

Estudio sobre las ondas superficiales Lg, Rg, y Li en los registros del observatorio de Toledo

G. PAYO

Ricevuto l'11-IV-1960

INTRODUCCION

En los numerosos estudios que en los últimos años se han hecho y siguen haciéndose sobre las ondas sísmicas superficiales, se ha observado el diferente comportamiento de la corteza terrestre en la transmisión de ellas, según que lleguen a la estación siguiendo un camino continental u oceánico. Esta diferencia de estructuras se manifiesta ya cuando el fondo submarino tiene una profundidad de dos kms. aproximadamente.

Y así en algunos sismogramas aparecen a veces fases claramente diferenciadas, como la fase T, que solo aparece cuando el trayecto tiene estructura oceánica, y que se cree utiliza para propagarse una capa de baja velocidad existente en los océanos a alguna profundidad. Esta capa actúa como un verdadero canal para estas ondas longitudinales, permitiendo su transmisión a grandes distancias con poca pérdida de energía.

En este sentido son semejantes a ella las fases Lg, Li y Rg que solo se transmiten por áreas continentales bastando un trecho de unos 100 kms. de océano para que ya se interrumpan, y de cuyas características se va a tratar en este trabajo. Los subíndices g e i con que las distinguimos indican la importancia que en su transmisión tienen las capas granítica e intermedia respectivamente.

Las ondas Lg, Rg fueron descubiertas por M. Ewing y F. Press en 1952 y la Li lo fué recientemente (1957) por el gran sismólogo M. Bath, al hacer un detenido estudio de las dos precedentes. Posteriormente varios sismólogos se han ocupado también del estudio de estas nuevas fases y han sido los ya citados junto con B. Gutenberg e I. Lehmann los que más han contribuido a resaltar la importancia que estas nuevas ondas tienen por sus especiales características, y principalmente por la contribución que aportan al mejor conocimiento de las capas que forman la corteza, en las que tienen lugar el mecanismo de su transmisión.

Toledo está particularmente situado para la observación de éstas ondas continentales, ya que cubre el abanico de azimutes que tienen centro en Toledo y salidas por los Pirineos y por el Sur de la Península. O sea que la mayor parte, de los trayectos de los sismos Euro-asiáticos y africanos llegan a esta estación por un camino casi enteramente continental. Y además dada la situación especial de la Península Ibérica en un extremo de Eurasia puede este Observatorio registrar sismos muy lejanos con este tipo de trayectos continentales lo que es de interés por no haber muchos Observatorios en tales circunstancias.

La presencia de estas ondas en el sismograma puede también a veces ser de utilidad en la primera inspección de un sismo, para ayudar a la localización del epicentro.

DATOS UTILIZADOS.

Se han examinado más de 350 sismos ocurridos durante los años 1941-1958 inclusive, y con epicentros situados de tal forma, que el recorrido de estas ondas superficiales fuese, al menos en su mayor parte, continental.

De los sismos examinados sólo se han seleccionado 80, en los que claramente aparecían fases que posiblemente fuesen las buscadas leyéndose así 145 fases distintas, que constituyen la muestra a analizar de este trabajo.

Hay que señalar, que si bien no es muy grande esta muestra, es porque sólo se han elegido aquellas fases que estaban claras en su principio y en su desarrollo, lo que da un mayor peso a estos valores; también es importante decir que la lectura de los tiempos de llegada de estas fases se ha hecho sin tener un previo conocimiento de su hora de llegada que hubiéramos podido calcular con las velocidades dadas por otros investigadores, lo que daría una menor garantía a los gráficos de distribución. Por tanto, sólo nos ha servido de guía el que habían de ser fases notables de período corto que apareciesen posteriormente a las primeras ondas lentas.

Se han desechado, por tanto, un gran número de terremotos, y las causas de no haberlos utilizado se pueden agrupar así: un 50% aproximadamente eran sismos claros, pero no se vio en ellos fase alguna identificable con las buscadas, ó se vieron poco diferenciadas, o bien si eran sismos relativamente próximos (1.000 a 3.000 Kms.) había riesgo de posible confusión con algunas de las fases reflejadas conocidas PcP,

PcS, ScS, etc. Un 30% eran sismos débiles o excesivamente violentos lo que dificultaba su examen. Un 15%, el fuerte microsismo del sismograma enmascaraba el examen, pues además a distancias medias estas fases se parecen mucho a los trenes de microsismos fuertes. Y por fin, un 5% las gráficas no ofrecían garantía por razones diversas.

Las lecturas de los 145 valores leídos (ver tabla I) se han calificado con una letra mayúscula. Siendo las fases A bien definidas en comienzo y desarrollo; las B algo menos claras y las A! excepcionalmente claras en el sismograma.

Todos los sismogramas utilizados corresponden al sismografo Wiechert de registro mecánico con componentes horizontales independientes (*) y componente vertical, cuyas constantes medias aproximadas son las del cuadro adjunto:

| Comp. | Periodo | Amortº | Desviación debida a la Fricción | Amplificación estatica |
|-------|---------|--------|---------------------------------------|---------------------------|
| Z | 2.5 | 3.5 | 0,5 mm | 1500 |
| E-W | 11.2 | 4.4 | 1.8 mm | 535 |
| N-S | 11.8 | 4.5 | 2.0 mm | 550 |

La hora en el origen y las coordenadas utilizadas para el cálculo de la distancia y de los azimutes de llegada, se han sacado casi todos de los datos suministrados por el organismo norteamericano U.S.C.G.S., salvo en algunos sismos para los que los datos han sido extraídos del anuario de la I.S.S. inglesa o de la B.C.I.S. de Strasburgo.

En la tabla final aparecen los datos agrupados por fases distintas (Rg, Lg2, Lg1, y Li) y dentro de estos grupos ordenados por distancias epicentrales respecto a Toledo. Los datos consignados son, en el orden en que están en la tabla, los siguientes: Número, fecha, carácter, tipo de fase, componente y hora de llegada, hora origen, coordenadas, distancia, azimut, velocidad, periodo y amplitud horizontal total del movimiento del suelo.

(*) Estos aparatos fueron reformados hacia 1923 por el Ingeniero D. Alfonso Rey Pastor y el instrumentista D. Luis Ramos.

