéneas es perpendicular a la dirección de la sacudida. En el punto más próximo al epicentro, hemos medido aproximadamente la inclinación de las líneas de agrietamiento del pórtico de la iglesia de Martes y forman un ángulo de unos 14° con la horizontal; trazando una normal a esta dirección, encuentra la vertical sísmica, en un punto situado a unos 20 kms. de profundidad.



XIV

Hora inicial del sismo. :=: Hora epicentral

Conocidas las coordenadas del foco, x_0 y_0 z_0 , y obtenidas las verdaderas distancias epicentrales de las Estaciones, cabe obtener la hora del epicentro con arreglo a la hora de registro en cada estación; basta consultar las tablas de Mohorovičić, (una vez hecha la interpolación correspondiente para la profundidad $h = 35$ kms.,) que dan los tiempos de recorrido a partir del epicentro.

Los valores obtenidos se indican en el cuadro siguiente:

CUADRO XI

ESTACIONES	Δ	TIEMPOS DE RECORRIDO DE P			Hora en el epicentro			
		h - 25	h - 35	h - 45	h	m	s	O - C
Ebro	227	34 ^s , 0	31 ^s , 0	28 ^s , 1	5	31	16,0	-0 ^s , 5
Fabra.....	288	43, 3	39, 5	35, 8		31	16,5	0, 0
Toledo.....	392	55, 3	52, 2	49, 2		31	16,8	+0, 3
Alicante	466	1 ^m -04, 3	1 ^m -01, 4	58, 5		31	14,6	-1, 9
Puy de Dôme...	476	1 -05, 6	1 -02, 6	59, 7		31	18,4	+1, 9
Cartuja	641	1 -26, 6	1 -23, 6	1 ^m -20, 7		31	17,4	+0, 9
Almería.....	648	1 -27, 5	1 -24, 5	1 -21, 5		31	17,5	+1, 0
Coimbra.....	689	1 -32, 7	1 -29, 7	1 -26, 8		31	17,3	+0, 8
Málaga	720	1 -36, 6	1 -33, 6	1 -30, 7		31	18,4	+1, 9
Argel.....	727	1 -37, 5	1 -34, 7	1 -32, 0		31	16,3	-0, 2
Porc S. Maur...	745	1 -39, 7	1 -36, 7	1 -33, 8		31	14,3	-2, 2
Beraçon	748	1 -40, 1	1 -37, 1	1 -34, 1		31	17,9	+1, 4
S. Fernando....	826	1 -49, 9	1 -47, 2	1 -44, 5		31	14,8	-1, 7
Zurich	905	1 -59, 9	1 -56, 9	1 -54, 0		31	17,1	+0, 6
Strasbourg	937	2 -04, 0	2 -01, 0	1 -58, 1		31	19,0	+2, 5
Chur	938	2 -04, 2	2 -01, 2	1 -58, 2		31	12,8	-3, 7

Promedio general. T = 5^h - 31^m - 16^s, 56
 Idem para las 14 primeras. T = 5^h - 31^m - 16^s, 38
 Hora que aceptamos T = 5^h - 31^m - 16^s, 5

En las columnas de diferencias (O - C) en los cuadros X y XI, vemos que los errores de hora son muy pequeños, pues excepto la última estación, no pasan de dos segundos y medio, siendo en cuatro de ellas el error menor de un segundo, o sea la hora exacta, dada la apreciación de sus elementos instrumentales.

Por último, para determinar la hora en el foco, una vez conocida la epicentral y profundidad del hipocentro, basta restar de aquélla el tiempo de recorrido de las ondas P, que son las que habrán llegado al epicentro primeramente con una velocidad media de 5,7 kms. por segundo; su puesto el valor aproximado de $h = 35$ kms., resulta $t = 6,1^s$, o sea hora focal $T' = 5^h 31^m 10^s,4$.

XV

Causas del sismo

Los principios fundamentales expuestos por los más renombrados sismólogos, pueden considerarse de tipo básico para explicar la génesis de los movimientos sísmicos; mas para definir el carácter de cada terremoto, el proceso de su desarrollo, comportamiento de los elementos geológicos de la zona conmovida, etc., es preciso analizar los efectos y las circunstancias especiales ocurridos, como los enumerados en las páginas precedentes, para el caso que estudiamos.

Tanto Sieberg, como Hobbs, Montessus de Ballore, etc., manifiestan que existe una relación definida entre la intensidad sísmica de una comarca, edad de su plegamiento y grado de dislocación sufrido posteriormente. Se consideran como estables, las regiones de arquitectura tabular de las masas continentales, mientras que son inestables las zonas plegadas y dislocadas. Una región es tanto más sensible cuanto más modernamente haya sido modificada en su estructura.

Sieberg dice que el pliegue solamente desempeña papel secundario para el desencadenamiento de los sismos, mientras que las rupturas y los empujes son las causas dominantes. Establece una clasificación de los elementos fundamentales tectónicos, y en ella aparece el Pirineo comprendido en el cuarto grupo "Cadenas normales de altas montañas terciarias, con un 3,6 % de sismos. (Pirineos, Himalaya, Alpes...)",

O. Mengel, Director del Observatorio de Perpiñán, en su interesante estudio de sismicidad del Pirineo (7), hace notar que el núcleo central caledoniano de esta cordillera, se presenta asísmico, mientras

que los pliegues terciarios del borde, son el lugar de las conmociones sísmicas frecuentes.

Montessus de Ballore, en su "Géologie sismologique" manifiesta, que las zonas geosinclinales de grandes movimientos recientes y de arquitectura plegada, son el lugar donde se originan los sismos glyptogénicos. Asimismo sienta como definición fundamental: "Los temblores de tierra, son una supervivencia atenuada de los esfuerzos orogénicos o tectónicos y epirogénicos, a los cuales es debido el relieve terrestre".

Con arreglo a los datos que tuvimos ocasión de recoger en el terreno conmovido, publicamos una nota (2) en la cual decíamos que, la causa del sismo, parecía ser algún movimiento de consolidación de las fallas de la fosa de "La Canal de Berdún", en su cruce con la línea Bagüés-Villarreal.

El Director del Observatorio de Perpiñán, en su estudio citado, saca la conclusión, de que la causa del sismo es más amplia, puesto que "se trata de un desplazamiento profundo del compartimento pirenaico, arrastrado por el empuje general, que M. Bertrand llamaba la marcha al Polo. Resultan de ello, zonas con tensiones más o menos acusadas, con rupturas que repercuten tanto sobre una capa superficial, como sobre otra, según las facilidades o dificultades de progresión de la base del compartimento, de donde se originan grupos especiales de sismos con migración de epicentros". "Las fallas propiamente dichas, no tienen más que un papel pasivo en la manifestación de los fenómenos sísmicos; los pliegues-fallas y los cabalgamientos tienen, por el contrario, el papel activo".



XVI

La propagación de las ondas sísmicas

Constituye en este sismo un fenómeno muy interesante, la relación entre el trazado de isosistas y la naturaleza geológica del medio de propagación. Como datos curiosos podemos anotar:

a) La forma especial alargada de las líneas de máximo valor, obtenidas en la zona pleistosista, después de un detenido estudio (figuras 2.^a y 6.^a), nos advirtieron la probable existencia de una línea transversal de dislocación, a lo largo de la cual, han sufrido notable refuerzo de intensidad las ondas vibratorias.

b) En el mapa general de isosistas (fig. 7.^a) vemos que el área de grado IV tiene un alargamiento hacia el Oeste, siguiendo justamente la marcha del mioceno del valle del Ebro; esto nos indica que la naturaleza poco coherente de este terreno, ha dado lugar a vibraciones más irregulares de lo que correspondía, y por lo tanto los daños han sido mayores.

c) Son notables algunos focos periféricos, especialmente el de S. Sebastián y los dos de la costa catalana y el Rosellón.

d) En la comarca alavesa, se produce una zona de silencio, o sea una disminución anormal de intensidad, llegándose al grado II.

e) Las ondas atraviesan la cordillera (área de grado IV), con un estrechamiento en la divisoria y ensanchándose bruscamente al otro lado.

Estos últimos hechos son admirablemente explicados por O. Mengel en su notable Tesis (7), y de la cual extractamos las siguientes líneas: "Tales fenómenos pueden considerarse como efecto de resonancia macrosísmica y se producen allí donde existe una brusca solución de continuidad en la composición del suelo o en su relieve. En

la costa vascongada, aparece un refuerzo de intensidad, como un caso de resonancia de roca a agua, con emergencia de nuevas ondas de retroceso, las cuales por interferencia con las directas, producen la zona de sombra de Vitoria. Análogamente con menor intensidad, ocurre otro caso en el Rosellón y en el Ampurdán. Otros efectos de resonancia, pero de roca dura a roca blanda, se observan en Aurillac, Le Puy y Brioude. Por lo que respecta a la propagación de las ondas elásticas a través de las masas montañosas del Pirineo, se vé claramente repetirse el fenómeno ya estudiado en sismos anteriores, de paso de las ondas sísmicas, a través de valles perpendiculares a la propagación de tales ondas“.

A estas notas podemos añadir nosotros, el que con motivo del estudio que tuvimos ocasión de hacer en la zona conmovida del sismo de la Rioja de 18 de febrero de 1929, hemos trazado la correspondiente carta isosista, y vemos repetirse el fenómeno del foco periférico de S. Sebastián y la zona de sombra de Vitoria, pero con menor intensidad que en el sismo de Pirineo.



XVII

Conclusión

En el presente trabajo hemos expuesto en sucesivos capítulos los resúmenes obtenidos en la compilación de numerosos datos resultado de la investigación realizada sobre el terreno, algunos días después de la sacudida principal. Del estudio geológico, se desprende la importancia de los reconocimientos de las zonas epicentrales para la determinación de las causas del sismo.

En el trazado de isosistas, es preciso proceder con grandes precauciones, no bastando los datos aportados por informadores o noticias de la prensa, sino que además, es necesario el aquilatar cuantas circunstancias hayan mediado para modificar los grados de intensidad asignados a cada lugar. Solamente en el caso de haber sido llenados estos requisitos, las isosistas nos marcan en su trazado la forma relacionada con el accidente sismogénico.

