S. 2. 5. 1

DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO

SERVICIO SISMOLÓGICO

INFORME

ACERCA DE LOS FENÓMENOS SÍSMICOS OCURRIDOS EN LA REGIÓN

DE

PASTRANA (Guadalajara)

(22 DE DICIEMBRE DE 1921 A 3 DE JULIO DE 1922)

POR

ALFONSO REY PASTOR

Comandante de Estado Mayor e Ingeniero Geógrafo, Jefe de la Estación Sismológica de Toledo.

Madrid. Talleres del Instituto Geográfico. 1925.

S-75

1

Antecedentes.

El día 22 de diciembre de 1921, comenzaron a sentirse fuertes ruidos sísmicos en algunos pueblos de la provincia de Guadalajara, especialmente en Pastrana y sus alrededores; tales ruidos continuaron durante los meses de enero y parte de febrero, aumentando en frecuencia aunque disminuyendo en intensidad.

Como consecuencia de estos acontecimientos, el Alcalde de Pastrana expuso al Excmo. Sr. Gobernador Civil de la provincia, el estado de alarma en que se encontraba el vecindario, y en vista de lo cual, dicha Autoridad transmitió la comunicación al Ingeniero Jefe de la Estación Sismológica de Toledo, interesando datos acerca del particular, por si los aparatos sismográficos de este Centro, hubiesen registrado alguna sacudida correspondiente a foco sísmico de la región citada.

Expuesto el caso a la Dirección General del Instituto Geográfico, dispuso el Excmo. Sr. Director General, que se entendiera directamente este Centro con el Gobernador de la provincia de Guadalajara.

En consecuencia de esta orden, se cursó la siguiente comunicación, con fecha 14 de enero de 1922:

«Excmo. Sr.=En constestación a su atenta comunicación de fecha de hoy, tengo el honor de participar a V. E., que en los registros sísmicos obtenidos en estos últimos días por esta Estación Sismológica, no figura ninguna sacudida próxima que pudieran corresponder a los fenómenos percibidos por el vecindario de la villa de Pastrana (Guadalajara), así como tampoco se han recibido telegramas de los demás Observatorios Sismológicos nacionales que indiquen el registro de temblores próximos, y que aun cuando a éstos suelen acompañar ruidos subterráneos cuya intensidad y timbre depende de la naturaleza del terreno, hay también regiones del Globo, como el litoral belga, donde se perciben ruidos subterráneos, de naturaleza endógena, pero sin

sacudidas sísmicas, como por no citar más que un ejemplo ocurrió en la ciudad de Guanajalo (Méjico), donde por espacio de un mes, en el año de 1874, se percibieron estallidos subterráneos que aterrorizaron de tal modo a sus habitantes, que casi todos la abandonaron por algún tiempo, sin que a estos inofensivos ruidos acompañara sacudida sísmica alguna.=No teniendo información detallada de las particularidades de los ruidos percibidos en Pastrana (naturaleza, intensidad, período, fenómenos que los acompañan), ni datos geológicos de la región en que está enclavada dicha villa, que obran en poder del Instituto Geológico, no es posible al Ingeniero que suscribe precisar más en este informe, como contestación a la consulta de V. E.=Dios guarde a V. E. muchos años.=Toledo 14 de enero de 1922.»

Como continuación a este escrito, se remitió a la misma Autoridad, un cuestionario relativo a ruidos sísmicos, que fué publicado en el *Boletín Oficial* de la provincia con fecha 30 de enero del mismo año *(Documento núm. 1)*.

Pasados los meses de invierno y primavera sin tener más noticias, un nuevo fenómeno sísmico tuvo lugar el día 3 de julio, acompañado con fuerte ruido, de mayor intensidad que los anteriores, pero sin producir víctimas ni aun desperfectos considerables en las edificaciones, aunque sí originó la natural alarma en los vecinos, no acostumbrados a sentir nunca en su suelo extremecimientos de esta naturaleza.

En el Sismógrafo modelo «Vicentini», de esta Estación, se registró la sacudida en forma débil, pero lo suficientemente clara para apreciar la hora de principio y distancia epicentral aproximada (fig. 6.ª).

Al darse cuenta en la comarca, que los fenómenos alarmantes iban aumentando en intensidad, se apresuraron varios Alcaldes a remitir al Gobernador, informes, tanto de esta sacudida como de los anteriores ruidos, cuyos datos fueron transmitidos a este Centro juntamente con otro de la Jefatura de Obras Públicas de aquella provincia, en el que se daba cuenta de algunos desprendimientos de tierras observados en varias carreteras, análogos a los ocurridos otras veces, atribuyendo el fenómeno ocurrido a los probables efectos de la acción de las aguas subterráneas de los afluentes del Tajo.

Nuevas noticias recibidas particularmente de Pastrana, nos hicieron comprender la importancia del hecho apuntado, no por la intensidad de la conmoción sísmica, sino por la novedad que supone el aparecer un epicentro en una comarca como la Alcarreña, enclavada en plena Meseta, en el viejo macizo consolidado de una manera indudable, por lo menos en conjunto, que resistió sin deformación notable los colosales empujes originados en el movimiento alpino.

Estos hechos, juntamente con la lectura del interesante folleto del eminente geólogo Sr. Royo Gómez, relativo a los plegamientos de la sierra de

Altomira, que cruza de N. a S. la región cuyo estudio nos ocupa, y que demuestra que allí han tenido lugar fenómenos de plegamiento postmiocenos, nos decidieron a practicar un estudio informativo previo, complementado con otro sobre el terreno acerca de los fenómenos registrados.

Una primera delimitación de la región afectada por éstos, pudimos realizar, con arreglo a los escasos informes recibidos de primera intención y teniendo a la vista la carta de Obras públicas de la provincia de Guadalajara, que el Ingeniero Jefe de la provincia tuvo la amabilidad de remitirnos, en la que fueron marcados los pueblos de los que se tenían noticias de haberse sentido las sacudidas o ruidos.

Como quiera que en la actualidad el servicio de información macrosísmica no estaba establecido oficialmente, el Ingeniero Jefe de la Estación Sismológica Central, dispuso se realizase una información parcial, relativa al sismo del 3 de julio, y a este efecto, se remitieron a los Alcaldes de la comarca, unos impresos que contenían cuestionarios e instrucciones (que más adelante copiamos) y se interesó el envío directo a esta Estación de los informes solicitados.

Al mismo tiempo se indicó a la Dirección General del Instituto Geográfico la conveniencia de que se trasladase al campo el Ingeniero que suscribe (1) para complementar dicha información, autorización que fué concedida en concepto de comisión del servicio.

Creyendo conveniente no emprender la excursión hasta recibir la mayoría de los informes pedidos, con objeto de poder localizar lo mejor posible el área de sacudimiento, y zona epicentral, fuí aplazando mi salida en espera de los datos solicitados, pero el conflicto postal que surgió en el mes de agosto, me hizo cambiar de parecer y me trasladé al campo el día 16 de dicho mes, marchando directamente a Pastrana y pueblos inmediatos, por tener indicios bastante seguros de corresponder allí la zona epicentral.

Dediqué atención preferente a la zona en contacto de la Sierra de Altomira, estudiando al detalle los fenómenos orogénicos expuestos en la Memoria del Sr. Royo y sirviéndome de gran ayuda las notas geológicas de los alrededores de Pastrana tomadas por el notable geólogo D. Joaquín Gómez de Llarena.

Después de realizada la excursión, en la que invertí doce días, a mi regreso a la Estación Sismológica, fueron llegando los informes de los pueblos con extraordinaria lentitud, y la mayoría en forma tan incompleta, que tuve que solicitar de nuevo más noticias por conducto de la Comandancia de la Guardia Civil de la provincia de Guadalajara, con los cuales pude completar, aunque no del todo, la falta de los anteriores.

---

(1) 2.° Jefe en aquella fecha.

II

Descripción de la comarca conmovida.

La Región Manchego-Alcarreña.—Surcada la Meseta Ibérica en su parte media por el Sistema orográfico central, queda dividida en dos submesetas, y de ellas, la meridional presenta gran variedad en sus regiones, una de las cuales es la Manchego-Alcarreña.

Comprende, en mayor o menor parte, las provincias de Madrid, Guadalajara, Cuenca, Toledo, Ciudad Real y Albacete, está limitada al N. por la Cordillera Central, al S. por el Campo de Montiel, al W. por los Montes de Toledo y al E. por el Sistema Ibérico, en el que la Serranía de Cuenca desempeña un papel importante en el relieve peninsular, y en cuyos valles nacen los ríos que marchan en varias direcciones.

Forma suave pendiente hacia el Atlántico y está darenada por los ríos Henares, Tajuña, Tajo, Guadiela, Zánjara y Gigüela, que corren en dirección general hacia el SW., y el Júcar, que va hacia el S., para torcer después rápidamente y desaguar en el Mediterráneo.

El único relieve que altera la monotonía de la llanura, es la Sierra de Altomira, que la cruza de N. a S.

Por razón geológica del suelo y por su aspecto fisiográfico, la región Manchego-Alcarreña comprende varias zonas o comarcas.

Una faja cuaternaria se extiende al pie de Guadarrama y cubre el manto mioceno que aparece en el río Henares hasta su confluencia con el Jarama y luego en Madrid, Torrijos y Mocejón.

Estos materiales cuaternarios proceden de los arrastres erosivos fluviales del Guadarrama, consecuentes del período glacial.

Los Páramos.—Recibe este nombre una porción de la llanura castellana de suelo mioceno al S. E. de la faja cuaternaria anteriormente citada, en que por efecto de la erosión intensa, se han originado barrancos profundos, que han dado lugar a la formación de grandes bloques o mesas de forma de tronco de pirámide, cuya cara superior representa el suelo natural de la meseta, y son denominadas estas alturas «muelas», y a sus cumbres, «páramos» o «llanos».

Estas formas erosivas han sido motivadas por la mayor consistencia del piso superior del mioceno continental, formado por calizas *pontienses* que

descansan sobre margas *sarmatienses* de menor cohesión y fácilmente erosionables; allí donde las grietas de calizas han permitido que se labre un surco, la acción erosiva ha encontrado materiales que han opuesto muy poca resistencia a su trabajo, y al aumentar la profundidad del surco con gran rapidez, han dado lugar a barrancos con taludes de gran pendiente.

Coincide aproximadamente esta comarca con la Alcarria, emplazada al W. y N. de la Sierra de Altomira.

El aspecto topológico de este país, influye notablemente en la población, vegetación, clima, etc. Las calizas absorben por sus numerosas fisuras el agua de la lluvia, quedan los páramos desprovistos de tan precioso elemento y son pobres para la agricultura; estas aguas así infiltradas, al pasar por las margas infrayacentes, si son yesíferas, siguen su proceso de filtración, cargándose de sales cálcicas; pero al llegar al contacto de los estratos arcillosos, afloran rápidamente en los barrancos, formando numerosos manantiales y luego arroyos, etc.

De todos modos, la acción erosiva actual tiene que ser mucho menos intensa que en épocas anteriores, pues hoy es la Alcarria una de las regiones más secas de la Península, con una media anual de precipitaciones de 405 milímetros, mientras que la de evaporación llega a 1569 mm.

Es típico el paralelismo de los ríos de la comarca, consecuencia del relieve impreso en el terreno por los plegamientos postmiocenos y levantamiento en masa de la Meseta.

Comarca de los Términos transitorios.—Es la parte de la llanura en que los efectos de la acción erosiva están más acentuados, habiendo desaparecido la base superior caliza, de los páramos, y al quedar al descubierto los materiales inferiores menos coherentes y más sueltos, han afectado la forma de cerros, más o menos puntiagudos o redondeados; el paralelismo de los ríos ya no existe, pero sí fenómenos de captura y formación de meandros.

De este tipo de terrenos existe una faja al NW. de la anterior y otra más importante al E. y S. de la Sierra de Altomira, o sea al S. de la Alcarria hasta Huete.

El perfil de la figura 1.ª, tomado del plano de la lámina 2.ª, nos muestra bien claramente las formas erosivas de los páramos, en la parte W. de la Sierra de Altomira, mientras que la oriental está ondulada por el plegamiento de la Serranía de Cuenca.

En el perfil de la figura 2.ª (deducido lo mismo que el anterior) tenemos bien definidos los dos tipos de terrenos en los que los efectos erosivos han sido muy distintos: en la del W. siguen los páramos, bien marcados con una altitud media de 900 m. con un nivel medio de los cauces de unos 600 a 700

metros, mientras que al E. de la alineación montañosa, el terreno solamente tiene una altitud media de 700 m., desaparecen los prismas o cerros, en forma de artesa volcada, y son pequeños los relieves; sin embargo, notemos que, aun siendo el nivel medio de la parte oriental menor en 200 m. que el de la occidental, los ríos Tajo y Guadiela pasan a la parte más elevada y atraviesan una fuerte barrera como la que representa el cordón montañoso de más de 1000 m. de altitud.

Este fenómeno fisiográfico solamente puede demostrarse suponiendo, como explica Royo, un nivel anterior del mioceno más elevado que la actual sierra, la cual llegaría a formar un escalón de descenso para los ríos en dirección E.-W. (fig. 3.ª), y el mayor efecto erosivo en los rápidos o cascadas que en tal escalón pudieran formarse, fué iniciando la formación de las hoces o gargantas en la barrera actual; al mismo tiempo que iría descendiendo este nivel de base, aumentaría el efecto erosivo en los cauces, agua arriba, y de este modo, solamente por la erosión fluvial han podido labrarse los pasos a través de este obstáculo, hoy tan importante y de materiales más consistentes que los del resto de la región. El efecto referido es análogo al del río Tajo en su paso a través del bloque gnéisico de Toledo.

Llanura manchega.—En un grado más avanzado que los anteriores, la erosión, hace desaparecer los pequeños cerros y deja al descubierto los materiales de la base del terciario en forma de dilatada llanura que se extiende al S. de las anteriores comarcas.

Alineación montañosa (láms. 2.ª y 3.ª, figs. 4.ª y 5.ª).—Si miramos el mapa geológico de la región que estudiamos, vemos cómo destaca a primera vista la brusca interrupción que la mancha miocena sufre al ser surcada por una faja de materiales mesozoicos (en general) en dirección N. S. que se extiende desde Durón (Guadalajara) hasta Puebla de Almenara (Cuenca).