Tabla 1

| Núm. | Fecha | Cart. | Fase | CHMS | Ho | Coordenadas | Δ | Az | Vel. | T | M |
|------|--------------|-------|-------|-------------|----------|------------------|----------|--------|------|------|---------|
| 1 | 28-V-1943 | A | Rg | E 00 31 50 | 00 24 06 | 48°12'N-9°E | 1.390 | 47° | 3.01 | 4.2 | 7.7 |
| 2 | 21-X-1953 | A | Rg | E 18 50 53 | 18 39 51 | 38°18'N-20°48'E | 2.135 | 87° | 3.22 | 1.0 | 1.7 |
| 3 | 10-X-1948 | A! | Rg | E 17 56 01 | 17 43 01 | 35°06'N-23°24'E | 2.480 | 94° | 3.18 | 5.0 | 1.7 |
| 4 | 20-VI-1943 | B | Rg | E 15 48 25 | 15 32 50 | 40°48'N-30°24'E | 2.890 | 77° | 3.10 | 8.0 | 5.3 |
| 5 | 12-IX-1945 | A! | Rg | E 01 15 50 | 00 51 23 | 2°36'N-15°42'E | 4.635 | 99° | 3.16 | 5.5 | 15.2 |
| 6 | 2-VII-1957 | A! | Rg | N 01 09 05 | 00 42 23 | 36°N-53°E | 4.935 | 76° | 3.08 | 8.0 | 11.0 |
| 7 | 2-VIII-1950 | B | Rg | N 14 17 57 | 13 49 55 | 15°N-39°30'E | 5.055 | 111° | 3.01 | 4.5 | 7.1 |
| 8 | 31-I-1952 | A | Rg | E 21 26 40 | 20 55 12 | 4°S-30°30'E | 6.065 | 136° | 3.21 | 6.0 | 4.8 |
| 9 | 28-II-1943 | A | Rg | E 13 28 51 | 12 54 13 | 36°18'N-71°E | 6.365 | 68° | 3.06 | 9.0 | 2.4 |
| 10 | 25-V-1949 | A | Rg | E 08 59 38 | 08 23 48 | 42°N-83°E | 6.970 | 57°,4 | 3.24 | 7.5 | 1.5 |
| 11 | 7-VIII-1958 | B | Rg | E 19 57 27 | 19 13 20 | 45°N-98°E | 7.790 | 47°,5 | 2.94 | 7.5 | 8.9 |
| 12 | 5-X-1952 | (B) | Rg | N 22 50 58 | 22 04 28 | 37°N-93°E | 7.990 | 56°,5 | 2.87 | 9.0 | 4.3 |
| 13 | 14-IX-1958 | B | Rg | E 15 03 49 | 14 21 37 | 56°30'N-120°30'E | 8.065 | — | 3.18 | 7.0 | 2.3 |
| 14 | 23-X-1943 | A | Rg | E 18 09 30 | 17 23 17 | 26°48'N-94°E | 8.755 | 64° | 3.16 | 10.0 | 5.3 |
| 15 | 29-VII-1947 | A | Rg | E 14 30 40 | 13 43 30 | 29°30'N-97°E | 8.800 | 60°,3 | 3.11 | 12.5 | 24.2 |
| 16 | 14-IV-1955 | A | Rg | N 02 17 20 | 01 28 58 | 30°N-101°30'E | 9.090 | 57°,5 | 3.13 | 11.0 | 33.5 |
| 17 | 26-IX-1947 | A | Rg | E 17 00 50 | 16 02 18 | 26°N-126°E | 11.040 | 45° | 3.15 | 9.0 | 3.9 |
| 18 | 20-IV-1950 | A | Lg2' | E 17 23 36 | 17 19 12 | 34°N-3°E | 902 | 135° | 3.42 | 3.0 | 9.7 |
| 19 | 25-I-1946 | A | Lg2' | N 17 37 32 | 17 31 45 | 46°18'N-7°30'E | 1.180 | 52°,5 | 3.40 | 3.0 | 89.0 |
| 20 | 25-I-1946 | A | Lg2' | E 17 37 32 | 17 31 45 | 46°18'N-7°30'E | 1.180 | 52°,5 | 3.40 | 2.5 | 62.6 |
| 21 | 29-VII-1954 | A! | Lg2' | E 04 48 15 | 04 42 27 | 46°18'N-7°30'E | 1.190 | 52° | 3.42 | 2.0 | 1.3 |
| 22 | 29-VII-1954 | A! | Lg2' | N 04 48 17 | 04 42 27 | 46°18'N-7°30'E | 1.190 | 52° | 3.40 | 2.5 | 2.4 |
| 23 | 19-V-1954 | A | Lg2'' | N 09 40 51 | 09 34 56 | 46°30'N-7°30'E | 1.190 | 50° | 3.35 | 3.0 | 3.0 |
| 24 | 28-V-1943 | A | Lg2'' | N 00 31 08 | 00 24 06 | 48°12'N-9°E | 1.390 | 47° | 3.29 | 2.5 | (102.0) |
| 25 | 28-V-1943 | A | Lg2'' | E 00 30 58 | 00 24 06 | 48°12'N-9°E | 1.390 | 47° | 3.38 | 3.0 | 11.6 |
| 26 | 14-III-1951 | A | Lg2' | E 09 54 05 | 09 46 55 | 51°N-7°E | 1.480 | 36° | 3.44 | 4.5 | 15.0 |
| 27 | 22-II-1953 | B | Lg2' | N 20 24 22 | 20 16 18 | 50°53'N-10°01'E | 1.645 | 43° | 3.26 | 3.5 | 4.4 |
| 28 | 4-VIII-1945 | A | Lg2'' | E 14 57 42 | 14 48 16 | 36°30'N-16°30'E | 1.835 | 97° | 3.36 | 4.0 | 1.7 |
| 29 | 27-VIII-1958 | A! | Lg2'' | E 15 27 24 | 15 16 35 | 38°N-20°30'E | 2.120 | 89° | 3.27 | 5.5 | 1.7 |
| 30 | 9-VIII-1953 | A | Lg2'' | N 07 52 02 | 07 41 05 | 38°30'N-21°E | 2.155 | 86° | 3.28 | 4.0 | 52.0 |
| 31 | 4-VI-1947 | A | Lg2' | E 00 41 36 | 00 29 48 | 39°36'N-23°42'E | 2.390 | 82°,5 | 3.38 | 5.0 | 5.0 |
| 32 | 4-VI-1947 | A! | Lg2' | E 00 41 33 | 00 29 45 | 39°30'N-24°30'E | 2.445 | 82°,5 | 3.45 | 3.0 | 3.6 |
| 33 | 4-VI-1947 | A! | Lg2'' | E 00 42 09 | 00 29 45 | 39°30'N-24°30'E | 2.445 | 82°,5 | 3.29 | 5.0 | 1.7 |
| 34 | 10-X-1948 | A! | Lg2' | N 17 55 04 | 17 43 01 | 35°06'N-23°24'E | 2.480 | 94° | 3.43 | 5.0 | 24.5 |
| 35 | 6-X-1944 | A | Lg2'' | E 02 47 48 | 02 34 36 | 39°N-27°E | 2.650 | 82° | 3.35 | 5.0 | 3.3 |
| 36 | 16-VII-1946 | A | Lg2' | E 05 39 42 | 05 26 26 | 33°48'N-25°18'E | 2.685 | 95° | 3.37 | 6.0 | 2.4 |
| 37 | 20-VI-1943 | A! | Lg2' | E 15 46 53 | 15 32 50 | 40°48'N-30°24'E | 2.890 | 77° | 3.42 | 7.5 | 10.8 |
| 38 | 7-IX-1953 | A! | Lg2' | E 04 14 02 | 03 58 57 | 41°15'N-32°45'E | 3.110 | 75° | 3.44 | 5.5 | 1.5 |
| 39 | 31-V-1946 | A | Lg2'' | E 03 32 08 | 03 12 41 | 39°18'N-41°12'E | 3.835 | 77° | 3.29 | 4.0 | 0.7 |
| 40 | 12-IX-1945 | A | Lg2'' | N 01 14 18 | 00 51 23 | 2°36'N-15°42'E | 4.635 | 99° | 3.37 | 4.5 | 12.7 |
| 41 | 4-XI-1946 | A | Lg2' | E 22 10 47 | 21 47 36 | 40°N-53°E | 4.770 | 71° | 3.43 | 6.5 | 7.0 |
| 42 | 5-X-1948 | B | Lg2'' | N 20 38 19 | 20 12 06 | 38°N-58°E | 5.255 | 72° | 3.43 | 10.3 | 55.6 |
| 43 | 11-IX-1946 | A! | Lg2' | E 10 22 36 | 09 55 34 | 0°42'S-27°48'E | 5.555 | 137° | 3.43 | 4.0 | 1.4 |
| 44 | 11-IX-1946 | A | Lg2' | N 10 22 56 | 09 55 34 | 0°42'S-27°48'E | 5.555 | 137° | 3.38 | 4.0 | 1.2 |
| 45 | 31-I-1952 | A | Lg2' | E 21 25 01 | 20 55 12 | 4°S-30°30'E | 6.065 | 136° | 3.39 | 6.0 | 7.3 |
| 46 | 9-VI-1956 | A | Lg2'' | E 23 44 59 | 23 13 51 | 35°30'N-67°30'E | 6.145 | 70° | 3.29 | 12.0 | 18.4 |
| 47 | 28-II-1943 | B | Lg2'' | E 13 26 31 | 12 54 13 | 36°18'N-71°E | 6.365 | 68° | 3.28 | 7.0 | 1.7 |
| 48 | 5-V-1958 | B | Lg2'' | NE 07 03 48 | 06 31 39 | 9°30'S-27°30'E | 6.400 | 142°,5 | 3.32 | 4.5 | 2.5 |
| 49 | 2-XI-1946 | A | Lg2' | E 18 59 49 | 18 28 24 | 41°N-76°E | 6.510 | 60°,6 | 3.46 | 6.0 | 30.0 |
| 50 | 9-III-1944 | A! | Lg2'' | E 22 47 02 | 22 13 00 | 44°N-83°E | 6.855 | 54°,5 | 3.35 | 9.0 | 35.8 |