En el análisis de los sismogramas, debe procederse con toda minuciosidad, y para ello es conveniente disponer de aparatos dotados de fuerte amortiguamiento y gran período, como el tipo Wiechert de componentes horizontales.

Para el cálculo de la profundidad hipocentral, no basta la interpretación de una gráfica, es preciso el contraste de varias correspondientes a sismógrafos de análogas características, para evitar errores de aplicación de las tablas de Mohorovičić.

Para el desarrollo de los métodos de cálculo expuestos por Inglada, sería de gran utilidad, el que la apreciación de tiempo en los registros, fuese del orden de una décima de segundo.

En el sismo del Pirineo, obsérvese una gran precisión de los resultados obtenidos por las diversas Estaciones, debido sin duda, a la naturaleza del ímpetu de la onda P.

También debemos hacer notar la importancia de la organización del servicio de información macrosísmica, y la conveniencia de que revista carácter de permanencia, ilustrando a los informadores y hasta dotándoles de pequeños sismocopios elementales.



NOTA BIBLIOGRÁFICA

- (1). Annuaire de l'Institut de Physique du Globe 1920-1930 Strasbourg.
- (2). Id. id. id. id. 1923 id.
- (3). H. Pacheco (E) ... Ensayo de síntesis geológica del N. de la Península Ibérica.—1912.
- (4). Inglada Ors. (V) .. Contribución al estudio del sismo pirenaico de 10 de julio de 1923.—Madrid.—1928.
- (5). Inglada Ors. (V) .. Procedimientos expeditos de localización de focos sísmicos.—Madrid.—1927.
- (6). Mengel. (O)..... . Aperçu sur la tectonique et la seismicité des Pays catalans.—1908.
- (7). Mengel. (O)..... Thèses présentés a la Faculté des Sciences de Strasbourg.—1929.
- (8). Mohorovičić. (A).. Die bestimmung des Epicentrums eines Nahbebens. Beiträge zur Geophysik. Vol. XIV.—1906.
- (9). Rey Pastor. (A) .. Fenómenos sísmicos en «La Canal de Berdún».—1923. Bol. de la R. S. E. de H. Natural.—Tomo XXIV.—1924.
- (10). Rey Pastor. (A) . Traits siemiques de la Péninsule Ibérique.—Madrid.—1927.



ÍNDICE

Capítulos	Títulos	Figuras	Cuadros	Páginas
I	Introducción			3
II	La Región epicentral.....	1. ^a á 5. ^a		6
III	Efectos producidos.....	6. ^a á 25. ^a		10
IV	Trazado de isosistas.....	26. ^a y 27. ^a		33
V	Naturaleza y dirección del impulso		- I á V	39
VI	Período sísmico.—Réplicas	28. ^a á 30. ^a	VI	41
VII	Fenómenos geológicos y meteorológicos			45
VIII	Historia sísmica de la Comarca.....			47
IX	Registro instrumental	31. ^a y 32. ^a	VII a IX	49
X	Determinación gráfica del epicentro....	33. ^a		56
XI	Líneas dromocrónicas	34. ^a y 35. ^a	X	58
XII	Cálculo de coordenadas del epicentro según V. Inglada			60
XIII	Cálculo de la profundidad hipocentral..			62
XIV	Hora inicial del sismo		XI	63
XV	Causas del sismo			65
XVI	La propagación de las ondas sísmicas ..			67
XVII	Conclusión			69
	Nota bibliográfica.....			71



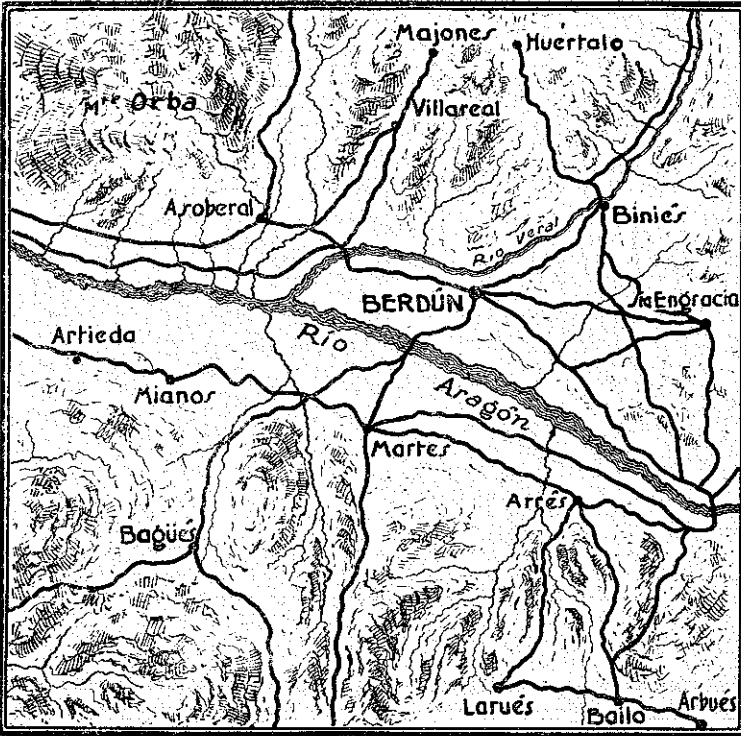


Fig. 1^a. Zona Epicentral

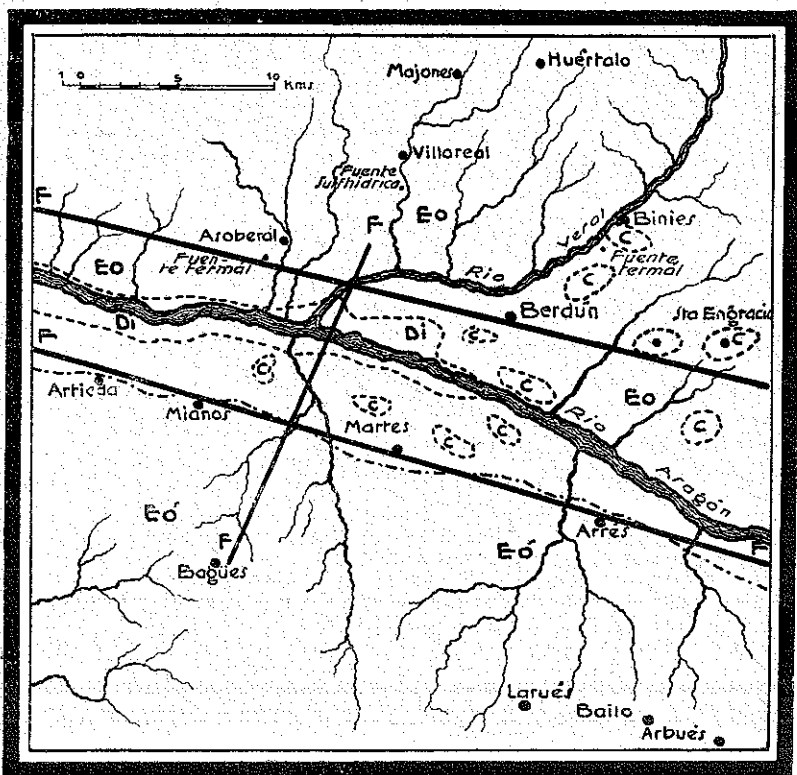
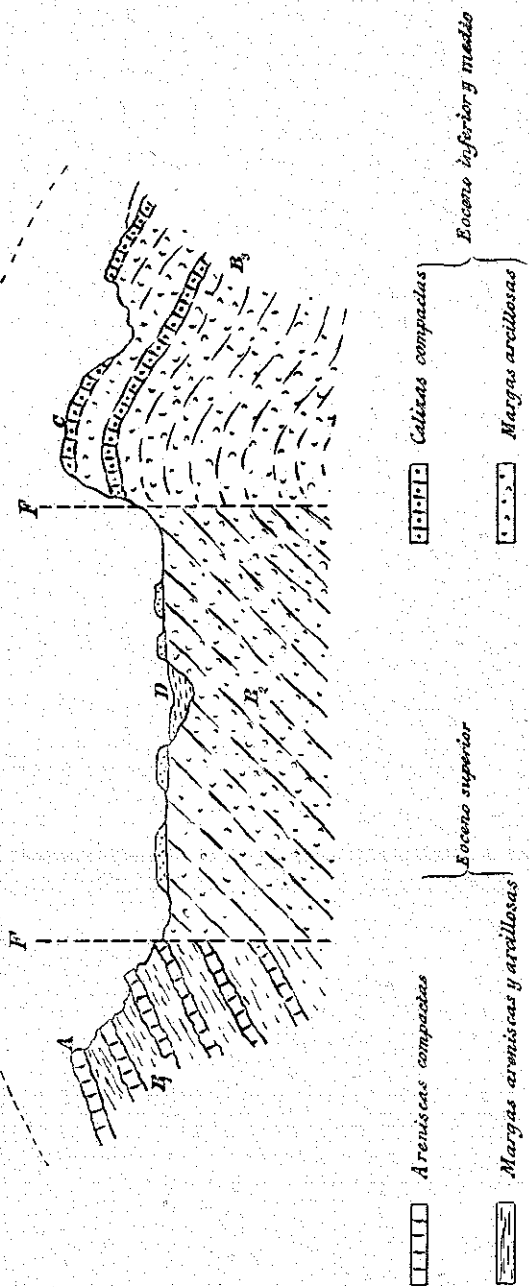
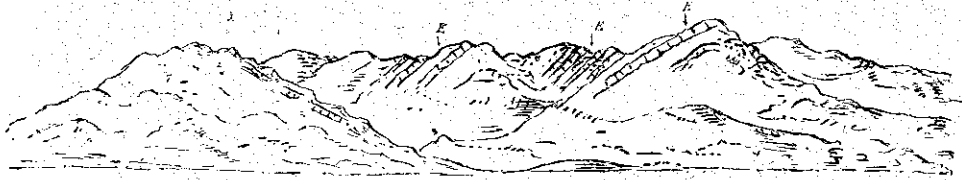


Fig. 2.^a Esquema geológico.—Eo: Eoceno medio.—Eo': Eoceno superior.—C: Cuaternario.—Di: Diluvial.—FF: Fallas probables.