Para nuestro objeto es cuestión fundamental el estudio geotectónico de esta sierra, el cual, como varias veces hemos dicho, ha sido realizado por J. Royo de una forma tan brillante, que le ha permitido establecer conclusiones de gran novedad respecto al plegamiento de esta cadena, y por lo tanto, creemos deber limitarnos a exponer un ligero resumen del citado trabajo.

En la parte destinada a descripción física, manifiesta el autor, que aunque la sierra comienza en Durón, no se individualiza hasta Sacedón, y enumera luego los diversos tramos que constituyen el conjunto montañoso. Puede apreciarse el aspecto físico de la región en el plano de la lámina 2.ª y en el croquis de la lámina 3.ª y figura 4.ª.

El aspecto general es el de sierras de crestas de afiladas, con vertientes rápidas y profundos barrancos u hoces entre ellas, por los que corren principalmente el Tajo y su afluente el Guadiela.

En las sierras del N. (Madroñal y San Cristóbal) los materiales están constituídos exteriormente por calizas pontienses yuxtapuestas a las cretácicas, siendo difícil establecer una separación de ambas estratificaciones.

En la porción central de la cordillera, aparecen dos cordones montañosos paralelos, entre los cuales marcha por cauce angosto el Tajo; el oriental es atravesado por el Guadiela, entre las sierras del Socorro y Buendía y después de una brusca inflexión rodeando la Sierra de Enmedio, se une a aquél, el cordón occidental por la hoz de Bolarque y sale a la región de los páramos, frente a Sayatón.

En el mapa geológico de España, figura toda la cordillera como mesozoica, y hasta ahora así había sido considerada, pero en estas nuevas investigaciones se han podido fijar muchas cumbres de materiales miocenos (pontienses) (fig. 3.ª).

Movimientos orogénicos durante el terciario.—Los plegamientos observados en las capas cretácicas e inferiores del terciario, han sido explicadas por la mayoría de los geólogos como consecuencia del movimiento alpino que ocasionó el levantamiento principal del Pirineo, pero resulta, que también las capas superiores del mioceno presentan caracteres de dislocación; la inclinación de estos estratos, ha sido considerada como efecto del movimiento bascular (movimientos póstumos alpinos) que afectó a la meseta, y las señales de plegamiento, eran atribuídas a la formación de masas yesosas infrayacentes. Ninguno de los geólogos había expuesto hasta ahora ninguna teoría que atribuyese los plegamientos miocenos a los fenómenos orogénicos, pero el autor a que nos venimos refiriendo, como consecuencia de una labor concienzuda en la Sierra de Altomira, expone claramente sus conclusiones, e indica que son patentes los efectos de un plegamiento *premioceno* y otro *postmioceno* en la submeseta del Tajo, y este aserto parece ser comprobado por los fenómenos sísmicos observados en la comarca de Pastrana, como veremos más adelante.

Movimiento premioceno.—Las conclusiones de los hechos observados, pueden condensarse en los siguientes párrafos: «Las capas del terciario inferior, están plegadas a la par que las del cretácico que les sirven de base. El conjunto de estos estratos está en discordancia con los del mioceno que los cubren». «Confirmamos, pues, con esto la existencia de un movimiento orogénico que plegaría a la par los estratos cretácicos y los terciarios inferiores, el cual iniciaría con sus pliegues las Sierras que actualmente forman la alinea-

ción de Altomira, al mismo tiempo que esboza la cubeta donde se habían de depositar más tarde los estratos miocenos. Esto último se comprende por el buzamiento que muestran aquellos estratos en el borde de la cuenca, en donde se inclinan hacia el interior de ésta».

La cubeta así formada en el cretácico, muestra su borde levantado en el contacto de la Sierra de Guadarrama; de los plegamientos referidos, varias bóvedas han sido desmanteladas, viéndose en los arranques perfectamente los estratos con el buzamiento correspondiente, como puede apreciarse claramente en el geosinclinal arrasado de Sayatón. La edad precisa de esos plegamientos, se considera como de época final del oligoceno o principios del mioceno.

Movimiento postmioceno.—Claramente se observa que las calizas superiores del mioceno están dislocadas muy especialmente en la parte de Sierra comprendida entre Alocén al N. y Albalate de Zorita al S., o sea en frente de la zona en que los últimos efectos sísmicos han tenido más intensidad, y en ella también puede comprobarse la suave ondulación de las capas calizas, que en vez de formar superficies planas, a veces están también dislocadas. Conviene distinguir los pliegues efecto del empuje proviniendo de Altomira, de los falsos plegamientos originados por la redisolución de masas yesosas y consiguiente hundimiento de las capas superiores.

La dirección del movimiento debió ser de levante o poniente, y la Sierra de Altomira, ya iniciado su plegamiento por el movimiento anterior, sufriría nuevo trastorno en sus pliegues, desviándose la dirección general del eje que actualmente afecta una concavidad hacia el E., correspondiendo a esta parte central la mayor intensidad en la dislocación de las capas miocenas, juntamente con las que les sirven de base. La edad de este plegamiento se fija como posterior al pontiense y anterior al cuaternario, coincidiendo con los movimientos póstumos alpinos marcados por H. Pacheco.

III

Ruidos sísmicos.

Es frecueute que las sacudidas sísmicas vayan acompañadas de fenómenos acústicos, pero otras veces suele suceder que en algunos países suelen notarse ciertos ruidos subterráneos sin sentirse la más leve conmoción del suelo.

Estos últimos «ruidos» reciben nombres particulares y son denominados «brontidi» o bonniti» en Italia, «retumbos» en Méjico, «truenos» en la América del Sur, «barrisal guns» en la India inglesa, etc.

En cada período, al principio, los ruidos producen gran pánico en el vecindario, dándose el caso de abandonar sus casas e intereses, hasta que repuestos de la primera impresión, logran familiarizarse con tales ruidos inofensivos, independientes de los fenómenos sísmicos.

En una Isla de Dalmacia, durante tres años, no cesaron de producirse formidables ruidos subterráneos, llegando sus moradores hasta intentar el abandono de la misma, y solamente algunas detonaciones, fueron acompañadas de ligerísimas trepidaciones.

En algunos puntos de América del Sur, es tan frecuente el fenómeno, que los truenos son escuchados con la mayor indiferencia.

Cuando los ruidos están en relación con los movimientos sísmicos, son denominados «ruidos sísmicos».

Estos son de diversos grados de intensidad, y también varían en la forma de producirse; unos semejan el ruido de un trueno lejano con duración apreciable, mientras que otros presentan carácter rápido análogos a las explosiones, siendo entonces denominados «detonaciones sísmicas»; de estos últimos son los que con gran frecuencia tienen lugar en la zona sísmica de la cadena catalana en la comarca de Teyá.

La intensidad de los ruidos es apreciada por comparación con los producidos por otras causas, como el paso de un tren por un puente, paso de un carro por calle empedrada, camión, etc., habiendo Davisón establecido una escala de 7 grados que figura en el *Documento núm. 1* de información macrosísmica.

La intensidad acústica es independiente de la sísmica o de sacudida del suelo, y son muchísimos los terremotos catastróficos verdaderamente silenciosos.

La clasificación de los ruidos, en general, puede hacerse de una manera análoga a la de los sismos: en volcánicos, tectónicos y seudo-ruidos; los de los dos primeros grupos, reconocen por causa la misma que la del movimiento del suelo, y la de los últimos son diversas, explicándose por circulación de aire, por cavidades subterráneas o por el corrimiento de masas arenosas que producen vibraciones de tonos diversos, según el espesor de la capa vibrante. En el Sahara, algunas dunas producen ruidos análogos a los de un tambor, y en otros sitios se ha notado un tono agudo con timbre metálico.

En los sismos volcánicos, la circulación de lavas produce el desplazamiento de masas de aire que circulan por diversos conductos, con efectos explosivos las más de las veces.

En los tectónicos, el rozamiento de las caras de los bloques, al producir el movimiento vibratorio que se propaga en forma de ondas sísmicas, puede también originar fenómenos acústicos por resonancia de las cámaras de aire que puedan existir en las diaclasas, que hacen el efecto de cajas sonoras.

El fenómeno sísmico de Pastrana dió comienzo el 22 de diciembre de 1921 por medio de ruidos subterráneos, especialmente en los pueblos de Moratilla de los Meleros, Pastrana y Valdeconcha, sin que podamos fijar las líneas isacústicas de esta primera fase, por resultar los datos informativos sumamente deficientes; sin embargo, se puede hacer coincidir sensiblemente el área de máxima intensidad acústica con la epicentral de conmoción en el segundo período de actividad.

Los ruidos que comenzaron el día referido, continuaron repitiéndose con intervalos de dos o tres días, y se notaron tres o cuatro veces en cada día, con efecto parecido al del paso de un tren por un puente o carro cargado por calles mal pavimentadas. De los datos adquiridos, parece resultar, que las horas más frecuentes en que se percibían los ruidos, eran de 3 a 6 y de 18 a 22, es decir, al amanecer y al atardecer.

Los días en que más claramente se percibieron, fueron los 22, 24, 25, 27 de diciembre y 7 de enero; a partir de éste, aumentó la frecuencia y fueron muy numerosos, pero menos perceptibles, llegando hasta ser casi insensibles, y cesaron el 2 de febrero.

Como ya expusimos en las primeras páginas de esta Memoria, las noticias recibidas en el primer período, solamente hacían mención a los ruidos, sin acusar ninguna sacudida, y creímos primeramente se trataría de fenómenos acústicos exentos de carácter sísmico; pero después de completada la información, y sobre todo al ocurrir el temblor de 3 de julio de 1922, vimos que aquéllos han sido los fenómenos premonitorios del choque principal.

Desde luego, ha quedado comprobado que de los ruidos de este primer período, muchos de ellos han sido acompañados de pequeñas trepidaciones,

casi desapercibidas, en primer lugar por su poca intensidad, y después por la impresión alarmante que los ruidos produjeron en el vecindario.

Expondremos en el cuadro siguiente el resumen de los escasos datos adquiridos referentes a los ruidos del primero y segundo período:

Primer período.—22 diciembre 1921 a 2 febrero 1922.

Fueron notados en Valdeconcha, Pastrana y Moratilla especialmente.

Segundo período.—Día 3 de julio de 1922.

Fueron notados en Valdeconcha..	Grado	II	3 detonaciones antes del sismo.
Idem íd. en Hueva.....	Idem	II	2 ídem después del íd.
Idem íd. en Pastrana.....	Idem	II	1 detonación antes del íd.
Idem íd. en Fuentelaencina.....	Idem	II	1 ídem después del íd.
Idem íd. en Tendilla.....	Idem	I	1 ídem íd. del íd.
Idem íd. en Peñalver.....	Idem	I	1 ídem íd. del íd.
Idem íd. en Moratilla.....	Idem	I	1 ídem íd. del íd.
Idem íd. en Alhóndiga.....	Idem	I	1 ídem íd. del íd.
Idem íd. en Auñón.....	Idem	I	1 ídem íd. del íd.

En los de grado II fué sentido como el ruido de un trueno.

En los de grado I como el paso de un tren o carruaje.

Respecto a la dirección del ruido, apreciaron la misma que la de la sacudida.

De los demás pueblos de la región conmovida, los datos son tan dudosos que hemos prescindido de ellos.

En la mayoría se notó el ruido después de la sacudida, mientras que en Pastrana y Valdeconcha se notó antes o casi al mismo tiempo, lo cual se explica por la situación en la zona epicentral de estos pueblos.

IV

Dirección de la sacudida.

Prescindiendo de las insignificantes trepidaciones que acompañaron a los ruidos sísmicos del primer período, nos referiremos ahora a la sacudida principal que tuvo lugar el día 3 de julio de 1922.

Aunque también son dignos de poco crédito los datos de observación relativos a la dirección en que se verificó la sacudida, resumiendo los referentes a los pueblos de la zona afectada con mayor intensidad, se ve que en general aparecen dos direcciones predominantes, E-W y N-S, y también figuran datos de campesinos en que creyeron percibir movimientos rotatorios en los alrededores de Pastrana.

V

Hora de la sacudida.

La gráfica registrada en esta Estación por el sismógrafo «Vicentini», aunque de poca amplitud (fig. 6.ª), nos ha permitido deducir las horas de las fases principales.

Horas del sismograma.	Corrección horaria.	Horas coregidas (T. m. Grw).
P: 2 h 15 m 15 s iS: 2 h 15 m 28 s eL: 2 h 15 m 35 s F: 2 h 17 m	— 5 s	P: 2 h 15 m 10 s iS: 2 h 15 m 23 s eL: 2 h 15 m 30 s F: 2 h 17 m

$S - P = 13^s$ $\Delta = 120$ kms.

Tiempo empleado en llegar las primeras ondas según las tablas de Möhorovizic: 16 segundos. Hora en el foco: 2 h 14 m 54 s.

En los Observatorios de Barcelona y Tortosa no se registró ninguna sacudida.

En el de Cartuja sí apareció un pequeñísimo sismógrama, cuyas fases registradas concuerdan sensiblemente con las nuestras.

VI

Intensidad.—Líneas isosistas.

El trazado de las curvas de igual intensidad sísmica, nos permite obtener las intersecciones con la superficie del suelo, de las ondas sísmicas emanadas del hipocentro, e indican con sus deformaciones las irregularidades del medio en que se propagan; su forma está relacionada con la situación y naturaleza del accidente tectónico, origen del fenómeno. De las áreas isosistas, deducimos la profundidad hipocentral, coeficiente de absorción sísmica, etc.

Por estas razones, se comprende la importancia que tiene su determinación o dibujo, que debe realizarse con el mayor esmero, basándose en el mayor número posible de puntos con intensidad calculada, apreciando a ser posible el medio grado según la escala F. M.

Para las aplicaciones al cálculo, el movimiento sísmico es considerado como sinuosidal, y en éste, la intensidad queda determinada por dos elementos, que son, el período y la amplitud del movimiento, y si los representamos respectivamente por T y a nos dan la fórmula de la máxima aceleración por segundo, $A = \frac{4 \pi a^2}{T^2}$ obtenida de la ley de oscilación pendular.