Tabla 1: continuación

| Núm. | Fecha | Cart. | Fase | CHMS | Ho | Coordenadas | Δ | Az | Vel. | T | M |
|------|-------------|-------|-------|------------|----------|------------------|----------|-------|------|------|--------|
| 51 | 25-V-1949 | B | Lg2' | E 08 57 33 | 08 23 48 | 42°N-83°E | 6.970 | 57°,4 | 3.44 | 7.0 | 0.9 |
| 52 | 25-V-1949 | A | Lg2' | N 08 58 29 | 08 23 48 | 42°N-83°E | 6.970 | 57°,4 | 3.35 | 7.5 | 3.0 |
| 53 | 24-IV-1955 | A! | Lg2' | N 13 33 58 | 12 59 00 | 45°N-86°E | 7.010 | 52°,5 | 3.34 | 4.5 | 2.2 |
| 54 | 24-IV-1955 | A | Lg2' | E 13 33 49 | 12 59 00 | 45°N-86°E | 7.010 | 52°,5 | 3.35 | 6.0 | 1.7 |
| 55 | 24-IV-1955 | A | Lg2' | N 13 34 20 | 12 59 00 | 45°N-86°E | 7.010 | 52°,5 | 3.31 | 9.0 | 2.9 |
| 56 | 7-IV-1958 | A! | Lg2' | E 19 52 24 | 19 13 20 | 45°N-98°E | 7.790 | 47°,5 | 3.32 | 7.0 | 5.2 |
| 57 | 27-VI-1957 | A! | Lg2' | N 00 49 13 | 00 09 28 | 56°30'N-116°E | 7.890 | 31° | 3.31 | 7.0 | (21.5) |
| 58 | 14-IX-1958 | A | Lg2' | E 15 00 14 | 14 21 37 | 56°30'N-120°30'E | 8.065 | 29°,5 | 3.48 | 10.0 | 4.9 |
| 59 | 19-IV-1941 | A | Lg2' | E 08 34 07 | 07 53 41 | 39°N-97°E | 8.135 | 53° | 3.35 | 6.0 | 1.6 |
| 60 | 14-IV-1951 | A | Lg2' | E 14 14 10 | 13 32 59 | 61°N-136°E | 8.210 | 20° | 3.32 | 8.0 | 32.0 |
| 61 | 14-IV-1951 | A! | Lg2' | N 14 14 10 | 13 32 59 | 61°N-136°E | 8.210 | 20° | 3.32 | 8.0 | 7.6 |
| 62 | 29-VII-1947 | A | Lg2' | E 14 27 18 | 13 43 30 | 29°30'N-97°E | 8.800 | 60°,3 | 3.35 | 9.0 | 5.3 |
| 63 | 25-V-1948 | A | Lg2' | E 07 55 28 | 07 11 03 | 30°N-99°30'E | 8.945 | 58°,5 | 3.35 | 6.0 | 4.0 |
| 64 | 12-IX-1946 | A | Lg2' | E 16 06 25 | 15 20 30 | 23°54'N-96°12'E | 9.130 | 65° | 3.29 | 12.0 | 38.3 |
| 65 | 5-V-1941 | B | Lg2' | E 16 03 50 | 15 18 23 | 46°30'N-126°54'E | 9.245 | 32°,5 | 3.38 | 6.0 | (2.1) |
| 66 | 14-V-1954 | A | Lg2' | E 23 31 12 | 22 39 25 | 36°N-137°E | 10.665 | 32° | 3.43 | 11.0 | 3.4 |
| 67 | 26-IX-1947 | A | Lg2' | E 16 56 11 | 16 02 18 | 26°N-126°E | 11.040 | 45° | 3.42 | 9.0 | 4.0 |
| 68 | 30-VI-1948 | A! | Lg1' | E 12 30 44 | 12 21 12 | 38°30'N-20°30'E | 2.130 | 85° | 3.73 | 3.0 | 2.0 |
| 69 | 21-X-1953 | A | Lg1' | E 18 49 19 | 18 39 51 | 38°18'N-20°48'E | 2.135 | 87° | 3.75 | 3.0 | 4.5 |
| 70 | 21-X-1953 | A | Lg1' | N 18 50 53 | 18 39 51 | 38°18'N-20°48'E | 2.135 | 87° | 3.66 | 3.5 | 62.0 |
| 71 | 9-VIII-1953 | A | Lg1'' | E 07 51 13 | 07 41 05 | 38°30'N-21°E | 2.155 | 86° | 3.54 | 3.0 | 1.4 |
| 72 | 9-VIII-1953 | A! | Lg1' | N 07 50 49 | 07 41 05 | 38°30'N-21°E | 2.155 | 86° | 3.69 | 3.5 | 22.2 |
| 73 | 10-X-1948 | A! | Lg1' | E 17 54 47 | 17 43 01 | 35°6'N-23°24'E | 2.480 | 94° | 3.52 | 6.0 | 2.5 |
| 74 | 5-IV-1946 | A | Lg1'' | E 21 05 50 | 20 53 58 | 35°06'N-23°24'E | 2.480 | 95° | 3.49 | 4.0 | 1.7 |
| 75 | 7-II-1953 | A | Lg1' | E 22 42 37 | 22 31 05 | 35°N-24°30'E | 2.565 | 94° | 3.71 | 6.0 | 32.0 |
| 76 | 7-II-1953 | A | Lg1' | E 22 42 53 | 22 31 05 | 35°N-24°30'E | 2.565 | 94° | 3.62 | 4.0 | 17.5 |
| 77 | 7-IX-1945 | A! | Lg1'' | E 16 00 40 | 15 48 28 | 45°42'N-27°E | 2.600 | 66° | 3.55 | 4.0 | 2.1 |
| 78 | 25-VI-1944 | A | Lg1'' | E 04 29 36 | 04 16 18 | 39°N-29°E | 2.815 | 82°,5 | 3.53 | 6.0 | 0.8 |
| 79 | 8-VII-1948 | B | Lg1'' | E 12 50 51 | 12 34 36 | 71°N-6°W | 3.445 | -1°,5 | 3.54 | 5.5 | — |
| 80 | 4-XI-1946 | A | Lg1'' | N 22 10 01 | 21 47 36 | 40°N-53°E | 4.770 | 71° | 3.55 | 5.7 | 39.0 |
| 81 | 2-VII-1957 | A | Lg1'' | E 01 05 44 | 00 42 23 | 36°N-53°E | 4.935 | 76° | 3.52 | 14.0 | 19.0 |
| 82 | 9-VI-1956 | B | Lg1' | E 23 41 48 | 23 13 51 | 35°30'N-67°30'E | 6.145 | 70° | 3.67 | 8.0 | 4.8 |
| 83 | 9-VI-1956 | A! | Lg1'' | N 23 42 26 | 23 13 51 | 35°30'N-67°30'E | 6.145 | 70° | 3.57 | 11.0 | 55.0 |
| 84 | 10-VII-1949 | A | Lg1'' | E 04 22 39 | 03 53 35 | 39°30'N-70°30'E | 6.170 | 64°,5 | 3.54 | 7.3 | 18.0 |
| 85 | 27-IX-1944 | B | Lg1'' | E 16 55 27 | 16 25 06 | 39°N-73°N | 6.390 | 73°,5 | 3.51 | 10.5 | 3.1 |
| 86 | 15-IV-1955 | A! | Lg1' | E 04 09 54 | 03 40 52 | 40°N-74°30'E | 6.455 | 62° | 3.70 | 5.5 | 2.2 |
| 87 | 2-XI-1946 | A | Lg1' | E 18 57 14 | 18 28 24 | 41°N-76°E | 6.510 | 60°,6 | 3.63 | 8.0 | 45.0 |
| 88 | 4-IV-1950 | A! | Lg1'' | E 19 19 08 | 18 44 09 | 51°30'N-101°E | 7.530 | 41°,5 | 3.59 | 8.0 | 14.0 |
| 89 | 4-IV-1950 | A! | Lg1'' | E 19 19 19 | 18 44 09 | 51°30'N-101°E | 7.530 | 41°,5 | 3.57 | 8.0 | 4.7 |
| 90 | 27-VI-1957 | A | Lg1' | N 00 45 13 | 00 09 28 | 56°30'N-116°E | 7.890 | 31° | 3.68 | 9.0 | 42.0 |
| 91 | 14-IX-1958 | A! | Lg1' | E 14 58 06 | 14 21 37 | 56°30'N-120°30'E | 8.065 | 29°,5 | 3.68 | 9.0 | 3.5 |
| 92 | 14-IV-1951 | A | Lg1' | E 14 09 28 | 13 32 59 | 61°N-136°E | 8.210 | 20° | 3.75 | 10.0 | 9.5 |
| 93 | 31-VII-1954 | A | Lg1' | E 01 38 50 | 00 59 57 | 39°N-104°E | 8.600 | 49°,5 | 3.69 | 10.0 | 7.1 |
| 94 | 31-VII-1954 | A | Lg1' | N 01 38 58 | 00 59 57 | 39°N-104°E | 8.600 | 49°,5 | 3.67 | 8.0 | 2.2 |
| 95 | 23-X-1943 | A | Lg1' | E 18 03 11 | 17 23 17 | 26°48'N-94°E | 8.755 | 64° | 3.66 | 11.0 | 7.1 |
| 96 | 23-X-1943 | A | Lg1'' | E 18 04 08 | 17 23 17 | 26°48'N-94°E | 8.755 | 64° | 3.57 | 11.0 | 5.1 |
| 97 | 14-IV-1955 | A! | Lg1' | E 02 10 24 | 01 28 58 | 30°N-101°30'E | 9.090 | 57°,5 | 3.66 | 9.0 | 3.2 |
| 98 | 12-IX-1946 | A | Lg1' | E 16 02 16 | 15 20 30 | 23°54'N-96°12'E | 9.130 | 65° | 3.64 | 9.5 | 6.6 |
| 99 | 12-IX-1946 | A | Lg1'' | N 16 03 11 | 15 20 30 | 23°54'N-96°12'E | 9.130 | 65° | 3.56 | 11.0 | 50.0 |
| 100 | 16-VII-1956 | A | Lg1' | E 15 48 51 | 15 07 10 | 22°N-95°30'E | 9.210 | 67° | 3.68 | 8.0 | 1.2 |