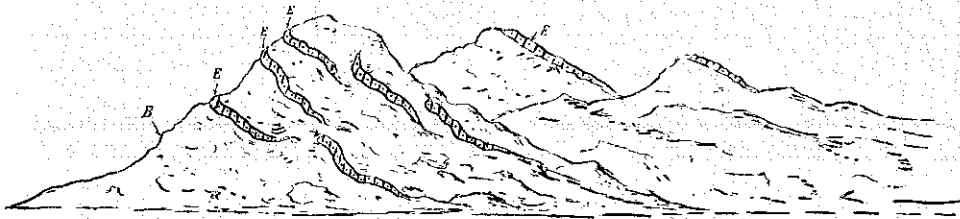
B: Bloque hundido respecto al B₂.
 B₂: " " " " B₃.
 D: Río Aragón

Fig. 3.ª Corte teórico del valle del Aragón.—A: Sierra de Artieda.—C:—Monte Orba.
D: Río Aragón



E = Estratos de areniscas compactas

Fig. 4.^a Vertiente S. de la Sierra de Martes



E = estratos calizos B = margas arcillosas

Fig. 5.^a Sierra de Orba (vertiente oriental)

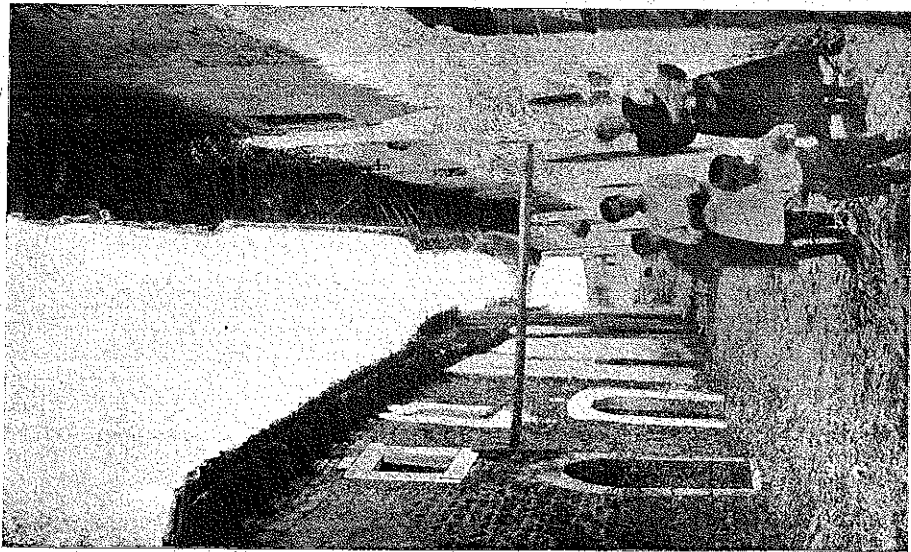


Fig. 7.^a Una Calle de Berdún

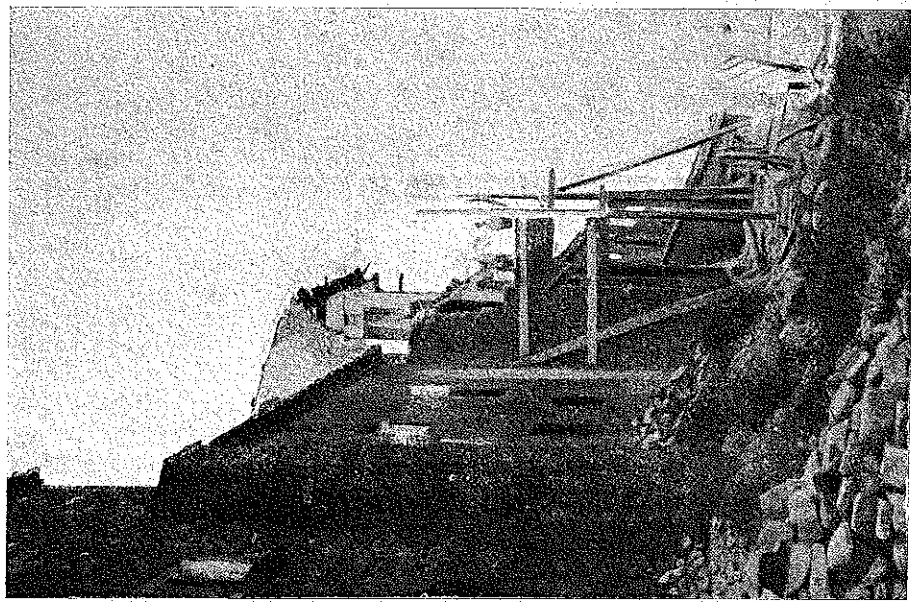
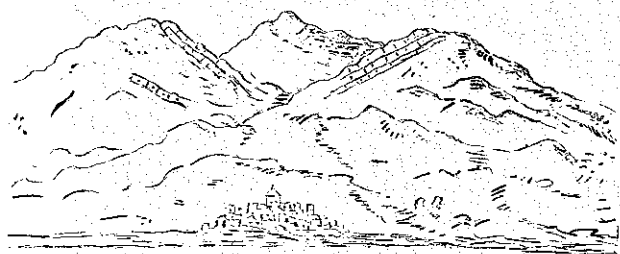


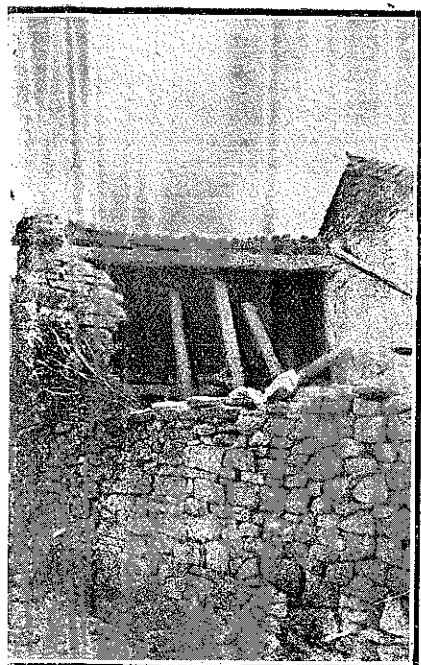
Fig. 6.^a Fachada derrumbada en el Ayuntamiento de Berdún