Para conocer a y T es necesario interpretar la gráfica registrada por un sismógrafo cuyas constantes sean conocidas; si dispusiéramos de tales aparatos en una densa red de observatorios en cada zona sísmica, sus datos nos proporcionarían un fácil medio de obtener la intensidad en cada punto, pero se comprende que no es fácil el lograr tener montados tan numerosos aparatos de delicado manejo y por lo tanto tendremos que valernos de procedimientos indirectos para el cálculo de la aceleración, basados en los efectos producidos por la sacudida en los objetos manuales o por los desperfectos en los edificios, como caída de chimeneas, agrietamiento de paredes, derrumbamiento de muros, etc., habiéndose formado escalas convencionales, basadas en cálculos aproximados y en la naturaleza de las edificaciones en cada comarca.

La más generalmente adoptada, es la de Forell-Mercali, modificada por Sieberg y Cancani, que consta en total de 12 grados, calculados para Italia, cuyas edificaciones, por término medio, son de análoga resistencia que las de España.

Esta escala figura en el documento núm. 5, remitido a los informadores, juntamente con los cuestionarios de preguntas. *(Documentos 2, 3 y 4).*

El grado I corresponde al registro instrumental: los grados II a IV a

sismos medianos y fuertes, VI a VIII muy fuertes y IX a XII destructores y catastróficos.

Las aceleraciones que corresponden a cada grado son: I, menos de 2,5 mm. por segundo; II, de 2,5 a 5 mm.; III, de 5 a 10 mm.; IV, de 10 a 25; V, de 25 a 50; VI, de 50 a 100; VII, de 100 a 200; VIII, de 200 a 500; IX, de 500 a 1000 mm.; X, de 1000 a 1500 mm.; XI y XII, de más de 2500 mm.

La determinación del grado de intensidad que correspondió a cada punto, ha sido tarea bastante pesada e incompleta por no haberse recibido todos los informes pedidos, siendo además incompletos la mayoría de los recibidos. Personalmente pudimos completar bastantes y con ellos hemos hecho el trazado de las láminas 2 y 3.

Para no extender demasiado esta monografía, expondremos en cuadro un resumen de datos referentes a intensidad, duración, número de sacudidas y dirección de las mismas.

PUEBLOS	Número de sacudidas	Duración. — Segundos.	Dirección.	Grado (F M)
Valdeconcha	2	2	N-S	V-VI
Pastrana	2	10	E-O	V
Fuentelaencina	2	10	N-S	V
Hueva	2	8	Z	III-IV
Moratilla de los Meleros	2	10	N-S	»
Tendilla	2	15	N-S	»
Peñalver	1	15	N-S	»
Auñón	1	5	N-S	»
Alhóndiga	1	5	N-S	»
Sayatón	1	12	N-S	»
La Pangía	1	10	N-S	III
Bolarque	1	10	N-S	II-III
Yebra				»
Anguix				»
Almonacid				»
Fuentelviejo				»
Escopete				»
Hontova				II
Renera				»
Romanones				»
Valfermoso de Tajuña				II
Irueste				II
Berninches				II
Alocén				II
Sacedón				II
Poyos				II
Buendía				II
Albalate de Zorita				II
Almoguera				II
Albares				II
Pozo de Almoguera				II

En los últimos pueblos en que la intensidad aparece de grado II o III, no merecen confianza los datos de dirección y duración de la sacudida, incurriendo en tan grandes contradicciones los informadores, que desde luego hay que prescindir de sus noticias.

La isosista de grado IV es la que, con mejores materiales, ha podido construirse, por poder apreciar bastante bien su grande intensidad y aun el medio grado; la de grado III resulta algo incierta, y la de grado II corresponde al límite en los pueblos que no fué percibida la sacudida directamente.

Una circunstancia muy digna de tenerse en cuenta, es el emplazamiento de cada pueblo, en relación con la naturaleza estratigráfica de su suelo. Ya dijimos que generalmente los pueblos que mayores daños sufren en un sismo, son aquéllos emplazados en los valles, cimentados en terrenos de aluvión o materiales sueltos, cuya vibración es irregular por carecer de condiciones elásticas; por el contrario, en aquéllos construidos sobre rocas consistentes, las ondas sísmicas, al propagarse, lo hacen según medios de buenas condiciones, y sus edificios son conmovidos según sacudidas vibratorias armónicas, sufriendo pocos desperfectos, aunque la intensidad sea mayor que en los otros.

En el estudio de este sismo corresponde el grado máximo, según los elementos de información, al pueblo de Pastrana; pero por las circunstancias que luego expondremos respecto a su situación, hemos rebajado medio punto al grado asignado primeramente. De todos modos, parece coincidir la zona epicentral con el barranco de erosión del Arlés, aun teniendo en cuenta todas aquellas circunstancias, favorables o no, al aumento aparente de intensidad en cada pueblo.

VII

Número de las sacudidas.

La mayor parte de las veces, un sismo no consiste, en una sacudida más o menos intensa, sino que en general es un fenómeno mucho más complejo, originado por el desatamiento de la energía sísmica, acumulada en los bloques corticales, que por pérdida de su estabilidad tienden al restablecimiento de su posición de equilibrio. Esta explosión de energía en estado latente, no se verifica de manera brusca, sino por períodos sucesivos, dando lugar a cambios de posición de las caras en contacto de tales bloques, produciendo en su rozamiento los movimientos vibratorios cuya propagación constituye el sismo.

Puede empezar por la sacudida principal, seguida luego de choques que van disminuyendo de intensidad, aunque no gradualmente, denominados *réplicas* y también suelen preceder a aquélla numerosos movimientos del suelo, denominados *choques premonitorios.*

No puede establecerse ley alguna que marque la relación entre el número de una y otra clase de choques en cada sismo, ni tampoco la que puede existir, en un sentido más amplio, entre los sismos débiles y los fuertes en una misma comarca; sin embargo Taramelli y Mercalli, han marcado algunos principios referentes a la proporción entre los sismos fuertes y débiles para cada región de la Península, resultando que en Portugal central y meridional el número de los sismos desastrosos, ruinosos y fuertes, está en la relación de los números 7, 8 y 9; en Andalucía lo mismo respecto a 8, 10 y 8; en Cataluña 3, 2 y 4; mientras que en la meseta no hay sismos desastrosos ni ruinosos, siendo pocos los fuertes.

Como períodos sísmicos notables se han presentado casos en las zonas de Murcia y Alicante (en el sismo de 1828 en Torrevieja hubo más de 500 sacudidas).

En el estudio del fenómeno sísmico de Pastrana, ya hemos visto que al choque principal, precedieron numerosas conmociones de carácter débil que pasaron desapercibidas en su mayoría, pero que pueden fijarse en número de 20 a 30 distribuídas en unos diez días y cuyo grado oscilaría entre I a III en el primer período (22 de diciembre de 1921 a 2 de febrero de 1922).

En el segundo período, ha sido comprobada la existencia de dos sacudidas en los pueblos centrales y una en los correspondientes a la parte exterior de la zona pleistosista.

Réplicas.—No hemos tenido noticia cierta que permita asegurar haber ocurrido réplicas, pero algún vecino de Pastrana creyó habe notado una débil sacudida el 4 de julio y otra el 13 de agosto por la mañana después de una fuerte tormenta.

VIII

Duración de las sacudidas.

La apreciación de este elemento del fenómeno se realiza generalmente en malas condiciones, dado el estado de ánimo de los observadores, a quienes poco interesa el conocimiento de esa duración, con la aproximación que pide el sismólogo. Generalmente se aprecia un tiempo mucho mayor que el real, pues la rapidez del fenómeno causa tal impresión en la persona que lo experimenta, que, después de haber cesado el movimiento, continúa bajo la impresión recibida, notando un falso efecto de movimiento, análogamente al viajero que después de una travesía por mar, en fuerte oleaje, siente al pisar tierra que el suelo sigue moviéndose en igual forma que el barco.

En el primer período sísmico de Pastrana, no ha podido fijarse el tiempo de duración de cada sacudida, pero desde luego tuvieron que ser cortas.

En el segundo período, las duraciones apreciadas por los observadores son las que figuran en la página 12, y vemos que la mayoría atribuyen una duración de diez segundos a cada sacudida con un intervalo de un minuto.

Tal apreciación nos parece exagerada, pues dada la intensidad del sismo, no corresponde esta duración con los datos tomados en otros sismos. En la vega de Granada, el P. S. Navarro ha comprobado una duración para los fenómenos registrados en condiciones científicas que oscila entre tres y seis segundos.

IX

Información macrosísmica.

Ya hemos indicado que no está organizado este servicio de modo permanente, y por lo tanto los resultados obtenidos en el caso de que nos estamos ocupando, han sido forzosamente bastante deficientes.

En el primer período, las noticias tantos especiales como particulares solamente acusaban la existencia de fenómenos acústicos, o ruidos subterráneos, y en este sentido, la información se intentó enviando un cuestionario relativo a «ruidos», formulario que, a pesar de haber sido publicado en el *Boletín Oficial* de la Provincia, fué diligenciado por cinco Ayuntamientos nada más,

tres de ellos con informe negativo y dos con positivo. Como con tales elementos de juicio no era posible realizar ningún estudio, decimos esperar más datos que no llegaron hasta que la sacudida del 3 de julio puso en mayor alarma al vecindario.

Urgentemente se remitió a los Alcaldes de 30 pueblos de la provincia de Guadalajara y 17 de la de Cuenca, una atenta circular con los correspondientes documentos, exponiéndoles la importancia de los datos facilitados, rogando contestasen, no solamente a las preguntas del cuestionario, sino que además diesen toda clase de noticias relativas a los fenómenos ocurridos, etc. Tales documentos fueron:

1.° Un cuestionario con 16 preguntas relativas al día y hora, dirección, carácter, intensidad, etc., del sismo, y efectos producidos por éste en las edificaciones, cursos de agua, etc.

2.° Un interrogatorio de 7 preguntas referentes al caso de presentarse ruidos sin ser acompañados de sacudida alguna.

3.° Unas instrucciones para contestar a las preguntas del cuestionario, con aclaraciones pertinentes al caso, teniendo en cuenta el desconocimiento natural en este asunto de los informadores.

4.° Una escala de intensidades F. M.

5.° Una escala de ruidos de Davison de 7 grados para el caso de ir acompañados de sacudida.

En vista de la tardanza en llegar los informes solicitados y siendo éstos muy incompletos, ensayamos una nueva información, como ya dijimos en las primeras páginas, por conducto de los puestos de la Guardia Civil, una vez delimitada con mayor aproximación el área pleistosista.

Estos llegaron en mayor tanto por ciento que los anteriores y es de tener muy en cuenta que por causa del conflicto postal, resuelto provisionalmente en aquella fecha, nada tiene de particular que sufrieran extravío gran número de pliegos postales.

En resumen: por correo, solamente pudimos recoger datos de 24 pueblos, varios de ellos por duplicado, pero a veces no de acuerdo y la mayoría incompletos; algunos llegaron en blanco sin firma ni sello de Ayuntamiento ni siquiera de Correos, con lo cual se ignoró por completo su procedencia.

En nuestra excursión por la zona afectada por el temblor, pudimos adquirir bastantes elementos, sobre todo en la región epicentral.

DOCUMENTO NÚM. 1

CUESTIONARIO DE RUIDOS

«GOBIERNO CIVIL.—*Circular núm. 28.—Movimientos sísmicos.*—Para juzgar con acierto acerca de la naturaleza de los ruidos sísmicos que se perciben de algún tiempo a esta parte en la villa de Pastrana, se publica un interrogatorio a continuación, al cual deberán contestar, tanto la indicada villa, como los demás pueblos de la región en los cuales se observen los mismos fenómenos.

Una vez recogidos dichos interrogatorios, este Gobierno los enviará, para su estudio, al Sr. Ingeniero Jefe de la Estación Sismológica de Toledo.

Dada la importancia del asunto, este Gobierno espera que los pueblos interesados responderán cumplidamente a dicho interrogatorio.—Guadalajara 25 de enero de 1922.—El Gobernador, *José Gutiérrez.*»

INTERROGATORIO ACERCA DE LOS RUIDOS

Ruidos percibidos el día..... de..... de 192....., a .....horas (1) ..... minutos, con intervalo entre sí de.....

Localidad: .....

Clase de ruido con relación a los tipos que siguen: .....

Punto del horizonte de que provienen .....

Lugar presumible del fenómeno (en el aire o subterráneo) .....

Condiciones atmosféricas que acompañan a los ruidos ... .

a) Estado del tiempo .....

b) Aire (calma, viento débil o fuerte) .....

Causa presumible de los ruidos (desconocidas, temporales lejanos, explosiones, etc.) .....

Probable relación del fenómeno con sacudidas debidas a terremotos (2) .....

Particularidades varias y notables del fenómeno (3) .....

Nombre, edad, profesión y domicilio del observador .....

---

(1) Exprésese con toda claridad la fecha y hora del fenómeno, indicando si éste es o no local y corresponde a la mañana o tarde; indíquese el número de los ruidos, y si fuesen muchos, la hora del máximo y el intervalo aproximado que media entre ellos.

(2) Caso de acompañar a los ruidos alguna sacudida, indíquese el número de éstas, hora en que ocurrieron, clase del movimiento (ondulatorio, trepidación, etc.), dirección; si la percibieron todos los vecinos, una gran parte o solamente algunos; si produjo algún efecto en las edificaciones o en el suelo.

(3) Indíquense todas aquellas circunstancias interesantes que acompañaron al fenómeno y no figuren en las preguntas anteriores, y muy especialmente si los ruidos se han percibido en otras épocas o es la primera vez que ocurren.

TIPOS DE RUIDOS

1.° Paso de carros, etc.: vacíos, cargados, próximos, lejanos, caminando sobre piedras; paso de un tren sobre un puente o a través de un túnel; paso de un automóvil, etc.

2.° Trueno: cercano, lejano, apagado, más frecuentemente alejado con sonido bajo y profundo.

3.° Viento: impetuoso, áspero, silbante, mugido, aullido.

4.° Caída de cargas de piedras, etc,: ruido análogo al que produce un muro que se derrumba.

5.° Caída de cuerpos pesados: árboles, vigas, peñascos, golpes dados en las puertas.

6.° Explosiones: de una caldera, barreno, cohete, repercusión de cañonazos lejanos.

7.° Ruidos diversos: pisadas de animales, pasos de personas mayores en pisos altos, oleaje lejano, etc.