Tabla 1: continuación

| Núm. | Fecha | Cart. | Fase | CHMS | Ho | Coordenadas | Δ | Az | Vel. | T | M |
|------|--------------|-------|-------|-------------|----------|------------------|----------|-------|------|------|-------|
| 101 | 16-VII-1956 | A | Lgl'' | N 15 50 48 | 15 07 10 | 22°N-95°30'E | 9.210 | 67° | 3.52 | 9.0 | 1.6 |
| 102 | 18-VIII-1944 | B | Lgl' | E 11 20 30 | 10 33 24 | 38°N-140°E | 10.580 | 28°,6 | 3.74 | 9.0 | 2.9 |
| 103 | 28-VI-1948 | A | Lgl' | E 08 02 23 | 07 13 30 | 36°N-136°30'E | 10.660 | 32°,5 | 3.64 | 11.0 | 7.9 |
| 104 | 14-V-1954 | B | Lgl'' | E 23 29 49 | 22 39 25 | 36°N-137°E | 10.665 | 32° | 3.53 | 8.0 | 2.0 |
| 105 | 1-VIII-1945 | B | Lgl' | E 23 13 24 | 22 23 16 | 24°N-122°E | 10.965 | 48°,5 | 3.64 | 10.0 | 1.5 |
| 106 | 7-XII-1944 | A! | Lgl'' | N 05 27 58 | 04 35 42 | 33°N-137°E | 10.980 | 33° | 3.50 | 11.0 | 38.0 |
| 107 | 24-XI-1951 | A | Lgl'' | N 19 41 19 | 18 50 19 | 23°N-121°30'E | 11.000 | 49°,2 | 3.59 | 8.0 | 11.8 |
| 108 | 24-XI-1951 | A | Lgl' | E 19 39 15 | 18 50 19 | 23°N-121°30'E | 11.000 | 49°,2 | 3.75 | 7.0 | 3.0 |
| 109 | 24-XI-1951 | A | Lgl'' | E 19 42 11 | 18 50 19 | 23°N-121°30'E | 11.000 | 49°,2 | 3.54 | 10.0 | 12.0 |
| 110 | 21-III-1942 | A | Lgl' | E 23 49 52 | 23 20 48 | 30°N-132°E | 11.000 | 38°,5 | 3.69 | 9.0 | 1.2 |
| 111 | 21-III-1942 | A! | Lgl'' | E 00 11 38 | 23.20 48 | 30°N-132°E | 11.000 | 38°,5 | 3.61 | 8.0 | 52.5 |
| 112 | 21-III-1942 | A! | Lgl'' | N 00 12 10 | 23 20 48 | 30°N-132°E | 11.000 | 38°,5 | 3.57 | 8.0 | 1.2 |
| 113 | 11-III-1958 | A | Lgl'' | N 01 17 48 | 00 25 56 | 25°30'N-125°E | 11.010 | 46° | 3.54 | 9.5 | 6.5 |
| 114 | 11-III-1958 | B | Lgl'' | E 01 17 16 | 00 25 56 | 25°30'N-125°E | 11.010 | 46° | 3.58 | 11.5 | 7.3 |
| 115 | 5-VI-1951 | A! | Lgl' | E 17 47 37 | 16 57 47 | 30°N-132°E | 11.010 | 38°,5 | 3.68 | 8.0 | 1.2 |
| 116 | 5-VI-1951 | A! | Lgl'' | E 17 48 41 | 16 57 47 | 30°N-132°E | 11.010 | 38°,5 | 3.61 | 8.0 | 20.0 |
| 117 | 5-VI-1951 | A | Lgl'' | N 17 49 08 | 16 57 47 | 30°N-132°E | 11.010 | 38°,5 | 3.57 | 8.0 | 16.0 |
| 118 | 26-IX-1947 | B | Lgl'' | N 16 53 23 | 16 02 18 | 26°N-126°E | 11.040 | 45° | 3.60 | 9.0 | 5.0 |
| 119 | 26-IX-1947 | A | Lgl'' | E 16 55 03 | 16 02 18 | 26°N-126°E | 11.040 | 45° | 3.49 | 9.0 | 5.0 |
| 120 | 4-VI-1947 | A | Li | E 00 40 13 | 00 29 45 | 39°30'N-24°30'E | 2.445 | 82°,5 | 3.89 | 3.5 | 3.6 |
| 121 | 5-IV-1946 | A | Li | N 21 04 50 | 20 53 58 | 35°06'N-23°24'E | 2.480 | 95° | 3.81 | 3.0 | 26.8 |
| 122 | 6-X-1944 | A! | Li | E 02 46 12 | 02 34 36 | 39°N-27°E | 2.650 | 82° | 3.81 | 5.0 | 17.0 |
| 123 | 6-X-1944 | A! | Li | N 02 46 22 | 02 34 36 | 39°N-27°E | 2.650 | 82° | 3.76 | 7.0 | 79.0 |
| 124 | 16-VII-1946 | A! | Li | N 05 38 11 | 05 26 26 | 33°48'N-25°18'E | 2.685 | 95° | 3.81 | 6.0 | 28.3 |
| 125 | 25-VI-1944 | B | Li | N 04 28 45 | 04 16 18 | 39°N-29°E | 2.815 | 82°,5 | 3.77 | 4.5 | 15.2 |
| 126 | 6-VI-1951 | A | Li | E 16 26 02 | 16 10 52 | 71°30'N-8°E | 3.500 | -2° | 3.85 | 5.0 | 96.0 |
| 127 | 2-VIII-1950 | B | Li | N 14 12 14 | 13 49 55 | 15°N-39°30'E | 5.055 | 111° | 3.78 | 5.0 | 8.3 |
| 128 | 23-IX-1947 | A | Li | N 12 52 15 | 12 28 10 | 33°3'N-58°7'E | 5.540 | 77° | 3.84 | 5.5 | 19.5 |
| 129 | 9-VI-1956 | A | Li | N 23 40 11 | 23 13 51 | 35°30'N-67°30'E | 6.140 | 70° | 3.89 | 7.5 | 6.2 |
| 130 | 19-X-1954 | A | Li | N 23 40 12 | 23 13 51 | 35°30'N-67°30'E | 6.145 | 70° | 3.88 | 7.5 | 15.8 |
| 131 | 4-III-1949 | B | Li | E 10 46 45 | 10 19 25 | 37°N-70°E | 6.260 | 68° | 3.82 | 10.0 | 35.7 |
| 132 | 27-IX-1944 | A | Li | N 16 52 45 | 16 25 06 | 39°N-73°E | 6.390 | 73°,5 | 3.85 | 10.2 | 9.7 |
| 133 | 27-IX-1944 | B | Li | E 16 53 10 | 16 25 06 | 39°N-73°E | 6.390 | 73°,5 | 3.80 | 7.0 | 1.8 |
| 134 | 9-III-1944 | A! | Li | E 22 42 23 | 22 13 00 | 44°N-83°E | 6.855 | 54°,5 | 3.89 | 7.5 | 5.9 |
| 135 | 4-IV-1950 | A | Li | E 19 16 47 | 18 44 09 | 51°30'N-101°E | 7.530 | 41°,5 | 3.84 | 10.0 | 5.9 |
| 136 | 27-VI-1957 | B | Li | E 00 43 07 | 00 09 28 | 56°30'N-116°E | 7.890 | 31° | 3.91 | 6.0 | (9.0) |
| 137 | 14-IX-1958 | A | Li | E 14 56 32 | 14 21 37 | 56°30'N-120°30'E | 8.065 | 29°,5 | 3.85 | 9.0 | 1.8 |
| 138 | 31-VII-1954 | A | Li | E 01 37 28 | 00 59 57 | 39°N-104°E | 8.600 | 49°,5 | 3.82 | 9.0 | 3.9 |
| 139 | 23-X-1943 | A! | Li | E 18 01 11 | 17 23 17 | 26°48'N-94°E | 8.755 | 64° | 3.85 | 9.0 | 34.5 |
| 140 | 23-X-1943 | A! | Li | N 18 00 56 | 17 23 17 | 26°48'N-94°E | 8.755 | 64° | 3.87 | 8.0 | 7.3 |
| 141 | 29-VII-1947 | A | Li | E 14 21 28 | 13 43 30 | 29°30'N-97°E | 8.800 | 60°,3 | 3.86 | 10.0 | 7.9 |
| 142 | 25-V-1948 | A | Li | EN 07 49 10 | 07 11 03 | 30°N-99°30'E | 8.945 | 58°,5 | 3.91 | 6.0 | 1.8 |
| 143 | 16-VII-1956 | A | Li | N 15 47 10 | 15 07 10 | 22°N-95°30'E | 9.210 | 67° | 3.84 | 0.6 | 0.9 |
| 144 | 23-IX-1944 | B | Li | E 12 54 45 | 12 13 19 | 53°48'N-161°12'E | 9.490 | 9°,2 | 3.81 | 8.0 | 14.3 |
| 145 | 8-X-1950 | A! | Li | N 04 23 11 | 03 23 07 | 4°S-128°E | 13.735 | 63° | 3.81 | 11.0 | 7.9 |