3. 8.^a Emplazamiento de Martes al pie de la Foz de su nombre



Fig. 9.^a Corral hundido en Martes



10 Cubierta derribada en Martes



Fig. 11 Rotura de la cubierta de un corral en Martes

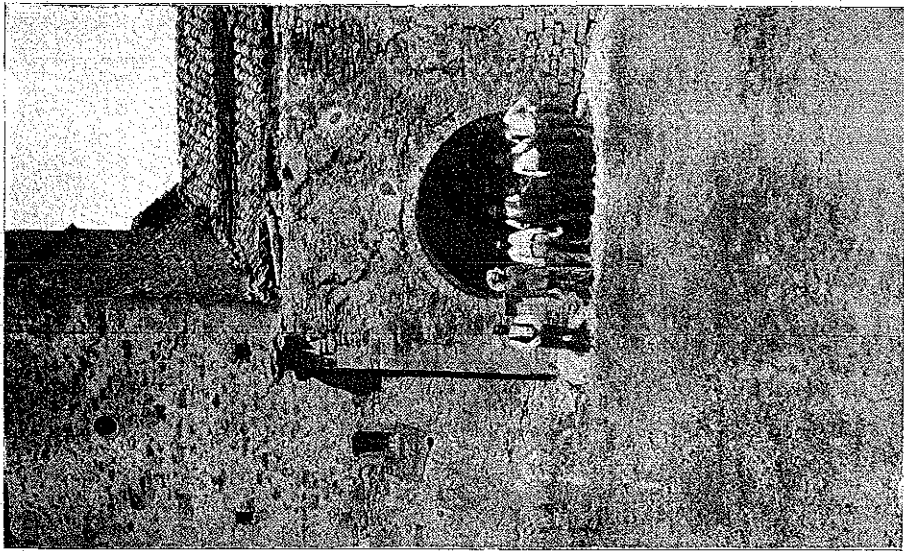


Fig. 15 Pórtico de la iglesia de Martes

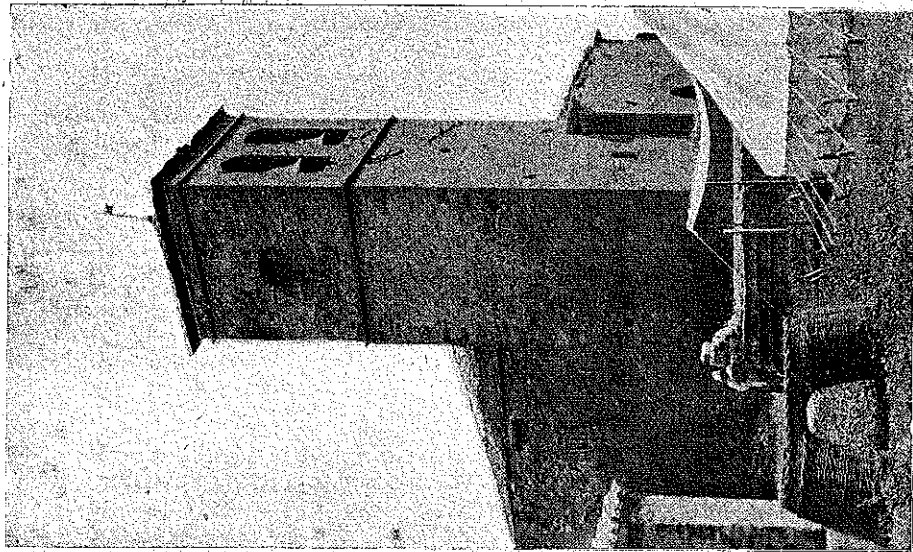


Fig. 12 Torre de la Iglesia de Martes

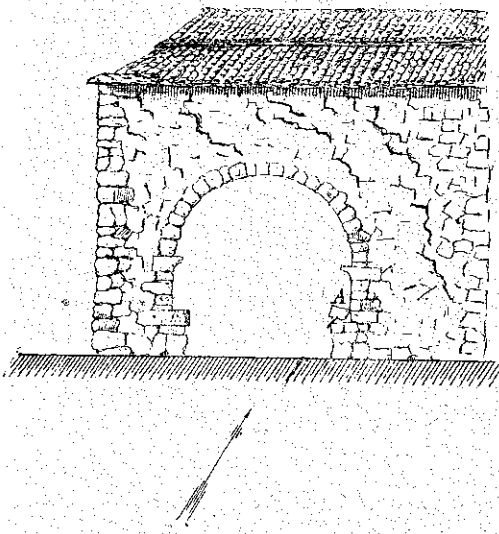


Fig. 14 Detalle de la rotura de un sillar



Fig. 16 Casa agrietada en Martes

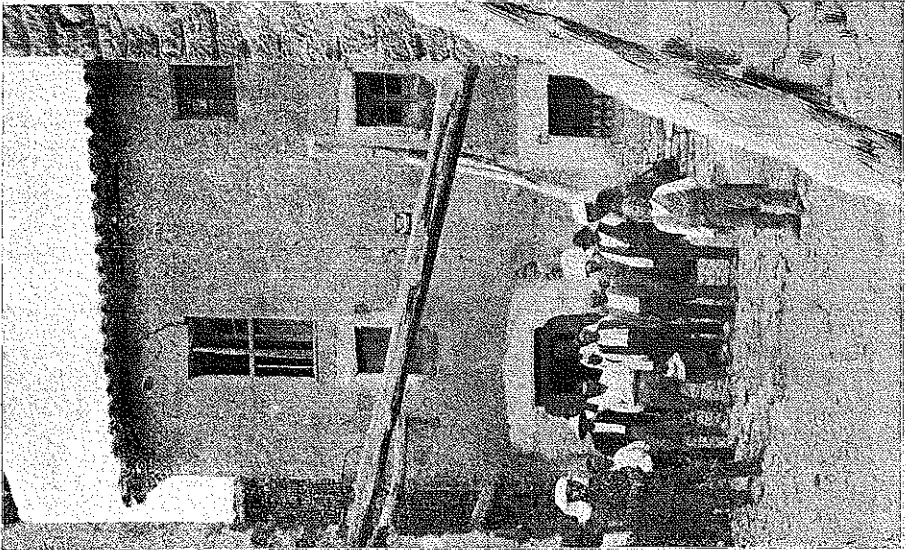


Fig. 16 Una calle de Martes





Fig. 17 Casa arruinada en Martes

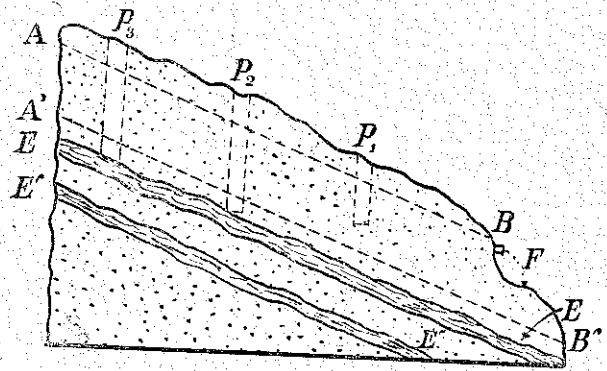


Fig. 18 Régimen hidrográfico de los pozos de Villarreal

E E: estrato impermeable base del manto acuífero antes del sismo.

E E': ídm. después del sismo.

P₁: Pozo agotado.

P₂ y P₃: ídm. no agotados.

F: Fuente agotada.

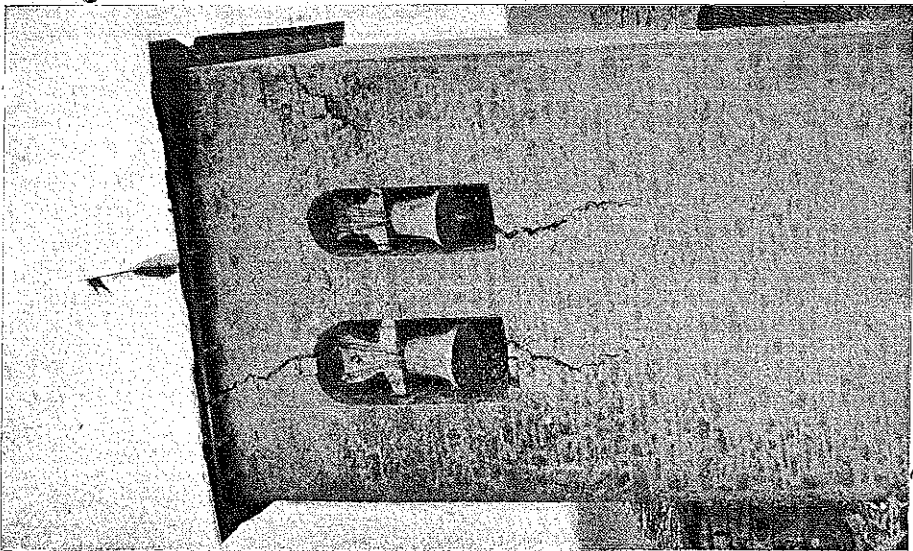


Fig. 19 Iglesia de Minnos.