DOCUMENTO NÚM. 2

CUESTIONARIO DE SACUDIDAS

1.° El terremoto ocurrió el día..... de..... de 19....., a las ..... horas ..... minutos ..... segundos.

2.° Se observó al aire libre, en la planta baja, en el piso..... de la casa.

3.° El suelo era de roca, arena, tierra removida, etc. .....

4.° Se percibió una sola sacudida; ..... sacudidas separadas por intervalos de.....

5.° La duración del movimiento fué de.....

6.° Carácter del movimiento (sacudida, trepidación, oscilación rápida o lenta, ondulatorio, etc.) .. ..

7.° Dirección de la primera sacudida .....; de las siguientes .....

8.° Se repitió el temblor el mismo día a las.....; en días sucesivos .....

9.° Grado de intensidad con arreglo a la escala de intensidades .....

10. Se sintió ruido parecido a ..... antes (después) del templor .....

11. Efectos producidos por el terremoto .....

12. Fué percibido por toda la población, por gran número de vecinos, sólo por algunos .....

13 Fenómenos observados en el mar, lagos, estanques, ríos, manantiales, fuentes termales, etc. .....

14. Desviación de la aguja magnética .....
Perturbación en la línea telegráfica .....

15. Observaciones hechas con algunos instrumentos .....

16. Profesión, edad, domicilio del observador .....

DOCUMENTO NÚM. 3

INTERROGATORIO DE CANCANI PARA EL CASO DE QUE SE PRESENTEN RUIDOS SÍSMICOS SIN ESTAR ACOMPAÑADOS DE SACUDIDA ALGUNA

1.º Hora y número de las detonaciones, y si fuesen muchas, hora del máximo .....

2.º ¿Qué intervalo suele mediar entre una detonación y otra? .....

3.º ¿En qué época del año son más frecuentes, y en qué días se han observado? .....

4.º ¿Con qué tiempo se presentan? ..... Sereno, nublado, con viento .....

5.º ¿De dónde parece proceder el ruido? ¿De qué punto del horizonte? ¿Parece vecino o lejano, venir del aire o de debajo de la tierra? .....

6.º ¿En qué se distingue este ruido de los disparos de cañón o de los truenos lejanos? .....

7.º ¿Cómo los apellida la gente del pueblo? ¿Qué idea tiene de ellos y a qué los atribuye? .....

PARTICULARIDADES QUE NO CORRESPONDEN A LAS PREGUNTAS ANTERIORES

.....

..... de ..... de 19.....

(Firma del observador)

DOCUMENTO NÚM. 4

INSTRUCCIONES PARA RESPONDER A LAS PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO

1.ª Siendo de mucha importancia conocer con exactitud el tiempo en que ocurrió el fenómeno, se expresará con la mayor precisión, llegando en la indicación, si es posible, a los segundos, y comparando el reloj con otro de la misma población que marche con regularidad (el de la estación del ferrocarril o telegráfica, establecimiento oficial que haya en el lugar, etc.). Caso de no poder compararse el reloj, se indicará la incertidumbre aproximada con que se indica el tiempo. Se expresará si la hora es local o está referida al meridiano de Greenwich.

4.ª Se definirá de modo preciso el número de sacudidas y el de los intervalos que las separan. Hé aquí algunos ejemplos: «Dos sacudidas a las siguientes horas: «1.º, 12 h. 20 m.; 2.º, 1 h. 30 m.; 3.º, 2 h. 20 m.; 4.º, 3 h. 10 m.

5.º, 3 h. 15 m.; 6.º, 3 h. 20 m.; la primera y la última mucho más fuertes que las cuatro intermedias, etc.»

7.ª En el caso de no ser posible determinar la dirección, por variar ésta a cada momento, se indicará la dirección o direcciones predominantes; por ejemplo: «Dirección variable, pero predominante la N-S y la NE-SW.»

10. Cuando se perciban ruidos sísmicos antes, en o después del temblor, se tendrán en cuenta los tipos de ruidos (Davison) que se dan aparte. Cuando estos ruidos no van acompañados de sacudida, entonces se contesta con arreglo al interrogatorio (Cancani) adjunto.

11. Como efectos del terremoto que convienen conocer principalmente, se consignarán los siguientes:

Movimientos de muebles, objetos, etc., y dirección en que se efectúa; movimientos de líquidos en las vasijas que los contienen; oscilación de lámparas u otros objetos suspendidos; dirección de las paredes en que hay relojes que se han parado o cuadros desviados de su posición normal; el sonar de campanillas; objetos derribados (especialmente chimeneas) y dirección en que han caído; grietas hechas en las paredes con las dimensiones y dirección de las mismas; efectos destructivos en los edificios; movimiento de las puertas, ventanas, etc.; casas destruídas, su número, tanto por ciento con relación a la población total; estado de las casas destruídas ante el temblor, etc.

13. Se anotarán las perturbaciones producidas en la red hidrográfica de la región; el haberse elevado el nivel del agua, a veces con producción de inundaciones; los cambios de temperatura de los manantiales, el haberse secado o, por el contrario, aparecido alguno nuevo a raíz del temblor de tierra, aunque poco después vuelva a establecerse el régimen normal, etc.

NOTA GENERAL.—Cuando al redactar la contestación sirva el texto mismo a la pregunta, se tachará lo que no sea y quedará subsistente lo que se quiera responder. Por ejemplo: «Se observó al aire libre.» Aquí se deja el texto «Se observó al aire libre» y se tacha lo demás. De igual modo se tacharán las preguntas 14 y 15 si al observar el terremoto no se disponía de ningún instrumento, como brújulas, niveles, etc., que pudieran acusar desviaciones producidas por el fenómeno.

DOCUMENTO NÚM. 5

ESCALA DE INTENSIDADES

(FORELL-MERCALLI MODIFICADA POR AUGUSTO SIEBERG)

I. *Temblor insensible.*—No percibido por el hombre y sólo conocido por haberlo registrado los sismógrafos en especial sensibles a los terremotos cercanos y los sismocopios también más sensibles. En algún caso pudiera darse cuenta alguna persona de haberlo sentido, después de constarle su existencia.

II. *Temblor muy ligero.*—Solamente advertido en medio del reposo completo por alguna persona muy sensible (en especial muy nerviosa) como un

estremecimiento o balanceo casi imperceptible, y más fácilmente sentido en los pisos altos que en los bajos y, sobre todo, estando despiertos en el silencio de la noche.

III. *Temblor ligero.*—Sentido por pocos, en relación al número de los que no se dieron cuenta del fenómeno, como un estremecimiento análogo al producido por el paso rápido de un coche. Rara vez se puede apreciar la duración del temblor, y menos todavía la dirección aparente del movimiento. Varias personas se enteran de que lo que sintieron sin apenas darse cuenta fué un sismo, al saber que otras lo habían sentido.

IV. *Temblor mediano.*—Apenas sentido fuera de los edificios por alguno. En el interior de éstos, percibidos por los más, aunque no por todos. Estremecimiento o ligero balanceo del mueblaje y otros objetos, con ligero golpeteo de las piezas de cristalería y vajilla que se encuentran casi tocando las unas a las otras, al modo como sucedería si pasase cerca y sobre un empedrado desigual un carro pesadamente cargado. Las cristaleras se estremecen, crujen las ventanas, puertas, viguería y los pisos de madera. Los líquidos contenidos en vasijas de gran superficie relativa (el agua en los lavabos, por ejemplo) se mueven ligeramente. El temblor puede despertar algún dormido y nunca causa espanto, de no estar ya las personas excitadas y angustiadas por terremotos anteriores.

V. *Temblor algo fuerte.*—Sentido por muchos en calles y plazas, a pesar de la agitación producida por el tráfico ordinario. En el interior de las casas se presentan muchos hechos que observar.

Unas veces se siente un estremecimiento análogo al que hubiera producido un pesado mueble al derrumbarse, y otras, hallándose el observador sentado o en el lecho, parece sentir como si estuviese en una embarcación agitada por las olas.

El follaje de las plantas se mueve, como si soplase un viento de mediana intensidad, ocurriendo lo mismo con los objetos fácilmente agitables.

Los objetos suspendidos libremente, como cortinas, lamparillas eléctricas y arañas (no muy pesadas), oscilan; las campanillas suenan y los relojes de péndola se paran o describen sus péndulas al oscilar arcos mucho mayores que de ordinario, según que la dirección de la sacudida sea perpendicular al plano de oscilación o coincidan más o menos aproximadamente con el mismo, y los parados andan un poco. Las campanas de muelle de los relojes de pared, suenan; las lamparillas eléctricas pueden apagarse por establecerse cortacircuitos o interrupciones; los objetos de equilibrio poco estable, caen o cambian algo de lugar; los cuadros golpean a los muros y se tuercen; pequeñas vasijas completamente llenas de líquidos se derraman, mientras que puertas y ventanas entreabiertas se cierran o se abren más, a veces con rotura de cristales.

Ordinariamente despiertan los dormidos, y alguna vez se refugian las personas al descubierto.

VI. *Temblor fuerte.*—Todos sienten el terremoto con espanto, por lo que muchos huyen al exterior. Algunos creen estar a punto de ser derribados. Los líquidos contenidos en vasijas se agitan notablemente; caen cuadros de las paredes y libros, etc., de estantes y aparadores, lo que no ocurre si se encuentran orientados según la dirección predominante de la sacudida. Numerosos

cristales de puertas, ventanas y armarios se cierran, y hasta los mismos muebles y otros objetos estables cambian algo de posición y aun se caen. Tocan solas las campanas pequeñas de las capillas, etc.

En alguno que otro edificio sólidamente construído, se producen pequeñas grietas sin importancia, y también se desprende algún trozo de estuco o revestimiento de paredes o cielos rasos. En los edificios mal construídos, los desperfectos son mayores, sin llegar a ser alarmantes.

VII. *Temblor muy fuerte.*—En el interior de los edificios, muchos objetos, aun pesados, caen o se mueven, produciéndose grandes perjuicios.

Las campanas de las iglesias tocan solas.

Se enturbian las aguas corrientes y se presentan ondas contra la corriente. En las orillas se pueden presentar eyecciones de arena o guijarros, a la vez que puede cambiar el caudal y la composición de las aguas.

Numerosas casas de tipo europeo (mampostería), a pesar de su sólida construcción, sufren algunos desperfectos, tales como grietas, poco importantes en los muros, caída de porciones considerables del revestimiento de las paredes y cielos rasos, desprendimiento y caída de tejas, torcedura de veletas. Rotura y caída de chimeneas de mala construcción con el estropeo consiguiente en los tejados. Caídas de adornos mal sujetos de las altas torres.

En los edificios construídos con armazón interior y tabiques de madera, los daños, caídas del revestimiento, etc., se acentúan.

Los edificios en mal estado, ya por su construcción, ya por el material o por el descuido, como por ejemplo, muchos generalmente habitados por personas poco acomodadas, cobertizos, chozas y aun iglesias, sufren notablemente y aún pudiera destruirse parcialmente.

En cambio no sufren nada los edificios sólidamente construídos con algunas precauciones, como ocurre por ejemplo en los de hormigón armado y los de armazón de cañas y maderas, muy comunes en los países tropicales.

VIII. *Temblor ruinoso.*—Todos los troncos de árboles, y en especial las palmeras, se balancean fuertemente como si las agitase un violento huracán. Hasta los muebles más pesados cambian de lugar o caen al suelo. Las estatuas y objetos semejantes situados cerca del suelo en iglesias, cementerios, etcétera, o se desvían y tuercen sobre sus pedestales o caen. Los vallados de piedras se derrumban. A pesar de que estén sólidamente construídas, las casas de tipo europeo sufren notablemente, presentándose rajas importantes en los muros y se producen tal vez hundimientos parciales. La mayor parte de las chimeneas de las casas y lo mismo puede ocurrir con las de las fábricas y con las torres que estén en mal estado. caen con el consiguiente daño en los edificios circunvecinos. Las chimeneas de fábrica de buena construcción sólo sufren desperfectos en su porción más alta.

Los edificios de gran resistencia para terremotos (Japón, etc.,) construídos de piedra o ladrillo, sufren análogos desperfectos que los europeos ordinarios con los terremotos del grado VII, y las casas de madera se deforman. Las estacas carcomidas de los edificios malayos y análogos se rompen.

Se presentan algunas rajas pequeñas en el suelo, con salida a veces de arena, y en terrenos húmedos también de agua y de fango.

IX. *Temblor destructor.*—Hasta los más sólidos edificios de construcción

europea ordinaria, sufren graves deterioros, de tal manera, que muchos quedan inhabilitados y alguno que otro total o casi totalmente destruído. Los edificios de armazón de madera o metálica ordinaria pierden en gran parte el revestimiento de material y quedan más o menos resentidos. Los edificios de piedra y ladrillo construídos para resistir a los terremotos, sufren notables desperfectos, y algunos, los de madera (rajas, desencaje de piezas.....) pudiendo quedar notablemente torcidos y desvencijados los más viejos y menos resistentes.

X. *Temblor muy destructor.*—La mayor parte de los edificios de piedra y con armazón, quedan gravemente damnificados y aun destruídos, diferenciándose los construídos más especialmente para resistir a los terremotos en que el tanto por ciento de los muy perjudicados es menos que el de construcción a la europea. Los mismos edificios y puentes de madera, sufren averías de consideración y alguno que otro queda destruído.

Los diques y obras análogas quedan con más a menos desperfectos.

Los railes se tuercen. Las cañerías de agua o de gas se rompen o atascan, se raja el asfalto de las calles o plazas y se presentan elevaciones en el empedrado. En los terremotos poco consistentes y más aun si son húmedos, se abren grietas de hasta varios decímetros de anchura, las que cuando son paralelas a los ríos y canales, miden hasta 0,50 a 0,75 metros. Pueden desprenderse de los montes no sólo piedras, sino hasta trozos de roca y rodar a los valles.

Las orillas escarpadas se derrumban en parte, mientras que las bajas se cubren en algunas partes de arena o fango, con lo que se modifica notablemente el aspecto del paisaje. El caudal de aguas cambia con gran frecuencia en fuentes y pozos, y también las aguas de ríos, canales y lagos pueden ser proyectadas a las orillas.