PROPIEDADES DE LAS ONDAS Lg, Rg y Li

Velocidades.

Para determinar la velocidad de grupo de las fases Lg, Rg, Li, se ha dividido para cada fase encontrada el valor de la distancia epicentral del sismo por el tiempo de recorrido ($H-H_0$) obteniendo la velocidad en Km/seg. Para la determinación de la distancia (Δ) se han utilizado unas tablas de cuatro entradas — calculadas en este Observatorio que dan las distancias en función de las coordenadas de Toledo y del epicentro, siendo por tanto, más precisas que los ábacos que se suelen utilizar; pudiendo considerar el error cometido en Δ como debido únicamente al que tengan las coordenadas del epicentro, que le podemos considerar inferior al 2% en las mayores distancias registradas. Y considerando un error de 15 segundos, improbable, en la hora en el origen lo que represente un error relativo $< 1\%$ tenemos para las velocidades un error relativo $< 2\%$, claramente inferior por tanto a 0,10 Kms/seg. lo que da una buena garantía a los grupos que se destacan en los gráficos de frecuencias de las velocidades (figuras 1a, 1b y 1c).

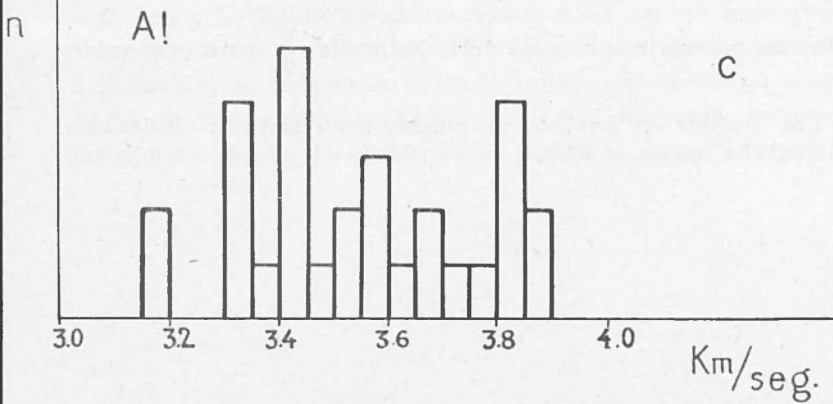
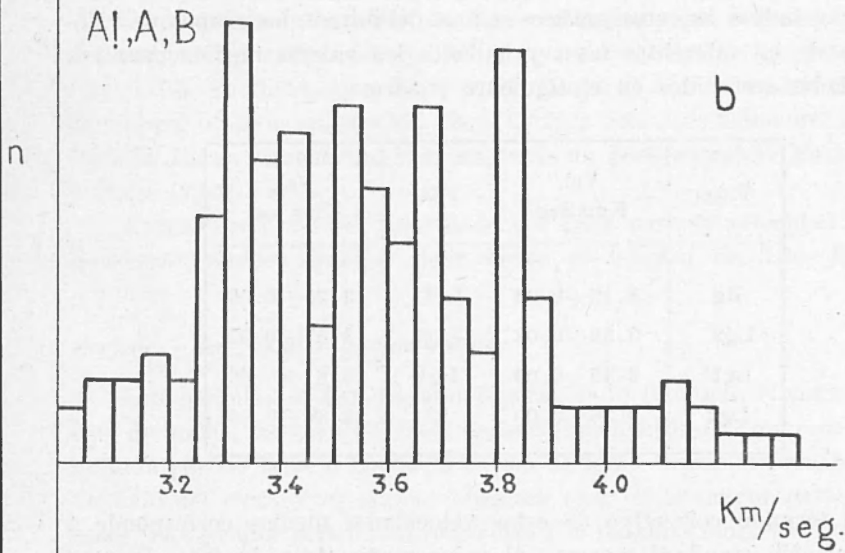
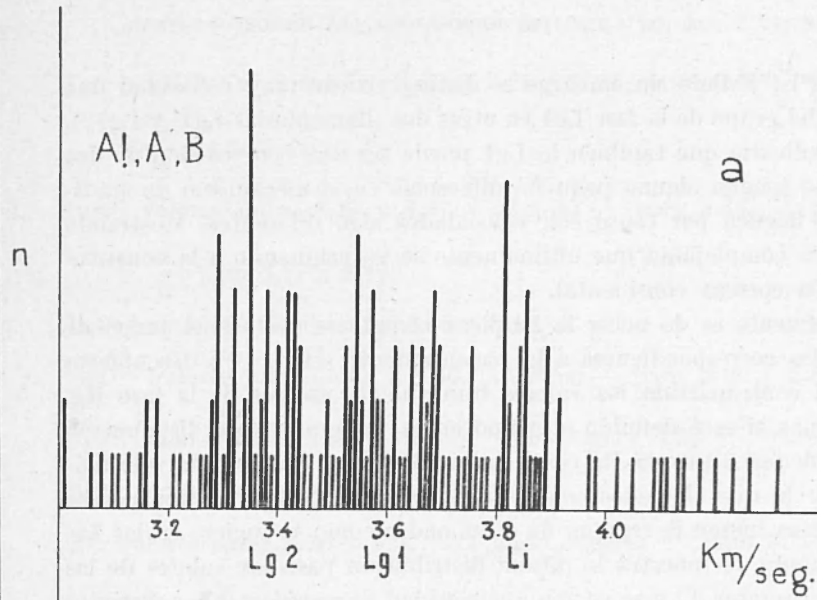
Es una característica de estas ondas su clara emersión, posterior, naturalmente, a las ondas Love, ya que tienen menor velocidad. Lo más frecuente es que aparezcan superpuestas a dichas ondas Love y a las Rayleigh pero distinguiéndose bien por ser de periodo mucho menor que éstas. A veces las superan en amplitud. Hemos observado también, que su mayor claridad corresponde a registros de sismos de mediana intensidad.