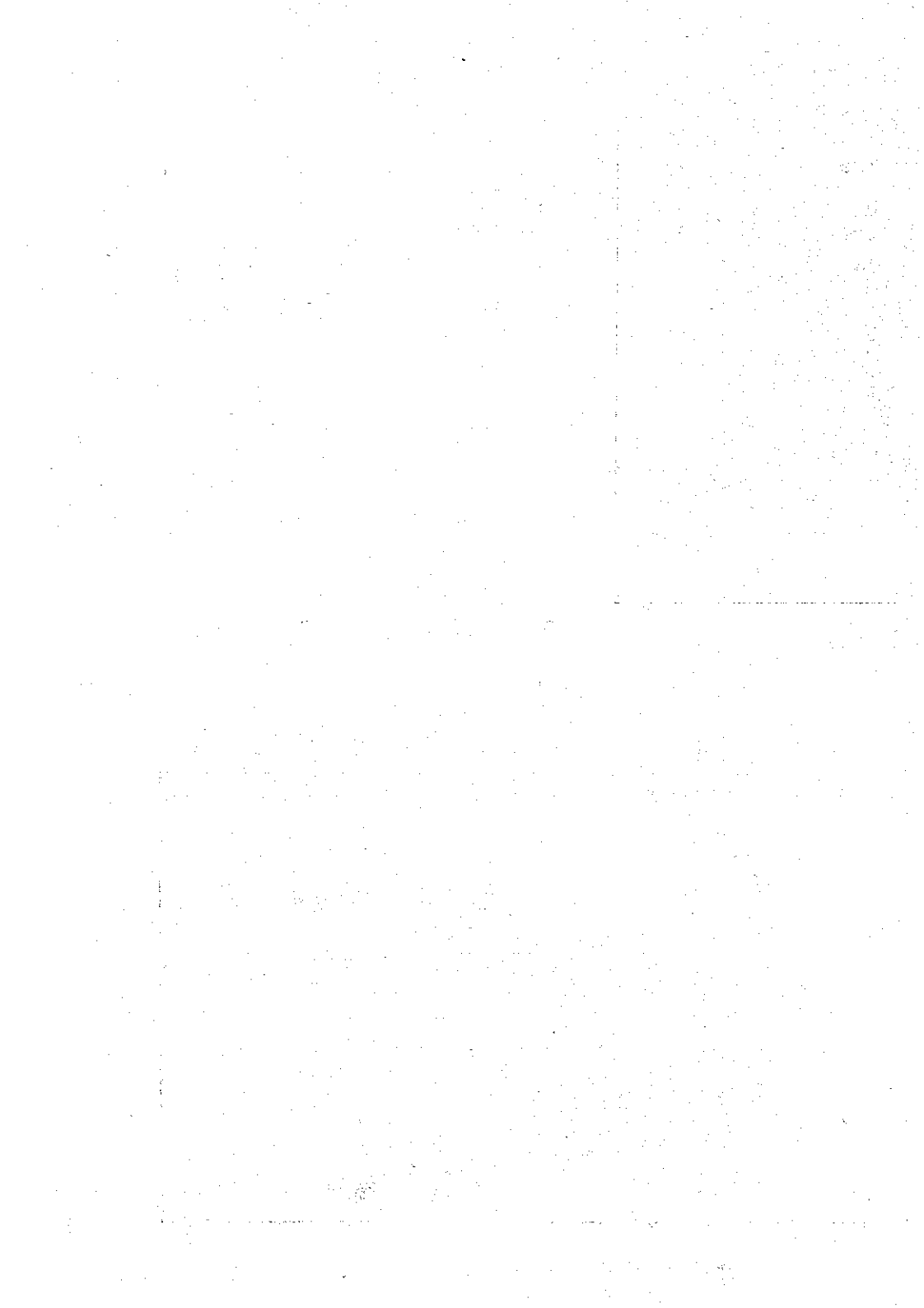




Fig. 20 Abside de la Iglesia de Bagüés

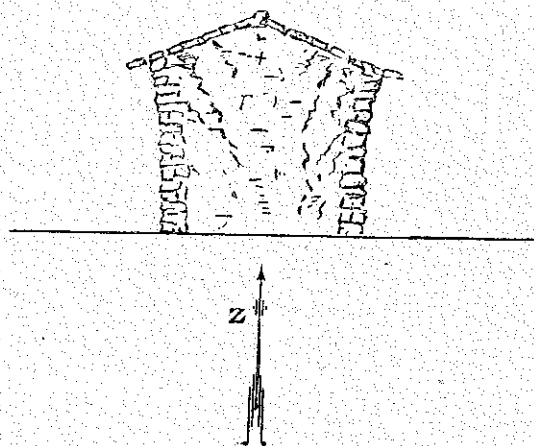


Fig. 21 Efecto producido en una casa de Bagüés

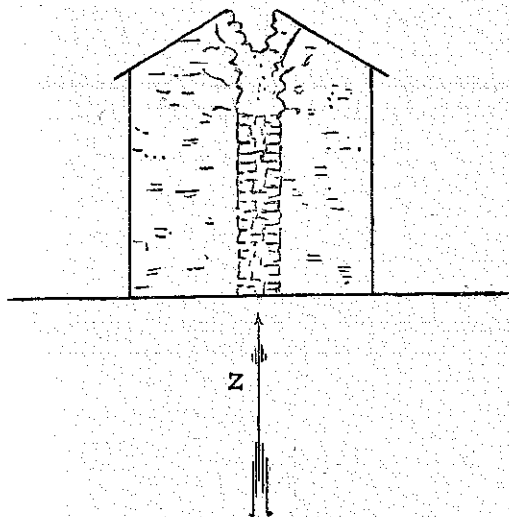


Fig. 22 Caída de cumbrera en una casa de Bagüés



Fig. 23 Casa arruinada en Bagüés



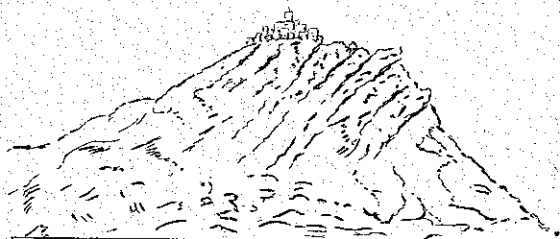


Fig. 24 Emplazamiento del pueblo de Arrés

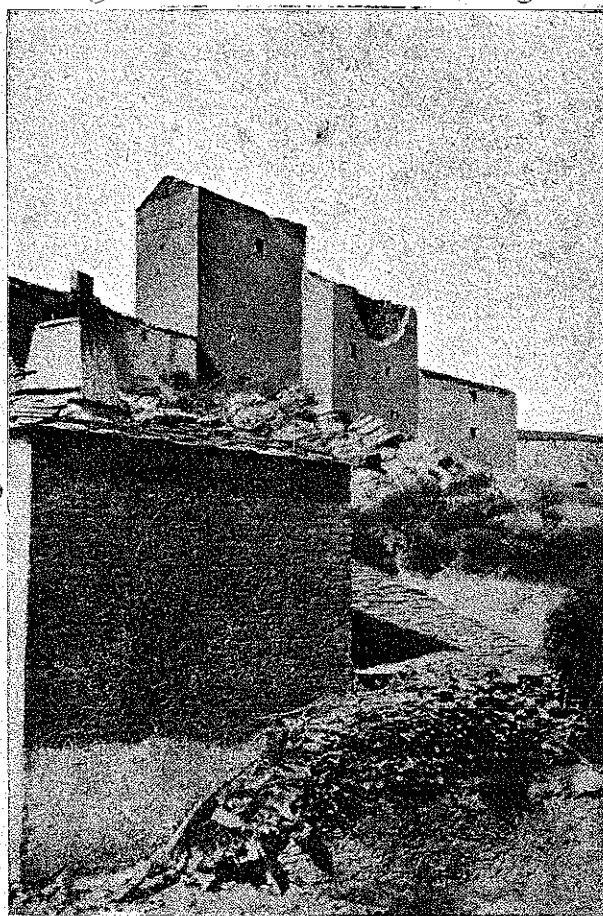


Fig. 25 "El Torrazo" de Arrés



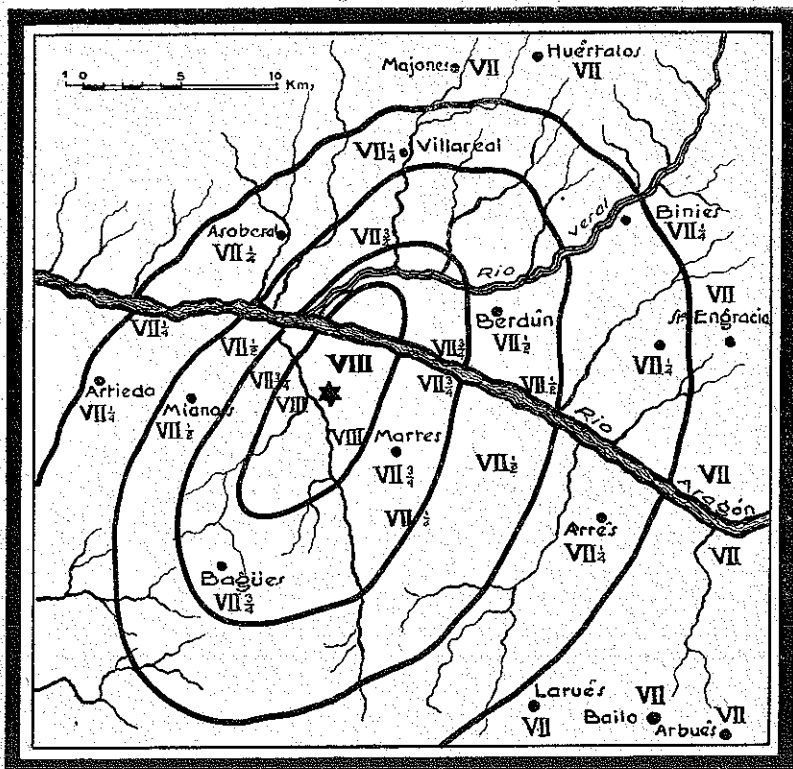
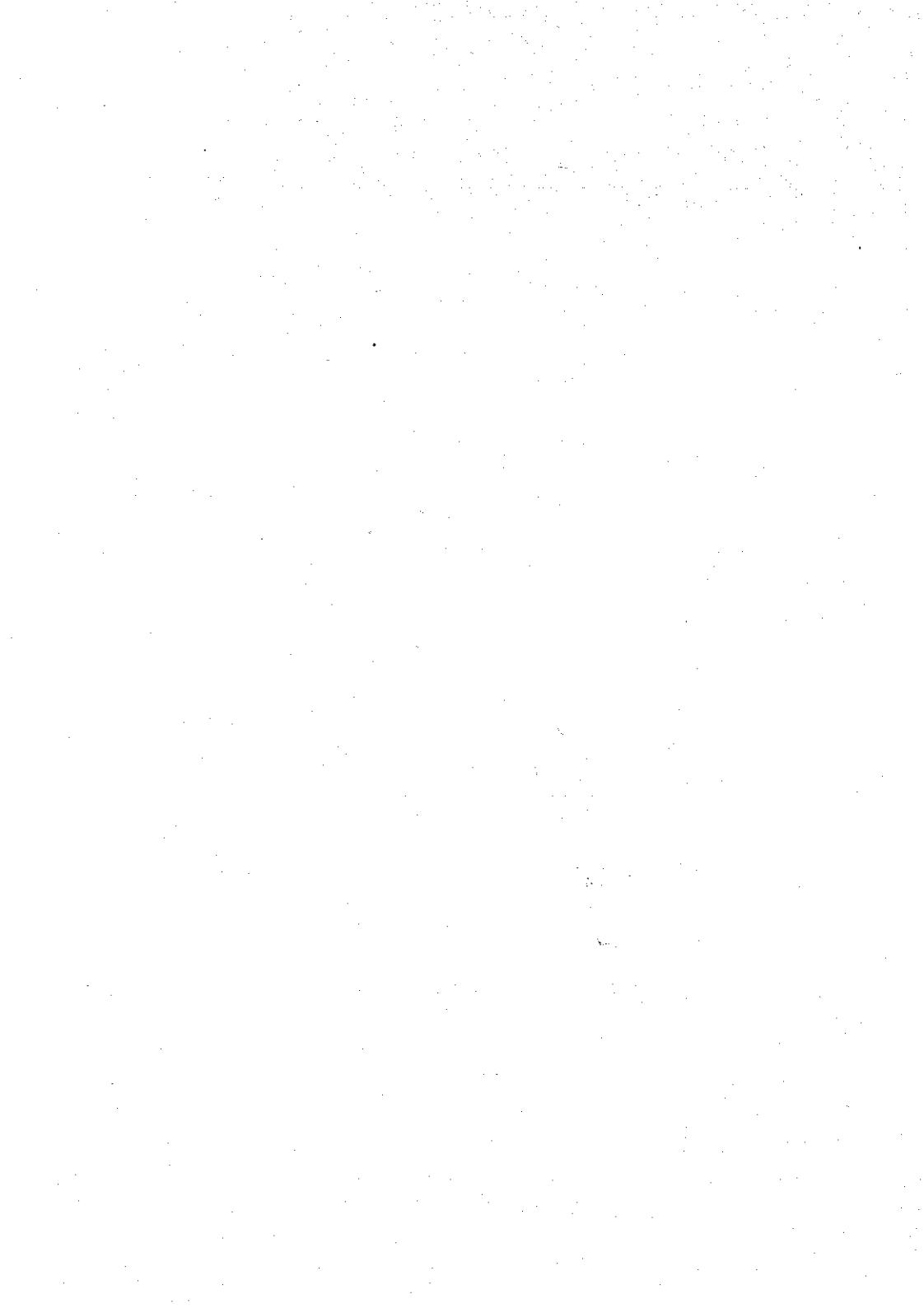
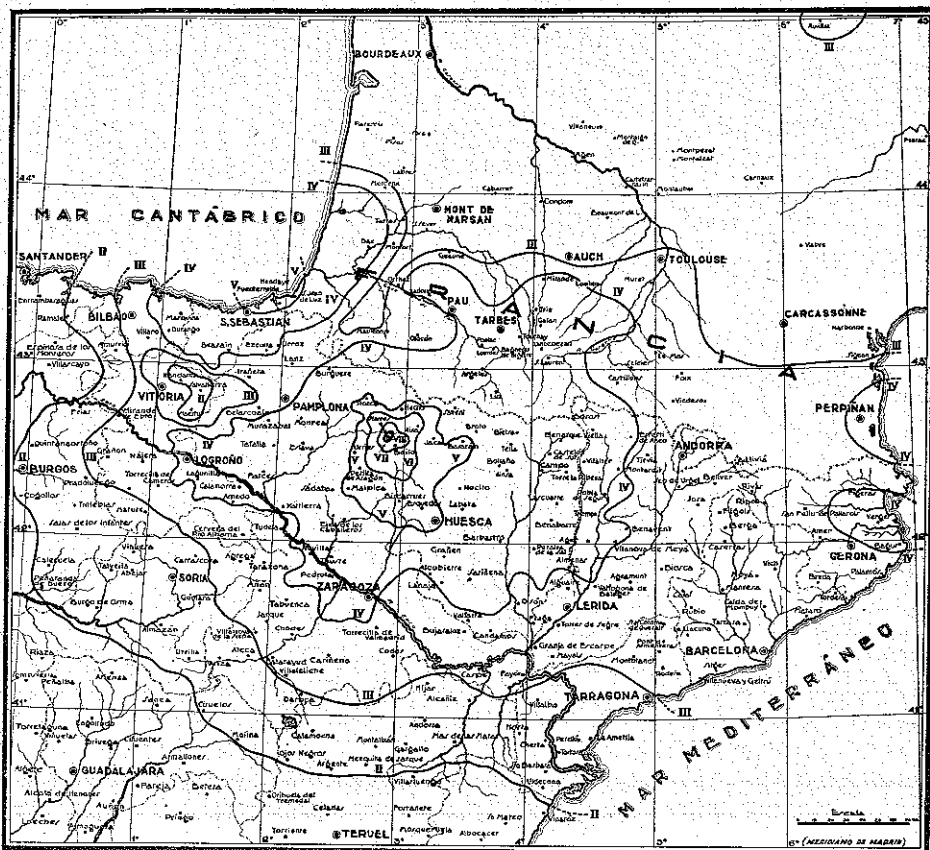


Fig. 26 Isosistas de $\frac{1}{4}$ grado E. M. en la zona epicentral





SISMO DE 10 DE JULIO DE 1923 — TRAZADO DE LINEAS ISOISITAS
 POR ALFONSO REY PASTOR

Detor de información en la zona española obtenido por el Servicio Sismológico y en la francesa por el Bureau Central Sismologique.