XI. *Catástrofe.*—Sólo alguno que otro edificio de piedra y ladrillos resiste a la destrucción. Aun de los mismos de madera o de armazón de hierro quedan arruinados, sobre todo en las cercanías de la línea de fractura. Los más sólidos puentes de cantería y de hierro se destrozan por romperse los pilares de cantería y quebrantarse los de hierro. Algunos puentes de madera resisten mientras que otros quedan arruinados o sufren grandes averías. Los diques y otras obras hidráulicas se rompen. Los railes de las vías férreas se encorvan y retuercen notablemente.

En las vías de comunicación (caminos, carreteras, etc.), se muestran efectos diferentes según la constitución del terreno. Las canalizaciones de aguas, gas, etcétera, no sólo se rompen, sino que se inutilizan. En el terreno suelen presentarse muy notables cambios morfológicos, amplias rejas y fallas, y especialmente en terrenos secos, desviaciones horizontales o verticales del suelo. En otras condiciones pueden presentarse abundantes eyecciones de arena o de fango.

Los desprendimientos de tierra o desgajamientos de rocas, son frecuentes.

XII. *Gran catástrofe.*—Ningún edificio ni obra de arte humano, queda en pie.

Las modificaciones del terreno alcanzan las mayores proporciones, sobre todo si las condiciones de éste son favorables. Así en las tierras laborables se presentan hoyos profundos, alternando con montones de materiales arrojados al través de numerosas grietas, a la par que, como escalones (descensos o

elevaciones del terreno) y desviaciones laterales. Se desprenden peñascos de las cimas, se producen numerosas fallas y trastornos en las riberas de los ríos y lagos, cuyas aguas bañan puntos que antes no habían alcanzado. Las corrientes de agua, tanto las superficiales como las subterráneas, sufren numerosos trastornos, y los mismos ríos pueden cambiar notablemente su curso, etc.

DOCUMENTO NÚM. 6

ESCALA DE RUIDOS (DAVISON)

I. Paso de un carro, de un tren por el túnel o por un puente de hierro.

II. Ruido de un trueno; detonación sorda, repetida, amortiguada, a menudo lejana, como un sonido bajo o profundo.

III. Aullido, gemido, silbido de viento impetuoso, gemido de viento en una chimenea.

IV. Desplome de un muro, descarga de ladrillos.

V. Caída de cuerpos pesados (árboles, vigas, avalancha, golpeo de puertas), etc.

VI. Explosión de una caldera, de un cartucho de dinamita, de fusil repercusión de cañonazos a lo lejos.

VII. Ruido de una cascada, de oleaje lejano, pateo de caballos, ruido de lluvia débil o de granizo en las hojas, enormes masas rocosas que se rompen o que se hunden y caen.

X

Región epicentral.

Determinada por la isosista de grado V-VI, afecta una forma alargada surcada por el arroyo Arlés, en la cual quedan enclavados los pueblos de Valdeconcha, Pastrana y Fuentelaencina.

El primero está a mayor altitud que el segundo, y aunque ha podido haber algún aumento de intensidad aparente en el primero, no lo es tanto como en este último construído en el contacto del mioceno con el diluvial del valle, y muchas de sus casas, están colocadas en el borde libre de estratos calizos, en situación análoga al extremo de una placa vibrante, por cuyos motivos el efecto sísmiso ha sido mayor en Pastrana que en ningún otro punto, con bastante diferencia, pudiendo asignársele el grado VI a juzgar por los efectos producidos.

Las edificaciones de estos pueblos, en general, son de aspecto sólido, aunque tosco, la mayoría de un solo piso, con armadura de madera en sus muros y sólidas vigas en las plantas, estando el entramado en aquéllos consolidado con ladrillo y cascote bien trabado con yeso de buena calidad, muy abundate en toda la región. Por estas razones, aun habiendo llegado al grado VI en Pastrana, no se han notado desperfectos en las paredes y solamente algún revestimiento de cielo raso, ha sido desconchado.

Además, Pastrana presenta sus casas en densa agrupación, aprovechando perfectamente la superficie, para dejar libre al cultivo el estrecho valle de regadío, y carece de casas diseminadas, corrales de tapial cantos rodados, etcétera, tan frecuentes en otros sitios y de más fácil deterioro.

El valle del Arlés está labrado en el espesor de las margas yesíferas, y cerca de su confluencia con el Tajo, corre por las arcillas que le sirven de nivel de base.

En el trayecto desde Pastrana a Valdeconcha, ofrece aparentemente un aspecto de valle disimétrico (fig. 7.ª), pues mientras en la vertiente W. se ven claramente los estratos calizos pontienses, en la opuesta, más desprovista de vegetación, solamente aparecen margas yesíferas abundantes; pero según opina G. de Llarena, esta disimetría corresponde a la desigual sedimentación de los estratos calizos, que en vez de extenderse de una manera uniforme, pueden hacerlo por lentejones aislados. También parece corresponder este valle a un

geosinclinal desmantelado, acusado por el buzamiento ligero de las capas pontienses que pasarían por encima de las actuales margas de la vertiente izquierda del río.

En esta zona, el mioceno presenta ligeras dislocaciones en la estratificación y se notan los efectos del plegamiento de Altomira muy atenuado; pero por lo que respecta a las capas calizas mesozoicas infrayacentes, pueden existir fallas ocultas, que quizás este fenómeno sísmico haya delatado.

XI

Cálculo de la profundidad hipocentral

Método Kövesligethy.—Conocido es de sobra para el sismólogo, este procedimiento del sabio profesor húngaro, cuya aplicación en el estudio de la profundidad hipocetral, ha permitido establecer nuevas orientaciones en el estudio geológico de los sismos.

La exposición del método, la solución elegante del Dr. Janosi y la obtención de nuevas fórmulas que abrevian considerablemente los cálculos, están expuestos con toda claridad y concisión en un trabajo de V. Inglada que el Instituto geográfico ha publicado (1).

Por lo tanto, nos limitaremos a hacer inmediata aplicación de las fórmulas fundamentales y exponer los resultados numéricos obtenidos en el cálculo de la profundidad hipocentral del sismo de Pastrana.

Determinación de los radios medios de las isosistas —Una vez medidas con el planímetro las áreas isosistas, hemos hallado los radios que corresponden a los círculos equivalentes y con estos datos hemos pasado al cálculo de la profundidad hipocentral, coeficiente de absorción sísmica y máxima intensidad en el epicentro.

Después de realizado el cálculo completo en la forma correspondiente, nos hemos encontrado, con que los valores obtenidos para la intensidad epicentral, estaban en desacuerdo con los datos de observación.

Al examinar la forma alargada de las isosistas, se deduce la existencia de un accidente tectónico en la dirección de uno de sus ejes, y debiendo tener en

---

(1) "Nuevas fórmulas para abreviar el cálculo de la profundidad aproximada del foco sísmico por el método de Kövesligethy, y su aplicación a algunos temblores de tierra„ por V. Inglada Ors. Madrid 1921.

cuenta esta circunstancia, nos hemos decidido a repetir el cálculo, considerando como radios de dichas curvas, el valor medio de las ordenadas de cada una con relación al eje mayor que corresponde a la proyección sobre el terreno del referido accidente tectónico, siguiendo en este procedimiento a otros investigadores con arreglo a la opinión del eminente sismólogo Dr. Sieberg.

El cálculo hecho en esta forma, prueba la bondad del procedimiento, como se ve por los resultados que se presentan a continuación:

Areas isosistas (A) **y sus radios medios** (ρ).

Isosista de grado V	$A_1 = 66$ km²	[1]	$\rho_1 = 2{,}15$ km.	[2]
» » IV	$A_2 = 220$ »		$\rho_2 = 4{,}65$ »	
» » III	$A_3 = 430$ »		$\rho_3 = 6{,}85$ »	
» » II	$A_4 = 690$ »		$\rho_4 = 10{,}80$ »	

Fórmulas aproximadas.—Hagamos aplicación primeramente de las fórmulas obtenidas por Inglada, para reducir el número de tanteos que exige el método Kövesligethy:

$$\left.\begin{array}{l} h > 0{,}5\ \rho_1 \\ h < 0{,}88\ \rho_2 \end{array}\right\} [3] \qquad \left.\begin{array}{l} h > 1{,}07 \\ h < 4{,}09 \end{array}\right\}$$

o en números redondos, vemos que $4 > h > 1$.

La otra fórmula que nos da un valor aproximado de h, es:

$$h = \frac{2}{3}\sqrt{\rho_2^2 - (1{,}8\,\rho_1)^2} \qquad [4]$$

en la que sustituyendo, resulta: $h = 2$ aproximadamente.

Conocidos estos valores provisionales de la profundidad hipocentral, procederemos a los tanteos de h que comprenda a dichos valores, comenzando por $h = 0$ para mayor seguridad.

Designemos por G_1, G_2, G_3 y G_4 los grados de intensidad de las isosistas, V, IV, III y II, respectivamente.

Las fórmulas fundamentales aplicadas a las combinaciones G_1, G_3 y G_2, G_4, son:

$$\left.\begin{array}{l} \beta_1 = \dfrac{\frac{1}{3}(G_1 - G_3) - (\log r_3 - \log r_1)}{r_3 - r_1} \\[2ex] \beta_2 = \dfrac{\frac{1}{3}(G_2 - G_4) - (\log r_4 - \log r_2)}{r_4 - r_2} \end{array}\right\} [5]$$

en las que

$$r^2 = h^2 + \rho^2 \qquad [6]$$

Si el trazado de las isosistas fuera exacto, cualquiera de estas fórmulas nos daría el verdadero valor de β, que expresa el producto del coeficiente de absorción sísmica α por $\log e$

$$\beta = \alpha \log e \qquad [7]$$

pero a causa de los errores inherentes a ese trazado, los dos valores de β que dan las fórmulas [5] serán desiguales, y el más probable de h será aquel que haga discrepar lo menos posible a los hallados para β.

En caso de haber dispuesto de un número mayor de isosistas, el valor más aproximado de β, sería el que hubiese hecho mínima la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores obtenidos de β y su media aritmética, pero como sólo hemos empleado dos parejas de isosistas, el valor más probable de h, es el que da la diferencia menor de los dos valores de β.

Para $h = 0$

$$\left.\begin{array}{l} r_1 = 2{,}15 \text{ km.} \\ r_2 = 4{,}65 \text{ »} \\ r_3 = 6{,}85 \text{ »} \\ r_4 = 10{,}80 \text{ »} \end{array}\right\} \qquad \begin{array}{r} \beta_2 = 0{,}0489 \\ \beta_1 = 0{,}0347 \\ \hline \delta_0 = \beta_2 - \beta_1 = 0{,}0142 \end{array}$$

Para $h = 4$

$$\left.\begin{array}{l} r_1 = 4{,}54 \text{ km.} \\ r_2 = 6{,}13 \text{ »} \\ r_3 = 7{,}94 \text{ »} \\ r_4 = 11{,}52 \text{ »} \end{array}\right\} \qquad \begin{array}{r} \beta_1 = 0{,}1247 \\ \beta_2 = 0{,}0729 \\ \hline \delta_4 = 0{,}0518 \end{array}$$

Para $h = 1$

$$\left.\begin{array}{l} r_1 = 2{,}37 \text{ km.} \\ r_2 = 4{,}76 \text{ »} \\ r_3 = 6{,}92 \text{ »} \\ r_4 = 10{,}85 \text{ »} \end{array}\right\} \qquad \begin{array}{r} \beta_2 = 0{,}0507 \\ \beta_1 = 0{,}0442 \\ \hline \delta_1 = 0{,}0065 \end{array}$$

Como consecuencia de estos tanteos, nos encontramos con que $\delta_1 < \delta_0 < \delta_4$, lo cual nos indica que el valor $h = 1$ es mejor que $h = 0$ y $h = 4$.

Para $h = 3$

$$\left.\begin{array}{l} r_1 = 3{,}69 \text{ km.} \\ r_2 = 5{,}53 \text{ »} \\ r_3 = 7{,}48 \text{ »} \\ r_4 = 11{,}21 \text{ »} \end{array}\right\} \qquad \begin{array}{r} \beta_1 = 0{,}0949 \\ \beta_2 = 0{,}0633 \\ \hline \delta_3 = 0{,}0316 \end{array}$$

Para $h = 2$

$$\left.\begin{array}{l} r_1 = 2{,}94 \text{ km.} \\ r_2 = 5{,}06 \quad » \\ r_3 = 7{,}14 \quad » \\ r_4 = 10{,}98 \quad » \end{array}\right\} \qquad \begin{array}{c} \beta_1 = 0{,}0670 \\ \beta_2 = 0{,}0558 \\ \hline \delta_2 = 0{,}0112 \end{array}$$

$\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$ luego $h = 2$ es mejor valor que el $h = 3$.

Para $h = 1{,}50$

$$\left.\begin{array}{l} r_1 = 2{,}62 \text{ km.} \\ r_2 = 4{,}89 \quad » \\ r_3 = 7{,}01 \quad » \\ r_4 = 10{,}90 \quad » \end{array}\right\} \qquad \begin{array}{c} \beta_1 = 0{,}0545 \\ \beta_2 = 0{,}0530 \\ \hline \delta_{1,5} = 0{,}0015 \end{array}$$

$\delta_2 > \delta_{1,5} < \delta_0$ luego $\boxed{h = 1{,}5}$ es valor más aproximado que los $h = 1$ y $h = 2$, y por lo tanto aceptaremos como profundidad hipocentral la de 1,5 km., con un error menor de 250 m.

La gráfica de la figura 8.ª nos indica la marcha de los valores de δ en relación con los de h.

Conocido h en menos de $\frac{1}{4}$ de km., nos falta hallar el valor de la máxima intensidad G_0 en el epicentro, el coeficiente de absorción sísmica α, los errores residuales ΔG y el error medio Δm.