En la figura 1a se encuentran todos los valores observados tomando las velocidades en Km/seg. en el eje de abscisas y como ordenadas la frecuencia (n) de cada valor. Claramente se distinguen 3 grupos que corresponden a las tres fases: Lg2 (velocidades entre 3.25-3.48), Lg1 (velocidades entre 3.48-3.72) y Li (velocidades entre 3.72-3.95).

Las Lg1 y Lg2 constituyen un desdoblamiento de la fase Lg ya observado por Båth y Gutenberg y de nuevo claramente comprobado aquí. Agrupados estos valores en intervalos mayores y de diversa forma no ha dejado en ningún caso de manifestarse la presencia de estos tres máximos ya señalados.

Si agrupamos en esta gráfica las velocidades en intervalos de 0.05 Km/seg. parece observarse (figura 1b) un nuevo desdoblamiento de la Lg en dos Lg2' y Lg2'', menos acusado ciertamente que en el trabajo

Figura 1.- Distribución de frecuencias de las velocidades.



de Bath ⁽³⁾ (*). Pero sin embargo se distinguen con mayor claridad una división del grupo de la fase Lg1 en otras dos (llamémoslas Lg1' y Lg1''), lo cual indicaría que también la Lg1 puede ser una composición de dos ondas que tengan alguna pequeña diferencia en el mecanismo de transmisión y lleguen por tanto con velocidades algo diferentes. Mostrando con ello la complejidad que ultimamente se va asignando a la constitución de la corteza continental.

Finalmente es de notar la limpieza con que se destaca el grupo de velocidades correspondientes a la recientemente (1957, ⁽¹⁰⁾) descubierta Li. Y en contrapartida los valores francamente escasos de la fase Rg, pues apenas si está definido el grupo en esas gráficas de distribución de velocidades. Tanto la Rg como la Li no acusan más que un solo máximo, por lo que al menos con los datos aquí reunidos no cabe pensar en que éstas fuesen la reunión de otras ondas como se sugiere en las Lg.

La figura 1c muestra la misma distribución para los valores de las fases con carácter A! y se ve con qué claridad se manifiestan los distintos tipos de ondas y sus supuestos desdoblamientos.

Apoyándose en estos gráficos se han delimitado los grupos de velocidades de las diferentes fases y hallados los valores medios para sus velocidades resumidos en el siguiente cuadro.

| Fase | Vel. Kms/seg. | Fase | Vel. Kms/seg. |
|-------|------------------|-------|------------------|
| Rg | 3.15 ± 0.05 | Lg1'' | 3.55 ± 0.03 |
| Lg2'' | 3.32 ± 0.03 | Lg1' | 3.67 ± 0.03 |
| Lg1' | 3.42 ± 0.03 | Lg1 | 3.61 ± 0.09 |
| Lg2 | 3.36 ± 0.09 | Li | 3.84 ± 0.05 |

El término correctivo de estas velocidades medias corresponde a la desviación standard respecto al valor medio de cada fase. Para el cómputo de estas velocidades se han considerado las siguientes subdivisiones:

Rg: todos los valores menores de 3.24. Tomando $\frac{n}{2}$ para este valor.

(*) Los números en corchetes se refieren a los trabajos consignados en la Bibliografía inserta al final.

Lg2'': valores comprendidos entre 3.25 y 3.36, y además $\frac{n}{2}$ para 3.37 y $\frac{n}{4}$ para 3.38.

Lg2': valores entre 3.39 y 3.47 y además $\frac{n}{8}$ para 3.35, $\frac{n}{4}$ para 3.36 y $\frac{n}{2}$ para 3.37 y 3.49.

Lg2: todos los valores entre 3.25 y 3.48.

Lg1'': valores entre 3.50 y 3.60. Además $\frac{n}{2}$ para 3.48 y 3.61.

Lg1': valores entre 3.62 y 3.74, $\frac{n}{2}$ para 3.61 y 3.74 y $\frac{n}{4}$ para 3.75.

Lg1: todos los valores entre 3.49 y 3.73.

Li: valores entre 3.78 y 3.92. Tomando además $\frac{n}{8}$ para 3.75, $\frac{n}{4}$ para 3.76 y $\frac{n}{2}$ para 3.77.

Comparando los valores de las velocidades aquí halladas con los determinados por otros autores, se observa para la Lg1 un ligero aumento respecto a los dados por Bath (3.54), Press (3.51) Lehmann (3.57) y Gutenberg (3.58); en cambio para la Lg2 son sensiblemente iguales. Para la Rg se obtiene también un valor un poco superior: Bath (3,07) y Press (3,05).

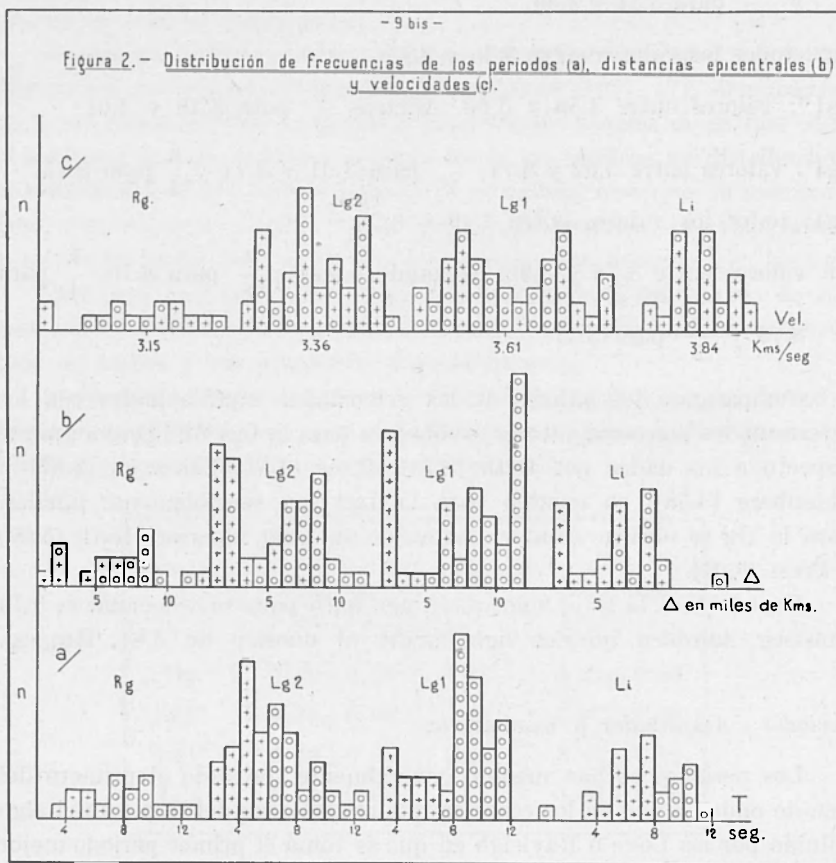
En cuanto a la Li el valor dado por Bath para su velocidad es 3.79 Kms/seg. también inferior ligeramente al nuestro de 3,84 Km/seg.