Fig. 27

Diagrama de las sacudidas percibidas en el periodo sumico (10 Julio al 31 Diciembre 1925)

- Sacudidas recibidas en las pueblar más próximas al epicentro en el Observatorio del Cbro.....E
- Idem registradas {
 -F.....Fabra.....F
 -C.....Cartuja.....C
 -T.....Tolosa.....T

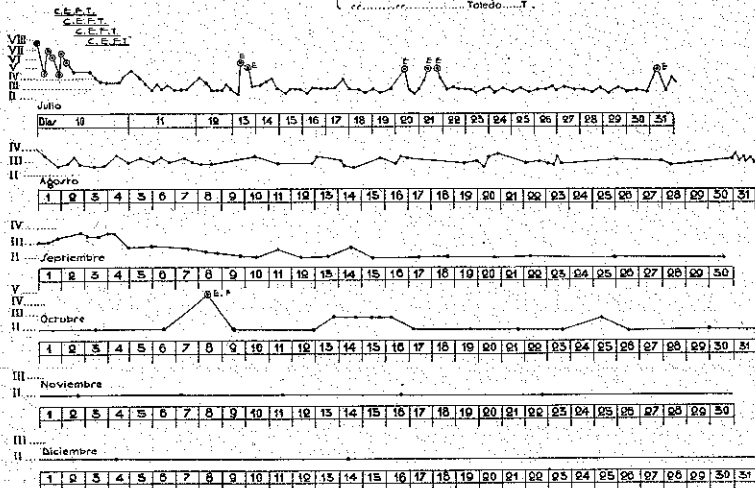


Fig. 28

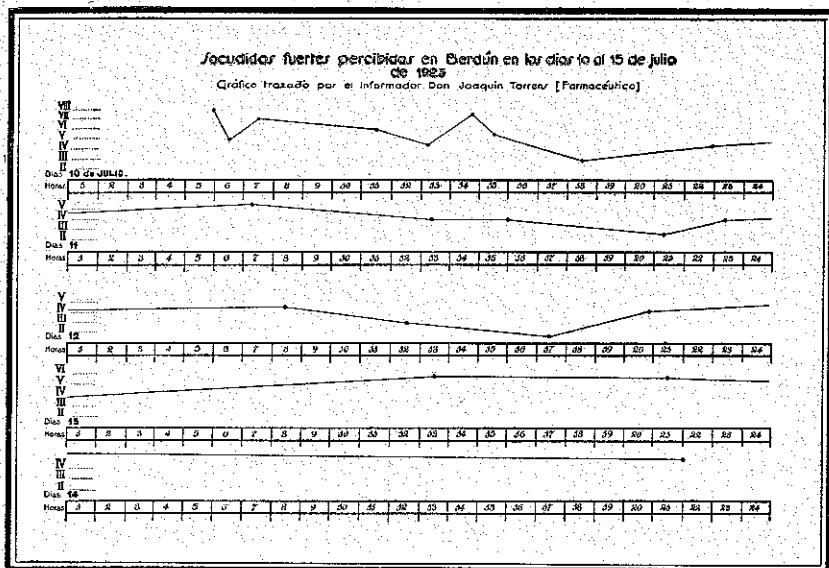


Fig. 29

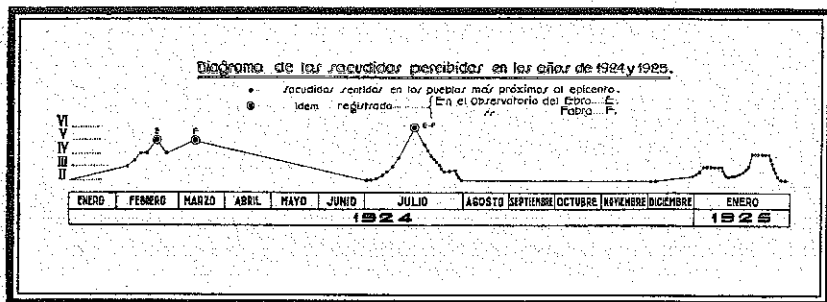


Fig. 30

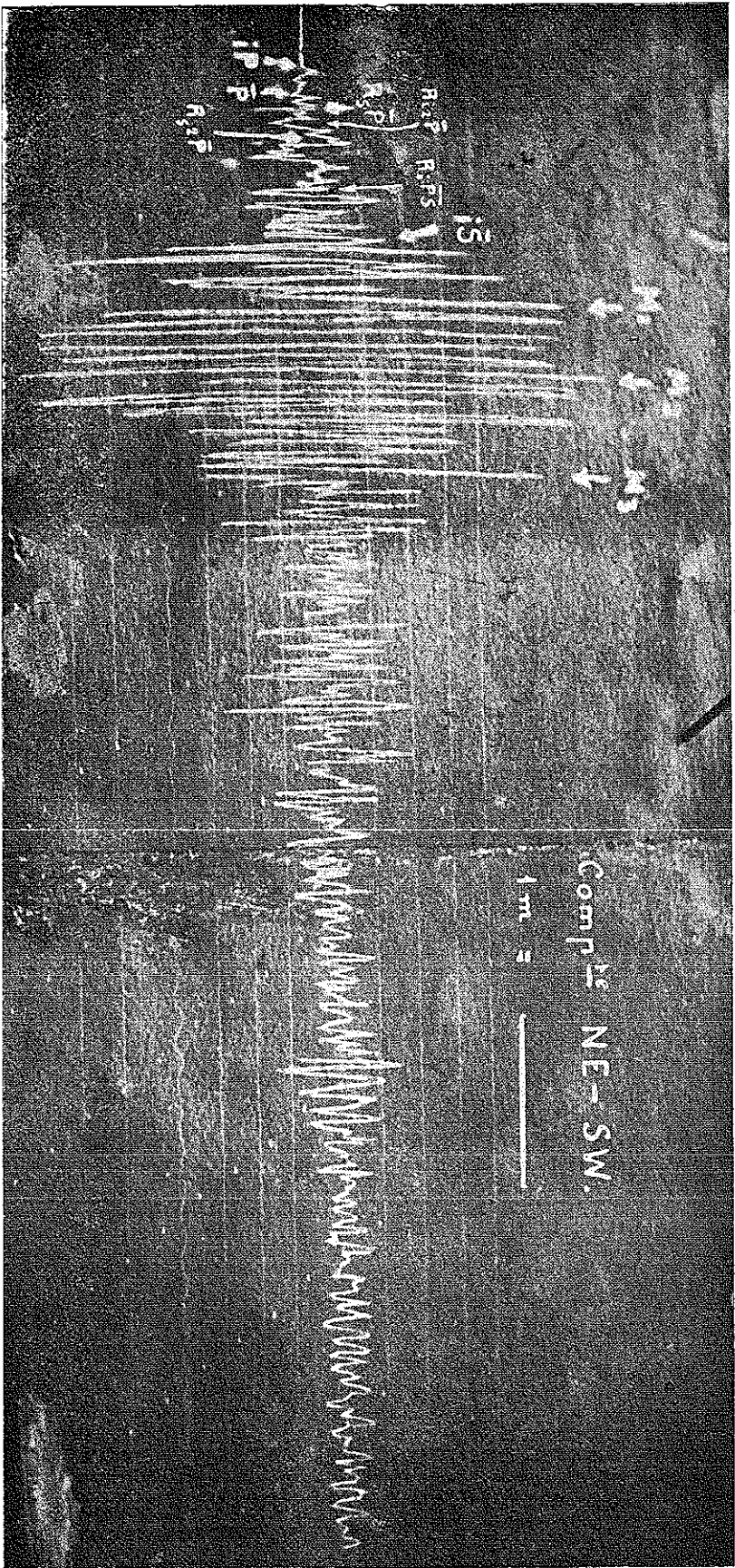


Fig. 31 Sismograma de la componente NE-SW. — Sismógrafo "Wieclert."