Partiendo de $h = 1{,}50$, los verdaderos radios focales son:

$$\begin{array}{l} r_1 = 2{,}62 \\ r_2 = 4{,}89 \\ r_3 = 7{,}01 \\ r_4 = 10{,}90 \end{array}$$

que llevados a las ecuaciones llamadas de Cancani,

$$\left.\begin{array}{l} (\log h + \beta h + \frac{1}{3} G_0) - r_1 \beta = \frac{1}{3} G_1 + \log r_1 \\ (\log h + \beta h + \frac{1}{3} G_0) - r_2 \beta = \frac{1}{3} G_2 + \log r_2 \\ (\log h + \beta h + \frac{1}{3} G_0) - r_3 \beta = \frac{1}{3} G_3 + \log r_3 \\ (\log h + \beta h + \frac{1}{3} G_0) - r_4 \beta = \frac{1}{3} G_4 + \log r_4 \end{array}\right\} [8]$$

en las cuales haciendo $\left(\log h + \beta h + \frac{1}{3} G_0\right) = x$, resulta:

$$\left.\begin{aligned} x - 2{,}62\,\beta &= 2{,}0850 \\ x - 4{,}89\,\beta &= 2{,}0226 \\ x - 7{,}01\,\beta &= 1{,}8457 \\ x - 10{,}90\,\beta &= 1{,}7041 \end{aligned}\right\} [9]$$

Aplicando a estas ecuaciones el método de los mínimos cuadrados, resultan las siguientes ecuaciones normales:

$$\left.\begin{aligned} 4\,x - 25{,}42\,\beta &= 7{,}6574 \\ 25{,}42\,x - 178{,}7266\,\beta &= 46{,}8663 \end{aligned}\right\} [10]$$

cuya resolución nos da para β el siguiente valor: $\boxed{\beta = 0{,}048315}$

Conocido β, obtendremos el coeficiente de absorción sísmica α por la fórmula:

$$\alpha = \frac{\beta}{\log e} \quad [11] \qquad \text{que nos da} \qquad \boxed{\alpha = 0{,}11125}$$

Poniendo las ecuaciones [8] bajo la forma

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{3}(G_0 - G_1) &= \log r_1 - \log h + \beta\,(r_1 - h) \\ \frac{1}{3}(G_0 - G_2) &= \log r_2 - \log h + \beta\,(r_2 - h) \\ \frac{1}{3}(G_0 - G_3) &= \log r_3 - \log h + \beta\,(r_3 - h) \\ \frac{1}{3}(G_0 - G_4) &= \log r_4 - \log h + \beta\,(r_4 - h) \end{aligned}\right\} [12]$$

Y sustituyendo en los segundos miembros los valores de $r_1\ r_2\ r_3\ r_4\ \beta$ y h, resultarán cantidades conocidas, que designaremos respectivamente por $g_1\ g_2\ g_3$ y g_4, resulta:

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{3}(G_0 - G_1) &= g_1 \\ \frac{1}{3}(G_0 - G_2) &= g_2 \\ \frac{1}{3}(G_0 - G_3) &= g_3 \\ \frac{1}{3}(G_0 - G_4) &= g_4 \end{aligned}\right\} [13]$$

Y poniendo en lugar de G_1 G_2 G_3 y G_4 los números correspondientes a los grados de intensidad, o sean, **5 4 3** y **2**, cada ecuación nos dará un valor de G_0, cuyo promedio es

$$G_0 = \frac{\Sigma G + 3 \Sigma g}{4} \qquad [14]$$

Efectuando la sustitución numérica, tenemos:

$$\left.\begin{array}{r} g_1 = 0{,}296323 \\ g_2 = 0{,}677008 \\ g_3 = 0{,}935846 \\ g_4 = 1{,}315495 \\ \hline \Sigma g = 3{,}224672 \\ 3 \Sigma g = 9{,}674016 \end{array}\right\} \qquad [15]$$

y de la [14] $\boxed{G_0 = 5{,}918504}$

Una vez determinado el grado de intensidad en el epicentro, podemos calcular los valores que corresponden a cada isosista, valores que designaremos por G'_1 G'_2 G'_3 G'_4 y los obtendremos partiendo del sistema [13], que nos da:

$$\left.\begin{array}{l} G'_1 = G_0 - 3\, g_1 \\ G'_2 = G \;\; - 3\, g_2 \\ G'_3 = G_0 - 3\, g_3 \\ G'_4 = G_0 - 3\, g_4 \end{array}\right\} \qquad [16]$$

Y sustituyendo:

$$\left.\begin{array}{l} G'_1 = 5{,}029535 \\ G'_2 = 3{,}887481 \\ G'_3 = 3{,}110964 \\ G'_4 = 1{,}972018 \end{array}\right\} \qquad [17]$$

Las diferencias entre los valores calculados y los observados para cada isosista, serán los errores residuales, que denominaremos ΔG

$$\left.\begin{array}{l} \Delta G_1 = G_1 - G'_1 = -\,0{,}029535 \\ \Delta G_2 = G_2 - G'_2 = \;\;\; 0{,}112519 \\ \Delta G_3 = G_3 - G'_3 = -\,0{,}110964 \\ \Delta G_4 = G_4 - G'_4 = \;\;\; 0{,}027982 \\ \hline \Sigma \Delta G = \qquad\qquad 0{,}000001 \end{array}\right\} \qquad [18]$$

El error medio vendrá dado por la fórmula:

$$\Delta_m = \sqrt{\frac{\Sigma (\Delta G)^2}{m-1}} \qquad [19]$$

de la que resulta: $\boxed{\Delta_m = 0{,}09422}$

Como complemento de lo expuesto, copiaremos los resultados obtenidos por el mismo método, para varios sismos ibéricos:

LUGAR Y FECHA DEL SISMO	Calculador.	h kms.	α	Δ_m
Ribatejo (Portugal). 23-IV-1909.....	Inglada.	3,25	0,0053	0,0744
Sierra de Salinas (Alicante). 28-XI-1916.....	»	3,0	0,0574	0,1236
Bellmunt de Ciurana (Tarragona). 26-I-1917..	»	3,0	0,0950	0,0086
Cotillas (Murcia). 28-I-1917..... ..	»	3,0	0,0439	0,0682
Bajo Segura (Alicante). 10-IX-1919.....	»	4,75	0,0208	0,0458
Pastrana (Guadalajara). 3-VII-1922.....	Rey.	1,50	0,1112	0,0942

En este estudio comparativo, vemos que el coeficiente de absorción sísmica para el último sismo, es mayor que el correspondiente a los otros, lo cual es consecuencia natural de la menor profundidad hipocentral, por corresponder a los terrenos superficiales mayor coeficiente que a los profundos, éstos de mejores propiedades elásticas.

Por lo que respecta al error medio, aunque mayor que la de casi todos los anteriores, resulta sin embargo bastante aceptable, al tener en cuenta las malas condiciones con que se han trazado las isosistas.

En este capítulo hemos tenido ocasión de ver cómo nos orienta el cálculo acerca de la naturaleza geológica del accidente sísmico y nos proporciona la profundidad a que se encuentra el elemento perturbador, indicándonos por último la calidad de los elementos de observación que hemos utilizado.

Si para el trazado de las curvas hubiéramos tenido ocasión de adoptar como grados de intensidad los obtenidos por medio de aparatos sismométricos enclavados en la zona conmovida, los resultados del cálculo hubiesen sido sorprendentes, y no cabe duda que debe tenderse a este fin, en la medida posible, aumentando la red de observatorios y organizando debidamente los servicios informativos.

XII

Causas del sismo.

Hipótesis de hundimiento.—Si tenemos en cuenta el régimen hidrográfico ya conocido de la región, nada tiene de particular la formación de oquedades o cavernas por redisolución de masas yesosas. En el Cerro del Calvario, en Pastrana, es tal la cantidad de manantiales en sus vertientes, que abastecen abundantemente a la población y permiten el riego de una fértil vega; varias cavernas aparecen bajo los estratos pontienses en este Cerro y pueden ser indicio de la posibilidad de existencia de otras ocultas de mayores proporciones.

Entre la gente campesina, existe la creencia de que el Cerro del Calvario se encuentra completamente minado por las aguas, y se afirma que personas cultas han asegurado que tal Cerro sería la causa de la destrucción del pueblo de Pastrana.

Con tales presentimientos, se comprende que al ocurrir los hechos relatados, fuese tremendo el efecto moral producido en el vecindario, que creyeron ver confirmados sus temores.

En los informes recibidos referentes a los períodos sísmicos de Pastrana, figura el de la Jefatura de Obras Públicas de la provincia de Guadalajara, que dá cuenta de haber ocurrido en épocas diversas, desprendimientos de tierras en las explanaciones de carreteras de la provincia, e indican como posible causa de estos desprendimientos y de los fenómenos sísmicos ocurridos, la acción de las aguas subterráneas del río Tajo y sus afluentes.

Un hundimiento de bóvedas cavernosas, nada tiene de particular, y en varios sitios los estratos calizos superiores sufren inflexiones indicadoras de acciones de amoldamiento, por deformaciones de los terrenos inferiores. Los desprendimientos de tierras son frecuentes por la poca consistencia de las masas margosas puestas al descubierto, y mucho más si descansan sobre capas arcillosas, o por formar paramentos de inclinación exagerada, como son en los barrancos de los Páramos.

La hipótesis de un movimiento del suelo por hundimiento de cavernas, podría ser aceptada para un hecho local y de escaso alcance; pero desde el momento en que hemos comprobado la notable extensión del área conmovida,

no hay más remedio que desechar esa teoría para buscar, en el orden tectónico, la causa probable del temblor.

Por otra parte, del estudio posterior de las áreas isosistas y cálculo de la profundidad hipocentral, resulta desde luego situado el foco a 1,50 km., y la existencia del accidente perturbador solamente puede atriburse a efectos de dislocación de los elementos corticales.

Del cálculo análogo de la profundidad hipocentral en varios sismos ibéricos que antes ya hemos visto, resulta que en la mayoría, esta profundidad oscila entre 2 y 5 km., o sean sismos superficiales, en que la perturbación es producida por el desequilibrio elástico de los elementos del cretácico, que soporta al mioceno continental, cuyo espesor puede oscilar entre dichas dimensiones.

Parece que se trata de insignificantes movimientos en los labios de alguna falla, en los terrenos mesozoicos transtornados por los movimientos premiocenos y postmiocenos antes explicados, con tendencia a la consolidación de sus elementos.

Expondremos de nuevo la coincidencia de la situación de la zona conmovida frente a la parte central de la alineación de Altomira, en que su eje ha sido desviado (v. croquis), correspondiendo al máximo empuje orogénico de W. a E.

Las dislocaciones probables de los mantos cretácicos, pueden provenir de la rotura de estratos en el sentido de los pliegues paralelos a la sierra, y quizás en estas mismas ondulaciones, esbozadas también en el mioceno, se iniciarían los valles paralelos de los ríos en la actual región de los Páramos; por estas causas, nada tiene de particular que el eje epicentral resulte paralelo al de la sierra, relacionado con su plegamiento. La tendencia al asentamiento de los paquetes fracturados, ha dado lugar al almacenamiento de energía, hasta que rebasado el límite de elasticidad, ha desencadenado el sismo, primero por medio de insignificantes trepidaciones, puestas de manifiesto principalmente por los efectos acústicos, y finalmente por medio de la sacudida principal.

Desde el día en que ocurrió este choque, hasta la fecha, no tenemos noticia de nuevas señales de reactividad, y parece haber concluído el sismo en su conjunto, no creyendo probable la repetición del mismo con carácter catastrófico, aunque muy bien pudieran repetirse las sacudidas de grado mediano o fuerte.

Del mismo modo que la región Penibética en su plegamiento está afectada por un empuje proviniente en dirección S-N, y correspondiendo la zona de mayor dislocación y sismicidad a la parte N. (fosa del Genil), en esta región de Altomira, tenemos en escala pequeña un efecto parecido, en que la

región más dislocada corresponde a la zona opuesta a la dirección del esfuerzo orogénico.

Antecedentes históricos. — Buscando datos que pudieran ilustrarnos acerca de hechos análogos que hubieran podido tener lugar en otras épocas, nada o casi nada hemos podido encontrar en los Ayuntamientos, ni por noticias de los habitantes.

En el Convento de Padres Franciscanos, enclavado en los alrededores de Pastrana, tomamos nota de un hecho que pudiera tener relación con algún temblor o temblores que en tiempos lejanos hubiesen sido notados en esta comarca. Existe un bloque calizo, labrado en forma de pila o pequeño depósito de agua, sin duda para el riego de un trozo de jardín, pero en la actualidad este bloque está caído y sirve, en unión de otras piedras, para contención de un terraplén. Entre las varias opiniones que se emiten, respecto a la curiosa posición de la pila, unos dicen que fué volcada hace muchísimos años, como consecuencia de un terremoto. Sea o no verídica esta causa de la posición anormal de la pila, lo cierto es que las gentes hablan de terremotos, aunque ningún dato concreto digno de crédito se ha encontrado respecto a estos fenómenos sísmicos, que de haber tenido lugar, habrán sido en época bastante remota.

En el informe de Obras Públicas, al indicar un desprendimiento de tierras que originó la destruccion de dos kilómetros de ladera en una carretera de la provincia, en el año 1912, se dice que coincidió con algunos ruidos subterráneos notados en aquellos días.

XIII

Desprendimientos de tierras.

En los bordes de las mesas o muelas, allí donde las capas superiores consistentes van faltando, la erosión de las laderas se acentúa, bien en forma lenta de arrastre suave de tierras o por desprendimiento de masas en forma rápida; éstos tienen lugar especialmente en las aristas recién desmanteladas.

Además de los hechos citados en el informe de la Jefatura de Obras Públicas de la provincia, hemos tomado nota de algunos otros de importancia.

En el terreno denominado «Valdemoral», a unos 4 km. al N. de Pastrana y 3 al S. de Valdeconcha, en la vertiente W. del Arlés, tuvo lugar un «aplanamiento» con descenso de un bloque de tierras de cultivo cubierto de olivar, en forma tal, que el escarpe formado presenta actualmente una altura de 14 metros en una longitud de unos 50 (fig. 9.ª).

Este desprendimiento ocurrió el día 26 de marzo de 1916, y su causa evidente fué el reblandecimiento de las masas margosas heterogéneas, privadas en la arista de estratos cobertores calizos. Citamos este hecho por la coincidencia de haber tenido lugar precisamente en la zona epicentral, y nada tiene de particular que alguna sacudida sísmica imperceptible determinase la caída del terreno, ya en equilibrio inestable por los efectos de la erosión.

En el mismo valle de Arlés, y al S. de Pastrana, todavía quedan patentes las señales de otro fenómeno parecido de desprendimiento de tierras, ocurrido, según las gentes, hace más de un siglo, y su causa parece análoga a la del anterior.