Periodos - Amplitudes y movimiento.

Los periodos se han medido generalmente tomando el primero del tren de ondas, salvo en los casos en que el comienzo del tren estaba algo influido por las Love o Rayleigh en que se tomó el primer periodo mejor definido del tren. Y es curioso observar que, en la mayor parte de los casos, este primer periodo correspondía a la máxima amplitud del grupo de ondas estudiado.

A la vista de las gráficas de distribución de los periodos de las Rg, Lg2, Lg1 y Li (figura 2a) cabría pensar si los dos máximos que parecen verse en las Lg1 a ambos lados del valor $T = 8^s$ (como siempre las ordenadas son las frecuencias de cada valor) eran debidos a la existencia de las dos fases apuntadas Lg1' y Lg1'' o a una posible influencia de la distribución de las distancias de los sismos.

Para discriminar ésto, se ha hecho para cada fase de las citadas una distribución de distancias y otra nueva distribución de velocidades (figura 2b y c). Se ha dividido la distribución de periodos de cada fase en dos grupos mas o menos diferenciados a ambos lados de un valor elegido, y se ha ido rellenando el interior de las gráficas de periodos,



distancias y velocidades con un circuito si el periodo corresponde a la derecha de las subdivisiones hechas y una cruz si está a la izquierda.

Observando después la distribución que toman los círculos y las cruces, en los gráficos de frecuencias de velocidades y distancias (figuras 2b, 2c), saltan a la vista la estrecha relación existente entre la distribución de las distancias y la de los periodos, viéndose una clara correspondencia entre los valores grandes o pequeños de las distancias con los

grandes o pequeños de las distancias con los grandes y pequeños de los periodos respectivamente.

No parecen pues ser comparables los valores medios de los periodos calculados por distintos investigadores para estas ondas, ya que su menor o mayor valor dependerá de como han aparecido distribuidas las distancias en los sismos que haya utilizado para el estudio, o lo que es lo mismo de la situación del Observatorio respecto a las zonas sísmicas que pueden dar trayectos continentales. Pero aun así se coincide en ser ondas de periodo corto (inferior generalmente a 10 seg. aun en distancias largas) lo que ya las destaca notablemente de las ondas Love y Rayleigh sobre las que aparecen superpuestas.

Los valores medios calculados por nosotros han sido de:

| | | | |
|----------|------|----|-----------------|
| 7.5 seg. | para | Rg | ($n = 17$) |
| 6.0 | » | » | L2 ($n = 50$) |
| 8.0 | » | » | L1 ($n = 52$) |
| 7.2 | » | » | Li ($n = 26$) |

De la figura 2c y observando la distribución arbitraria que han tomado los círculos y las cruces deducimos que los periodos y las velocidades no están relacionados, al menos en esta primera comparación. En la Lg1 por ejemplo, en cuya distribución de velocidades (fig. 2c) vuelve a manifestarse el desdoblamiento Lg1' y Lg1'', no se observa relación ninguna con el desdoblamiento que también se aprecia de sus correspondientes periodos (fig. 2b). Sin embargo se ve estrecha relación de estos dos máximos con los de la distribución de sus distancias.

Utilizando solamente las fases de carácter A! en las que el tren de ondas está bien desarrollado hemos medido los sucesivos periodos de cada tren de ondas, con objeto de ver si existía dispersión en las ondas Rg, Lg y Li aquí consideradas.

Como es sabido la dispersión, que en el sismograma se manifiesta por la disminución o aumento de los periodos del principio al fin del tren de ondas, se debe a la existencia de una función que ligue el periodo con la velocidad (o con la longitud de onda, es lo mismo). Este fenómeno se observa claramente en los trenes de ondas Love donde vemos que las ondas que llegan antes (mayor velocidad) son las de mayor periodo; diríamos entonces que tenían dispersión positiva o normal. El estudio de la dispersión de ciertos tipos de ondas sísmicas, constituye uno de los medios eficaces para investigar sobre ciertas características y constantes elásticas del interior de la Tierra.

Para estas ondas los datos que hemos obtenido nosotros indican muy poca dispersión en los tres tipos.

La Li tiene en varios casos una pequeña dispersión positiva pero en general carece de ella.

De la Lg, análogamente nada puede afirmarse en concreto pues hay también casos sin dispersión, la mayor parte, otros con dispersión negativa y algunos, con una ligera dispersión positiva.

En cuanto a la Rg tampoco puede aventurarse nada en parte debido al escaso número de valores de esta fase. Bath en su trabajo (1954) cotejó las curvas teóricas de dispersión de Haskell con una curva obtenida por él de un buen registro de Rg, observando que coincidía bastante bien con una de aquellas curvas, precisamente la que, entre las hipótesis teóricas de que partía, suponía la existencia de un canal de bajas velocidades en la corteza terrestre.

Esta carencia o escasez de dispersión de las Lg y Li está en coincidencia con los estudios anteriores que sobre estas fases han hecho otros autores, si bien algunos han indicado una cierta dispersión negativa en élías.

Con objeto de ver como varían las amplitudes con los periodos, hemos tomado en unos ejes coordenados los periodos como abscisas y las amplitudes del movimiento del suelo en micrones como ordenadas, y se han situado todos los valores de la Tabla I. A la vista de la distribución de los puntos se observa un débil aumento de las amplitudes al hacerlo los periodos en la Rg. Lo mismo ocurre pero en forma más definida y clara para la Lg1. Sin embargo para la Lg2 no se define ninguna clara variación de amplitudes con los periodos. Y en cuanto a la Li parece encontrarse un ligero aumento de amplitud en los periodos centrales (6-8 seg.) y una disminución a ambos lados de estos valores.

Ya hemos mencionado los escasos valores que hemos encontrado de Rg en relación con la Lg, que es la fase que ha aparecido con más frecuencia. Esto contrasta con el trabajo de Bath que encontró un número parecido de fases Rg y Lg, y además con su afirmación de que para magnitudes mayores que 5 pasaba más energía a las Rg que a las Lg, con lo que las primeras podrían verse, por tanto más claras. Probablemente se deba esto a que la Rg tiene una emergencia menos típica que la Lg y por ello se nos hayan pasado algunas en el análisis de sismogramas, pues como se dijo se buscaban las fases sin el conocimiento previo de donde debían sahr para que el estudio ganase en veracidad.

El periodo de los sismógrafos Wiechert aquí utilizados no es exactamente el idóneo para el registro de estos tipos de ondas, ya que es

algo grande. No obstante se han obtenido buenos registros, especialmente de las Lg, como puede apreciarse en los ejemplos seleccionados, (figura A, al final del trabajo).

Se observa que los periodos aqui determinados son algo superiores a los obtenidos por otros observadores, sobre todo los dados por Press y Ewing y por Lehmann; pero ya se ha indicado la influencia de la distancia en el periodo de estas ondas, y aquí hemos utilizado distancia mayores que las de los citados investigadores, que rara vez eran superiores a 40°. Tambien, como es natural, influyen las características específicas de cada sismógrafo, como ya observó Lehmann en el estudio que hizo ⁽¹¹⁾ de cómo se han registrado las Lg en los sismógrafos de Norteamérica.

Con objeto de dar una idea de la energía con que se han registrado estas fases en el Observatorio de Toledo, hemos medido las amplitudes de cada una de ellas. Como se sabe la energía, a igualdad de periodos, es proporcional al cuadrado de las amplitudes, por lo que la medición de éstas puede dar una idea aproximada de la energía de las ondas.