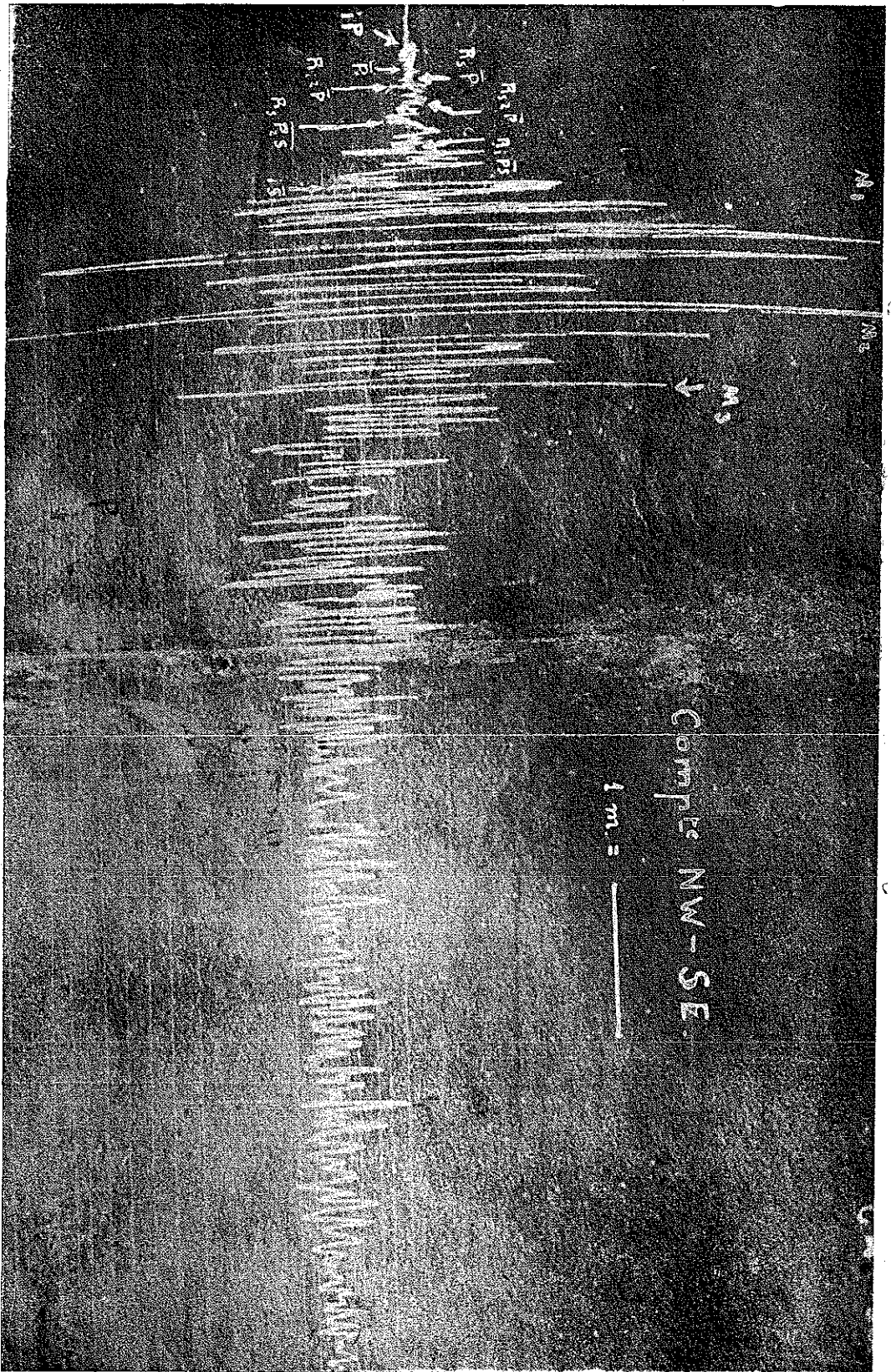
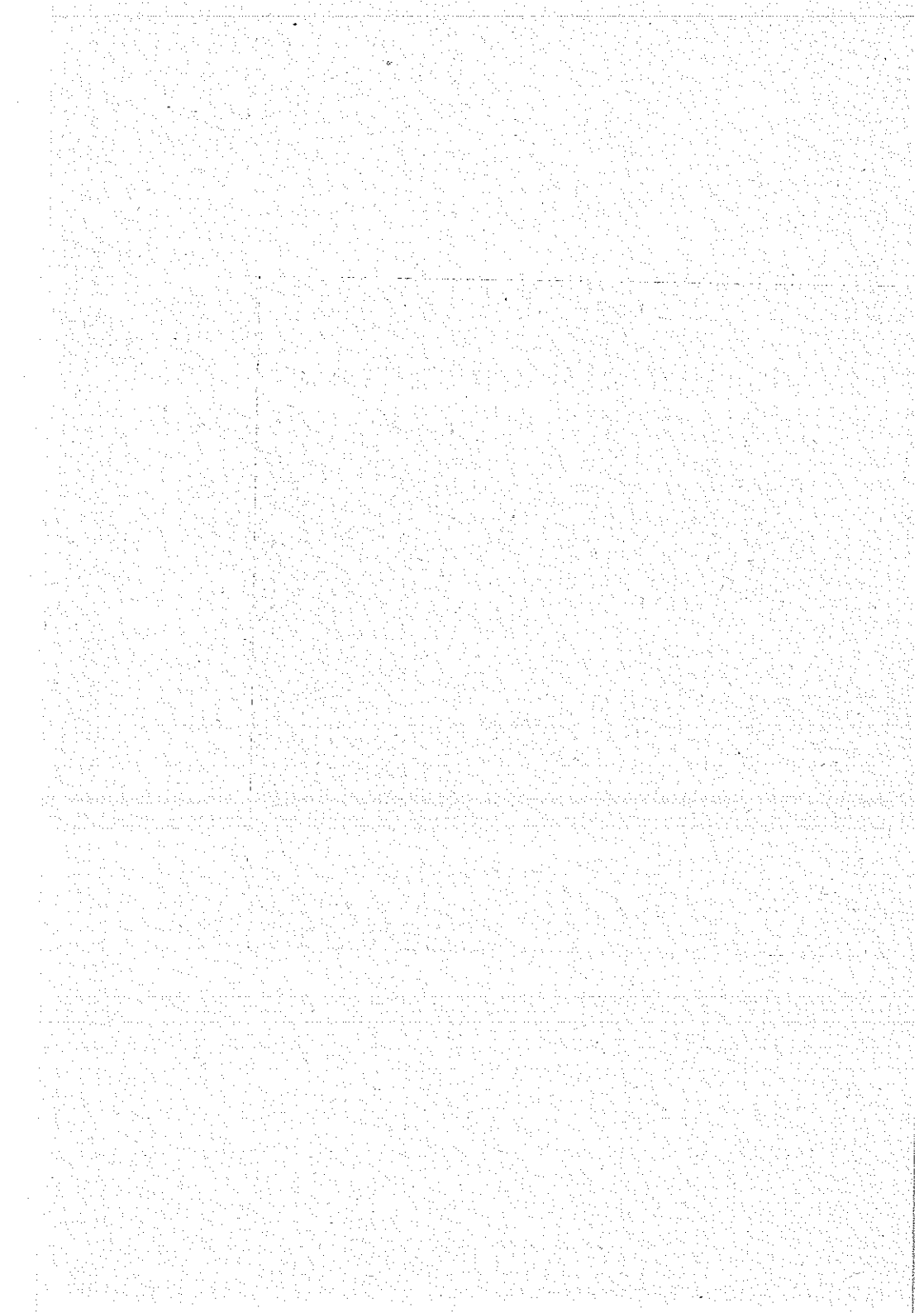
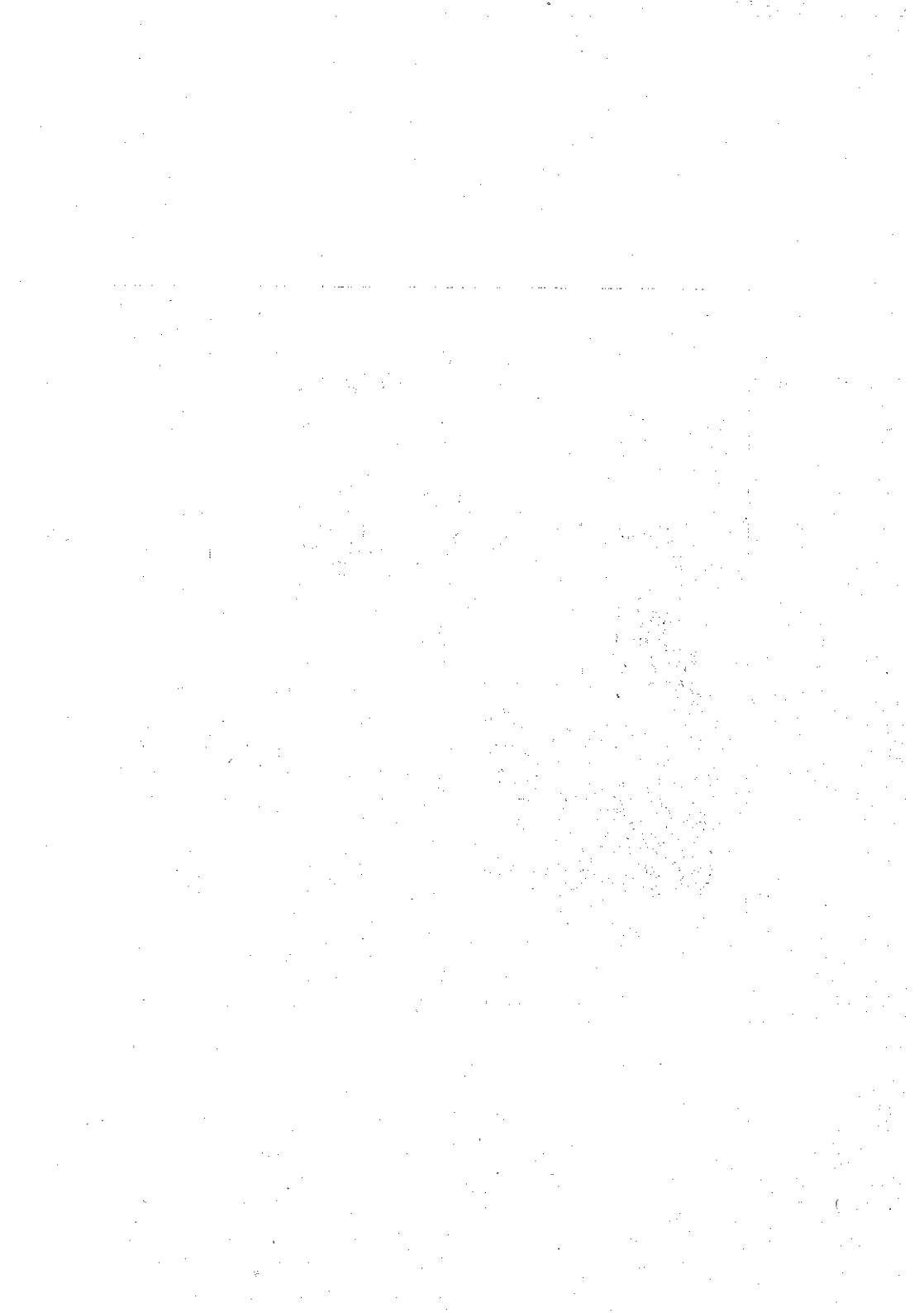
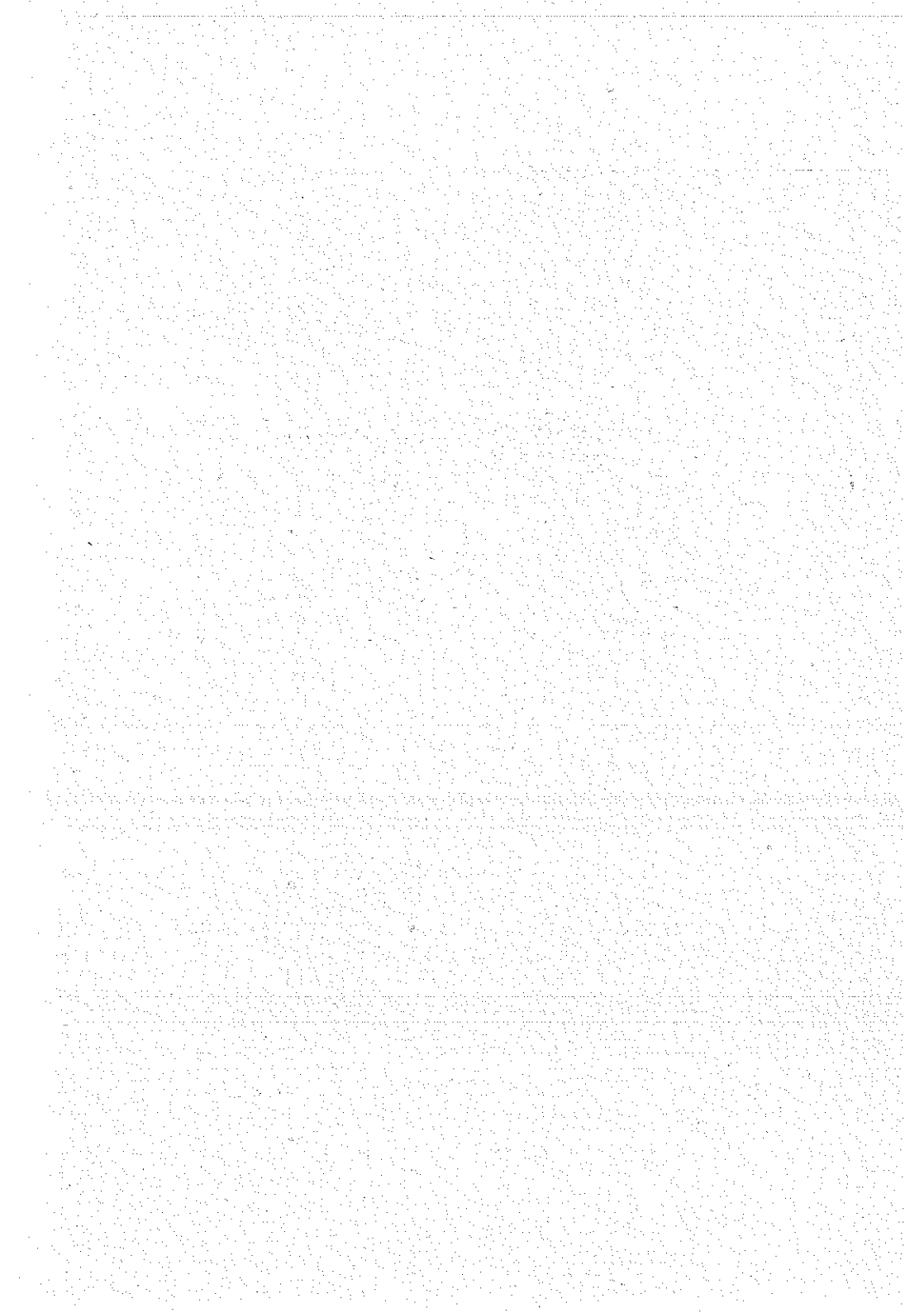