Son frecuentes en alguuos puntos enclavados en zonas sísmicas, derrumbamientos de edificios, sin que los arquitectos hayan tenido motivo para indicar en ellos un peligro grave de hundimiento; en algunos puertos fracasan obras de ingeniería, realizadas con los más sólidos fundamentos matemáticos y cálculos de resistencia de materiales, y estos hechos, al parecer extraños, se explican reconociendo como su causa, conmociones sísmicas de carácter débil, pero de acción continuada, desapercibidas para el hombre, pero que serían acusadas por los sismógrafos que pudieran establecerse en sus inmediaciones; lo mismo puede suceder con estos desprendimientos frecuentes.

XIV

Efectos de la sacudida.

Para un sismo de mediano carácter como el que nos ocupa, estos efectos se reducen a caída de objetos, balanceo de lámparas, cierre de puertas, crugido de vigas, etc.

Cuando el fenómeno adquiere caracteres destructores, la información nos proporciona muchos datos relacionados con el agrietamiento de edificios, caída de columnas, etc., que permiten deducir consecuencias fundamentales, y si aparecen agrietamientos en el suelo, pueden establecerse teorías de orden tectónico de gran transcendencia; pero en el caso actual, no es posible sacar apenas conclusiones prácticas por la poca importancia del temblor.

Ya sabemos que la escala de intensidades F. M. está calculada para las edificaciones rústicas en Italia, en general de malas condiciones y muy parecidas a las españolas; sin embargo, al aplicar los grados de intensidad marcados, hay que establecer un coeficiente que modifique el grado que literalmente corresponda por los efectos producidos en los edificios. Así, por ejemplo, mientras que las casas de los pueblos de Aragón en la estepa, son de barro mal amasado, con pesadas cubiertas de tejas, capaces de derrumbarse por un temblor de grado IV, o aquellas de los pueblos ribereños del Ebro, cuyos muros están hechos con canto rodado y de apariencia sólida, pero fácilmente arruinables por débil empuje, en cambio, en los pueblos enclavados en la cordillera, las casas son hechas con paredes de mampostería sin trabar, pero de mayor consistencia que las de canto rodado; y por último, las de la Alcarria, sobre todo en muchos pueblos, el entramado de madera dá a las paredes un buen grado de estabilidad, merced al relleno de materiales trabados con yeso de calidad inmejorable, abundantísimo en las explotaciones numerosas de las margas yesíferas.

Por estas razones, los efectos de la sacudida se redujeron a movimiento y caída de objetos; solamente en la cárcel de Pastrana se desprendió el revestimiento del cielo raso en algunos trozos.

XV

Fenómenos luminosos.

Se ha observado en varios sismos, que son acompañados de ciertos fenómenos de carácter ígneo, debidos a la inflamación de gases emanados por las grietas del suelo, como consecuencia de la perturbación producida en las capas de cierta clase de terrenos. Otras veces son descargas eléctricas o fuertes tormentas las que se desencadenan al mismo tiempo que el suelo tiembla; así ha sucedido en el espantoso terremoto de 11 de noviembre de 1922 ocurrido en Coquimbo (Chile).

También se ha observado la coincidencia de la perturbación sísmica en el paso por el meridiano de una nueva mancha solar. Aunque estos fenómenos de coincidencia no han sido todavía claramente explicados, lo cierto es que ocurren frecuentemente.

En el sismo de 3 de julio, al leer las primeras noticias recibidas, vimos con gran asombro que, no obstante la poca intensidad del fenómeno, se habían producido ciertos efectos luminosos relacionados con la sacudida principal.

Al recorrer los pueblos del área conmovida, nos pudimos convencer de que no se trataba de improvisación fantástica de algún vecino o vecinos que sufrieran alguna ofuscación y originase apreciaciones engañosas; en Sayatón, varios niños nos dieron detalles del fenómeno diciendo que vieron una ráfaga luminosa o llamarada hacia poniente el día 2 de julio al anochecer.

En Pastrana, nos aseguraron ver casi ardiendo un monte inmediato al pueblo, y otros nos indicaron que en Anguix habían visto una inmensa hoguera, cuyos efectos pudieron contemplarse durante bastante tiempo.

Continuando las investigaciones, pudimos convencernos de que se trataba del paso de un aerolito, cuya estela luminosa se marcó vivamente en el espacio en su paso hacia NE., y aunque se aseguraba que en Anguix se habían incendiado campos de trigo en la caída de aquél, no fué cierto que allí estallase, pues la detonación se hubiera sentido en gran radio.

Vemos cómo muchas veces la casualidad de ciertos hechos, aumentados y desfigurados luego por la fantástica imaginación campesina, dá lugar a creencias erróneas, que de figurar solamente en datos sin comprobación, las

consecuencias que se traten de deducir en el orden científico tienen que ser de garantía casi nula.

Por esta entre otras razones, el estudio de los fenómenos sísmicos tiene que realizarse sobre el terreno, para completar la información preliminar que nunca puede tener carácter definitivo sino de primera aproximación.

Toledo 1922.

NOTAS BIBLIOGRÁFICA Y CARTOGRÁFICA

NOTA BIBLIOGRÁFICA

1. *Carandell (J.) y G. de Llarena (J.)*..... El glaciarismo cuaternario en los Montes Ibéricos.

2. *Comas Solá (J.)*..... Calcul de la profondeur des hypocentres séismiques.

3. *Comisión del Mapa geológico.* Estudios relativos al terremoto de Andalucía de 1884. "Madrid„, 1890-93.

4. *Choffat (P.) y Bensaude (A.)*.. Estudos sobre o sismo do Ribatejo de 23 de abril de 1919. Lisboa 1912.

5. *Choffat (P.)*..... Noticia sobre a Carta hysometrica de Portugal. (Commissâo do servico geológico de Portugal. Lisboa 1907).

6. *Dantin Cereceda (J.)*..... Resumen fisiográfico de la Peninsula Ibérica. Madrid 1912.

7. *Dantin Cereceda (J.)*..... Ensayo acerca de las Regiones naturales de España. Madrid 1922.

8. *Davisón (Ch.)*..... A Manual of Seismology. Cambridge 1921.

9. *Davisón (Ch.)*..... The origin of earthquakes. Cambridge 1921.

10. *Douvillé (R.)*..... Handbuch. Reg. Geo. "La Peninsula Iberique„.

11. *Fallot (P.)*..... Etude géologique de la Sierra de Majorque. Paris et Liége 1922.

12. *Faura y Sans (M.)*..... Geodinamismo de la costa catalana y efectos del temporal del 20 de febrero de 1920. "Ibérica„, XIII-1920.

13. *Fernández Navarro (L.)*..... Historia geológica de la Peninsula Ibérica. 1916.

14. *Fontseré (E.)*..... Sobre la actividad del alto Essera. (Memorias de la R. A. de C. y A. de Barcelona.)

15. *Fontseré (E.)*..... Nota sobre el temblor de tierra ocurrido en Arenys de Mar el 27 de abril de 1916. Nota sobre el temblor de tierra ocurrido en la costa de levante el 15 de junio de 1916. (Memorias de la R. Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Vol. XIII-1-2-1916.)

16. *Fontseré (E.)*..... Nota sobre los terremotos alcantinos de noviembre y diciembre de 1916. Nota sobre los temblores de tierra ocurridos en la Región de Teyá del 9 al 12 de diciembre de 1916. (Memorias de la R. A. de C. y A. de Barcelona. Vol. XIII, 13-14-1917.)

17. *Fontseré (E.)*..... Catálogo provisional de terremotos catalanes ocurridos en los siglos XVIII y XIX. (Memorias de la R. A. de C. y A. de Barcelona. Vol. XIII-18-1917).

18. *G. de Llarena (J.)*..... ..... Nota geológica de los alrededores de Pastrana (sin publicar).

19. *G. de Llarena (J.)*..... Bosquejo geográfico-geológico de los Montes de Toledo. Madrid 1916.

20. *Herbert Hobbs. (W.)*..... Erddeben. Leipzig 1910.

21. *Hernández-Pacheco y Esteban (E.)*..... Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Discurso leido en el acto de su recepción. Madrid 1922.

22. *Hernández-Pacheco (E.)*..... Ensayo de síntesis geológica del N. de la Peninsula Ibérica. Madrid 1922.

23. *"Ibérica„*..... Datos sísmicos de España 1914-1923.

24. *Inglada (V.)* .... Los problemas de la moderna sismologia geológica en relación con el estudio de la tectónica de las regiones sísmicas de España. R. Sociedad Española de H. N. Madrid. 1921.

25. *Inglada (V.)*..... ..... Nuevas fórmulas para abreviar el cálculo de la profundidad hipocentral por el método Kôvesligethy. Madrid 1921.

26. *Inglada (V.)*..... .. La Sismologia.—Sus métodos.—El estado actual de sus problemas fundamentales. Madrid 1923.

27. *Inglada (V.)*..... Las observaciones gravimétricas. (En publicación).

28. *Inglada (V.)*..... ..... . Cálculo de la profundidad hipocentral del sismo de Ribatejo (Portugal) de 23 de abril de 1909. Asociación E. para el progreso de las Ciencias.—Congreso de Oporto. IV-1921.

29. *Inglada (V.)*..... ..... El temblor de tierra sentido el 26 de noviembre de 1920 en el N W. de la Peninsula "Ibérica„, XV-1921.

30. *Inglada (V.)*..... ..... Las isosistas y los efectos destructores del temblor de tierra. "Ibérica„. XIV-1920.

31. *Instituto Geográfico y Estadístico*..... Reseña geográfica y estadistica de España. Madrid 1912.

32. *Montesus de Ballore (F.)*.... El estado actual de la Sismologia. "Ibérica„, núms. 439 al 441.

33. *Montesus de Ballore (F.)*.... La Peninsula Ibérica seismica y sus colonias. "Anales de la Sociedad Española de H. N.„, XXIII-1894.

34. *Montesus de Ballore (F.)*.... Memorias. "Boletin del servicio sismológico de Chile„, Santiago-Valparaíso 1915.

35. *Montesus de Ballore (F.)*.... Bibliografia general de temblores y terremotos. Santiago de Chile 1915.

36. *Montesus de Ballore (F.)*.... Les tremblements de terre. Geographie seismologique. Paris 1906.

37. *Montesus de Ballore (F.)*.... La science seismologique. Les tremblements de terre. Paris 1907.

38. *Nogués (M. A. F.)*..... Los temblores de tierra. Santiago de Chile 1892.

39. *Observatorio Fabra*..... Observaciones sísmicas efectuadas durante el año 1909. (Memorias de la R. A. de C. y A. de Barcelona. Vol. VIII-15-1910).

40. *Omori*..... Bulletin of the Earthquake Committee. Vol. III-2. Tokio 1909.

41. *Pereira de Sousa*..... Ideia geral dos effeitos do megasismo de 1755 em Portugal. "O terremoto do 1.° novembro en Portugal e um estudo demográfico„. Lisboa 1919.

42. *Principe Galitzin (B.)*..... Conferencias sobre sismometria (traducción española). Madrid 1921.

43. *Rey Pastor (A.)*. ..... Notas sismológicas relativas al temblor de tierra del 5 de agosto de 1921. "Ibérica„, XVI-1921.

44. *Royo Gómez (J.)*..... El mioceno continental ibérico y su fauna malacológica Madrid 1922.

45. *Royo Gómez (J.)*..... La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo. Madrid 1920.

46. *Sánchez Lozano (R.) y Marín (A.)*..... Estudio relativo a los terremotos ocurridos en la provincia de Murcia en 1911. "Bol. del Instituto Geográfico„, Madrid 1912.

47. *Sánchez Navarro (P. M. M.ª)*. La sismicidad en España durante los años 1909-1914. „Bol. de la R. S. E. de H. N., XV„.

48. *Sánchez Navarro (P. M. M.ª)*. Los terremotos alicantinos de septiembre de 1919. "Ibérica„, XII-1919.

49. *Sánchez Navarro (P. M. M.ª)*. Bosquejo sismico de la Peninsula Ibérica. Cartuja 1921.

50. *Sánchez Navarro (P. M. M.ª)*. Algunos datos sobre temblores de tierra sentidos en España durante el sexenio de 1909 a 1914 recogidos por la Estación Sismológica de Cartuja (Granada) Asociación Española para el progreso de las Ciencias. Congreso de Valladolid de 1915.

51. *Sánchez Navarro (P. M. M.ª)*. Terremotos, Sismógrafos y edificios. Madrid 1916.

52. *Sieberg (A.)*..... Handbuch der Erdbebenkunde 1904.

53. *Sieberg (A.)*..... Die Verbreitung der Erdbeben auf Grund e neurer makro und mikrogeismischer Beobachtungen und ihre Bedeutung fur Fragen der Tektonik. Jena 1922.

CARTOGRAFÍA

54. *Adán de Yarza (R.)*..... Mapa tectónico de Europa.

55. *Botella*..... Mapa hipsométrico de España y Portugal. E = 1 : 2.000.000

56. *Carandell (J.)*..... Croquis tectónico de la Peninsula Ibérica. (Sin publicar).

57. *Comisión del Mapa geológico* Mapa Geológico de España E = 1 : 1.500.000.

58. *Comisión del Mapa geológico* Mapa Geológico de España E = 1 : 400.000.

59. *Choffat (P.)*..... Esboço d'una Carta tectónica de Portugal E = 1 : 1.500.000 (Con la obra). "Noticia sobre a Carta hypsométrica de Portugal", Lisboa 1907

60. *Depósito de la Guerra*..... Mapa militar itinerario de España. E = 1 : 200.000.

61. *Instituto Geográfico*..... .. Mapa nacional E = 1 : 50.000.

62. *Instituto Geográfico*. .... . Nivelaciones barométricas de la provincia de Cuenca.

63. *Instituto Geográfico*..... Mapa Geotectónico de España. E = 1 : 6.000.000.

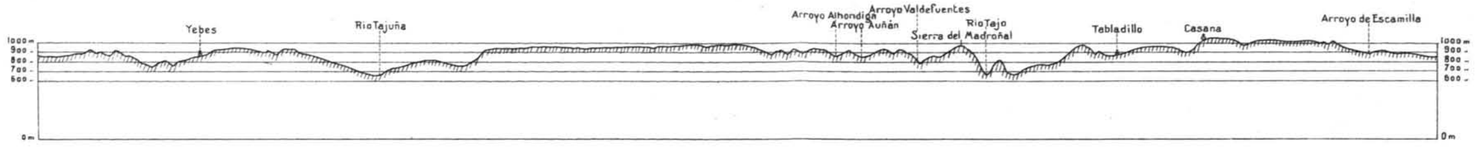


Figura 1ª

Perfil según el paralelo 40º 32'

0 1 2 3 4 5 Kms
Escala horizontal

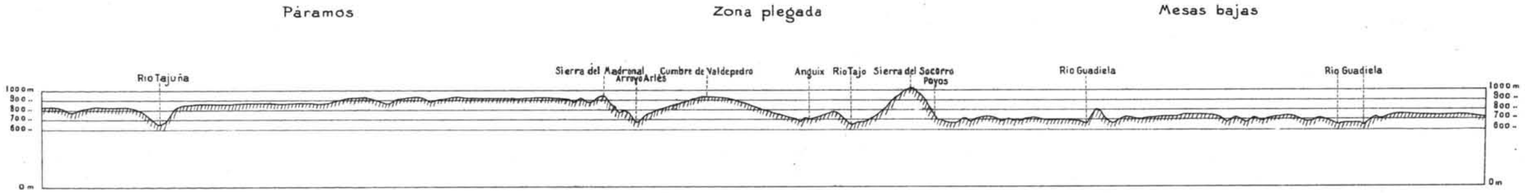
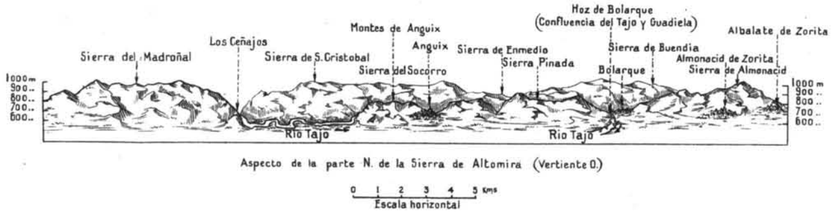


Figura 2ª

Perfil según el paralelo 40º 26'

0 1 2 3 4 5 Kms
Escala horizontal

Figura 3ª



Aspecto de la parte N. de la Sierra de Altomira (Vertiente O.)

0 1 2 3 4 5 Kms
Escala horizontal

Figura 4ª

Corte geológico según la alineación "GUADALAJARA—PASTRANA".
con arreglo a datos de J. Royo.

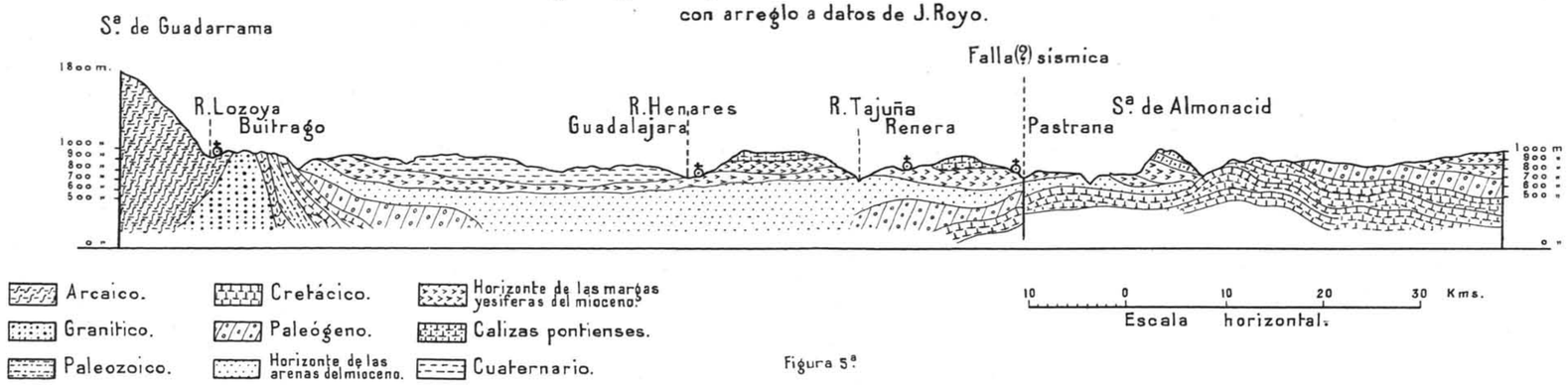
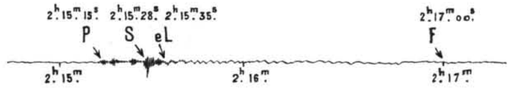


Figura 5ª

Gráfica registrada por el Sismógrafo "VICENTINI"
(ampliada 4 veces).



Corrección = - 5s.

Masa: 100 Kg. Compte N-S. V=137. $T_0 = 2^s.5$. $\frac{r}{T_0^2} = 0{,}0012$.

Figura 6ª

Gráfica de los valores de δ que corresponden a los de h

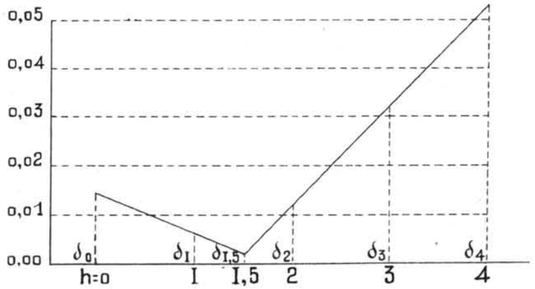


Figura 8ª

Corte geológico según J.G. de Llarena

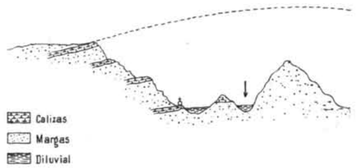


Figura 7ª

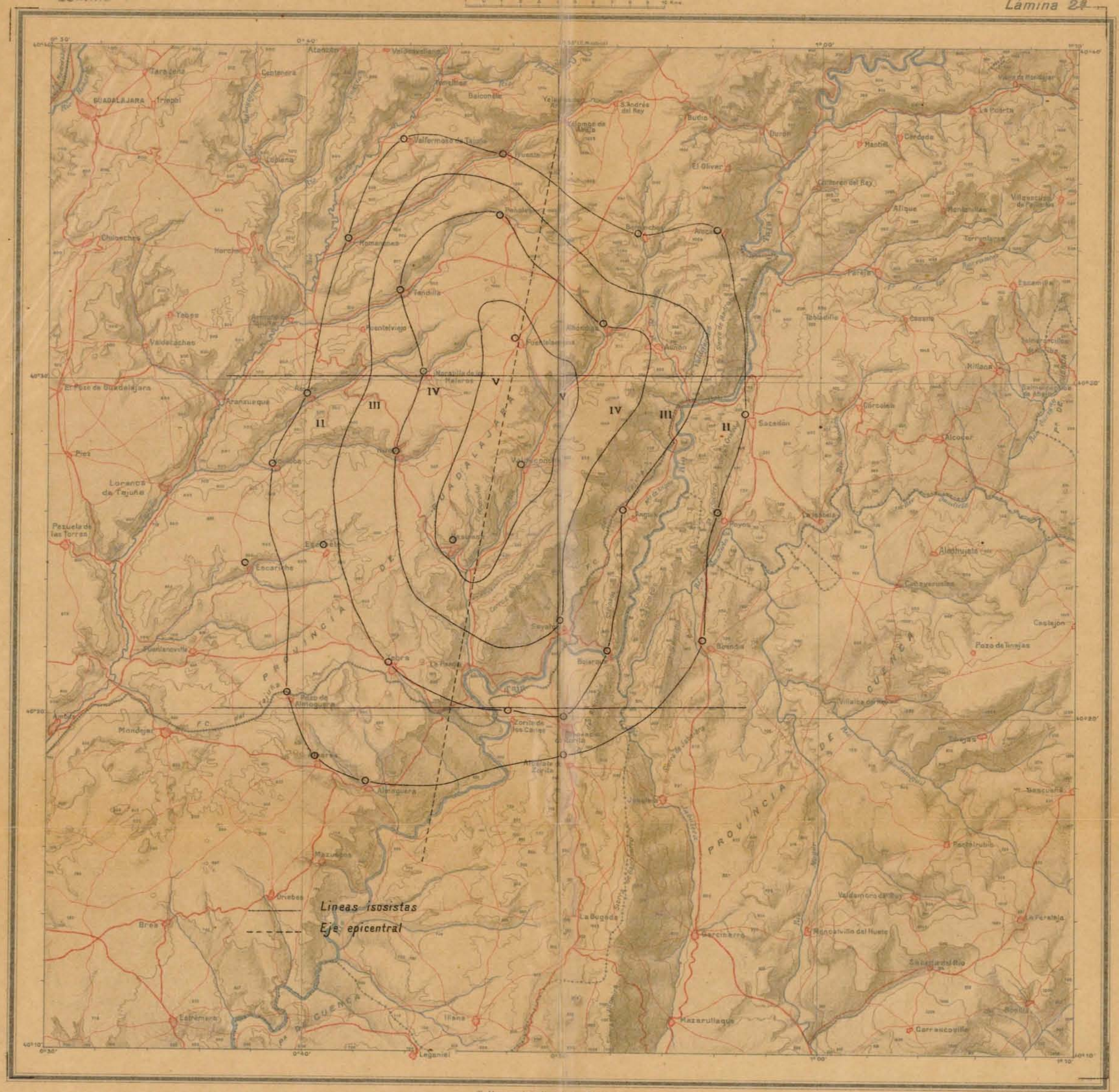
Aplanamiento del terreno en Valdemoral
26-III-1916

Figura 9ª

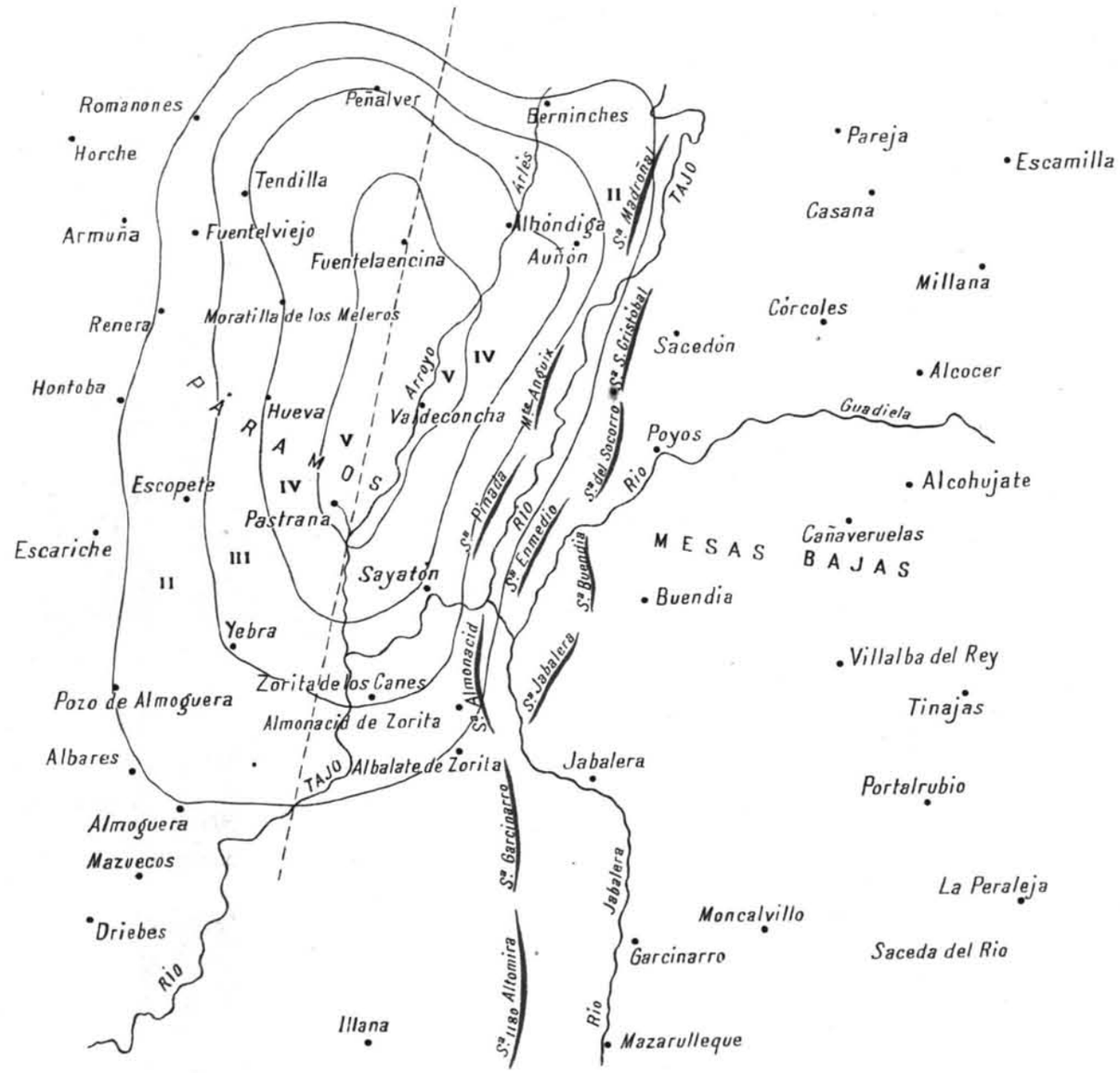
Plano de la Comarca de Pastrana

Lámina 1ª

Lámina 2ª



Talleres del Instituto Geográfico


Romanones
Horche
Penalver
Berninches
Pareja
Escamilla
Tendilla
Arlés
Casana
Armuña
Fuentelviejo
Alhóndiga
Auñón
Fuentelaencina
Millana
Renera
Moratilla de los Meleros
Córcoles
Sacedón
Hontoba
Arroyo
Alcocer
Hueva
Valdeconcha
Guadiela
Poyos
Escopete
Alcohujate
Pastrana
Río
Escariche
Sayatón
MESAS
BAJAS
Cañaveruelas
Buendía
Yebra
Villalba del Rey
Zorita de los Canes
Pozo de Almoguera
Almonacid de Zorita
Tinajas
Albares
TAJO
Albalate de Zorita
Jabalera
Portalrubio
Almoguera
Mazuecos
La Peraleja
Moncalvillo
Driebes
Garcinarro
Saceda del Río
Illana
Mazarulleque
Croquis esquemático
0 5 10 15 Kms.
Escala