Fig. 32 Sismograma de la componente NE-SW — Sismógrafo "Wiechert"









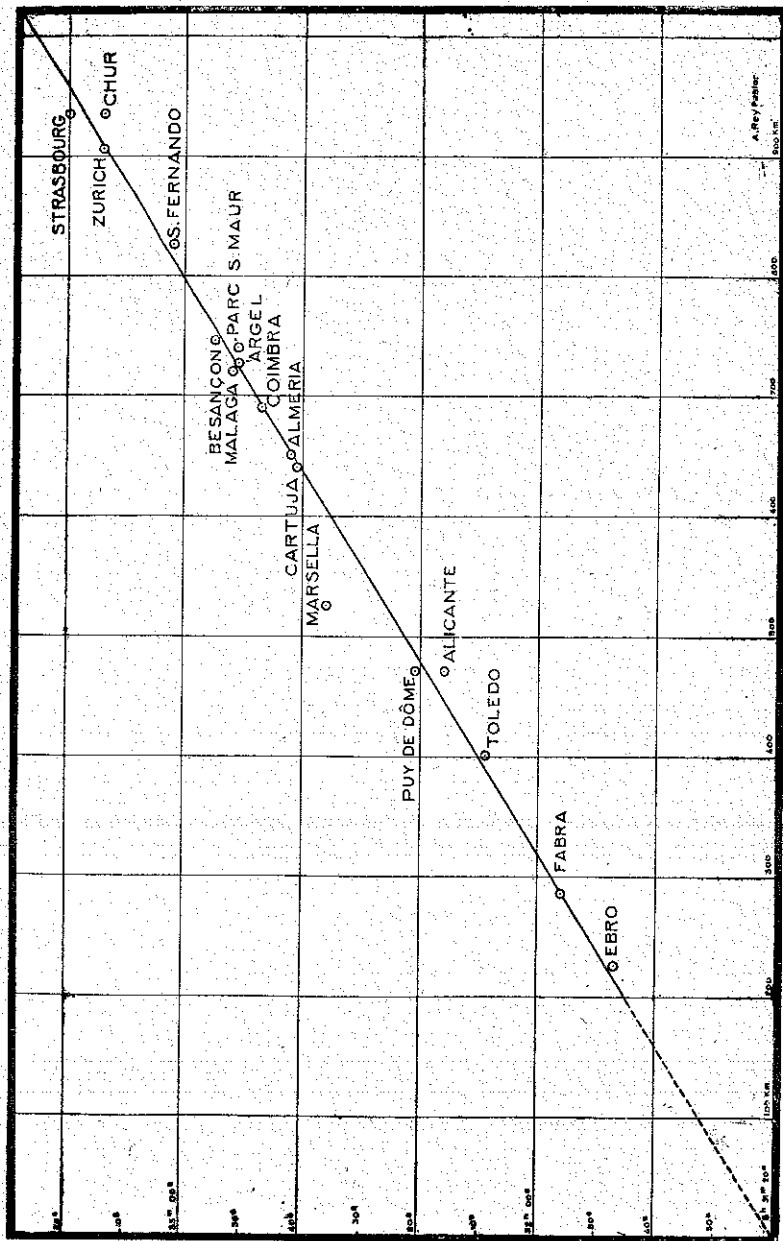


Fig. 34

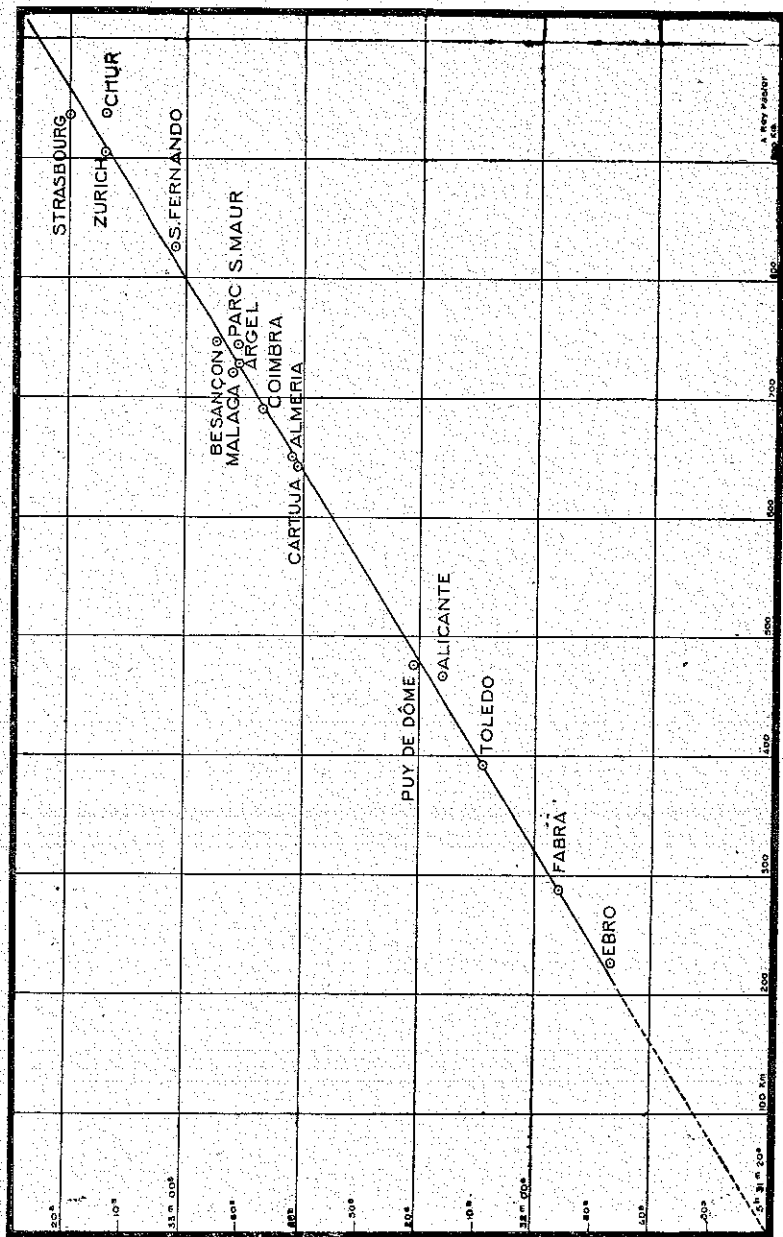


Fig. 35