Tomando en cuenta la semejanza de los periodos de los tres tipos estudiados, se han hecho pues algunas comparaciones. En muchos sistemas coexisten las distintas ondas en una misma componente. Utilizado solo estos casos se han calculado los cocientes de amplitudes en milímetros: $\frac{A(Lg)}{A(Rg)}$, $\frac{A(Lg1)}{A(Lg2)}$, $\frac{A(Lg)}{A(Li)}$ para cada uno de estos sismos; obteniéndose una serie de cocientes cuyos promedios dan a las razones antedichas los valores: 1.16, 0.7 y 2.16 respectivamente. La uniformidad de los valores que se han utilizado para hallar estos promedios nos permite indicar que al menos nuestros sismógrafos acusan una mayor energía en las Lg que en las Rg, en las Lg1 que en las Lg2 en las Lg que en las Li.

Podemos hacer una nueva comparación pasando a amplitudes totales horizontales del suelo, pues como se verá la mayor parte de la energía de estas ondas es del tipo SH y por tanto es poco lo que se desprecia al no considerar la componente vertical. Para ello hemos deducido las amplitudes totales del verdadero movimiento del suelo, partiendo de la amplitud de cada componente y del azimut de llegada de la onda; despreciando aquellos valores, que dada la amplitud de una componente, resultaba la amplitud total grandemente afectada por una pequeña variación del azimut.

Con estos valores hemos calculado nuevamente los cocientes $\frac{A(Lg)}{A(Rg)}$, $\frac{A(Lg1)}{A(Lg2)}$, $\frac{A(Lg)}{A(Li)}$ (ahora expresados en micrones) y sus promedios han

sido: 1.24, 1.58 y 1.73. Los valores que han dado estos promedios han sido casi todos mayores que la unidad para la primera y tercera razón, no así para la $\frac{A(Lg1)}{A(Lg2)}$, que son bastante heterogéneos por lo que no ofrece garantía el citado promedio.

De estas dos comparaciones parece deducirse que la fase Lg lleva una mayor energía que las Rg y que la Li. Pero nada puede asegurarse en la comparación de la Lg1 con Lg2. En este cálculo de razones queda eliminada la influencia que en las amplitudes tuviese la distancia pues como se dijo se comparan fases de un mismo sismo. Pero como Bath comprobó, aun influyen en las razones entre las energías de las diferentes fases la magnitud del sismo y la profundidad hipocentral; influencias estas que aquí no han sido consideradas.

En cuanto al tipo de movimiento de estas ondas Rg, Lg y Li, se ha estudiado en el plano horizontal para los valores con carácter Δ !. Y para las ondas Lg y Li se ha encontrado ser este movimiento transversal (o sea del tipo de las S) con una gran componente SH, ya que el ángulo sobre el plano horizontal entre las proyecciones del azimut y del vector movimiento oscila entre 70° y 120°. Para la Rg los pocos casos en que se ha podido estudiar han dado entre dichas proyecciones ángulos pequeños, por lo que parece que el movimiento es longitudinal en el plano horizontal.

Esto comprueba, pues, la idea que sobre el movimiento de estas ondas se tiene. Es decir que las primeras Lg y Li tienen un movimiento transversal principalmente del tipo SH, aunque a veces se aprecian pequeñas amplitudes en el sismógrafo vertical debidas a la existencia de una débil componente SV.

Nosotros concretamente en casi ningún sismo hemos visto aparecer estas ondas en la componente Z. Aunque desde luego el pequeño periodo de nuestro, sismógrafo vertical no es el apropiado para el buen registro de ellas.

En cuanto a la Rg, Bath comprobó, basándose en lo que también hemos comprobado nosotros que es un movimiento longitudinal en el plano horizontal, que la partícula del suelo se movía describiendo una elipse retrógrada, es decir exactamente igual que el ya conocido movimiento de las ondas superficiales Rayleigh. Por eso las Rg se ven con mayor frecuencia en los registros verticales que las otras dos.

Mecanismo.

El hecho de que bajo los océanos la capa granítica no exista y la capa intermedia tenga solo un espesor de unos 5 kms, hace pensar que

son estas capas de la corteza las responsables de la transmisión de las fases Lg, Li y Rg. Máxime que bajo la capa de Mohorovicic no existe diferencia del mar al continente en cuanto a transmisión de ondas se refiere.

No está claro del todo cual es el mecanismo de transmisión de estas ondas, y esta dificultad se centra principalmente en lo siguiente: El espesor de la corteza es aproximadamente del mismo orden que la longitud de onda de estas fases (25 a 40 kms) por lo que si fueran las causantes de la propagación las capas mas profundas de la corteza o de por bajo de élla, no se explicaria el hecho de que cesen de verse estas fases al disminuir el espesor de la corteza en los oceanos. Y por otro lado, si fueran ondas superficiales internas que se engendrassen en capas de discontinuidad por encima de la de Mohorovicic es muy improbable que las citadas capas se mantuviesen a lo largo de distancias tan grandes como hemos registrado en estas ondas.

Ewing y Press observaron la analogia de los registros de las Lg superpuestas a las ondas Love con los que se obtenian de explosiones submarinas. Estos ofrecían un aspecto análogo. Una onda de corto periodo con dispersión negativa (engendada por reflexión en la superficie del agua y en el fondo) se superponía a otra onda del suelo submarino de gran periodo y con dispersión positiva. Había muchas analogías y se tenia muy bien estudiado este tipo de ondas en el agua, guiadas sobre el soporte de una onda del suelo. Pero luego se vieron ciertos desacuerdos que llevaron a desechar la hipótesis. Entre ellos que las Lg perduran a veces, cuando las ondas Love ya se han extinguido, después de pasar por el máximo de amplitud, cosa que no sucedia en las ondas antedichas. Y tambien el hecho de no ver en las Lg una muy clara dispersión negativa (típica de las ondas en el agua) que nosotros tambien hemos apuntado, al hablar de los periodos y de medidas hechas de dispersión.

Tampoco parecen tener su causa en interferencias de los tipos conocidos de ondas superficiales Rayleigh y Love, según se deduce de las razones observadas por Bath en su trabajo citado (1954) rebatiendo la opinión de que fueran ondas Love de corto periodo con uno o mas planos nodales.

La mas reciente teoría y mejor argumentada es que sean ondas «guiadas» transmitidas por algunos canales de baja velocidad existentes entre la superficie de la Tierra y la capa de Mohorovicic. Esta es la idea que sobre el mecanismo de transmisión han descrito detalladamente en sendos trabajos Bath y Gutenberg. Y ambos suponen la existencia de estos canales.

Entre las perturbaciones que se pueden transmitir a través de un cuerpo elástico se llaman ondas « guiadas » a ciertos tipos de ondas que se propagan en medios formados de estratos horizontales en los que solo se nota cambio de propiedades en sentido vertical pero no en el horizontal. Y ocurre que en ciertos niveles la energía de las ondas se concentra transmitiéndose mejor que en niveles adyacentes, debido ésto a la forma de la función que liga la coordenada vertical con las propiedades elásticas del medio considerado. Las proximidades de este nivel crítico constituye un canal y la onda transmitida por él una onda canal.

La velocidad de una onda al transmitirse por uno de estos canales depende de las constantes elásticas del canal y de las zonas colindantes. Y recíprocamente una capa de bajas velocidades en un medio (que tendrá por tanto unas constantes elásticas distintas del resto) puede comportarse como un canal sobre el que se transmitan ciertas ondas canales.

Estos canales de baja velocidad ya se han observado en los océanos y en la atmósfera.

A través de un canal oceánico, situado a unos 700 m bajo la superficie del agua en bajas latitudes y a unos 300 m en las altas, se transmite la onda T que como se dijo es una onda longitudinal semejante a una onda sonora que se transmitiera por el agua pues tiene además su misma velocidad, como comprobaron Ewing, Press y Worzel para el Pacífico y Bath para el Ártico.

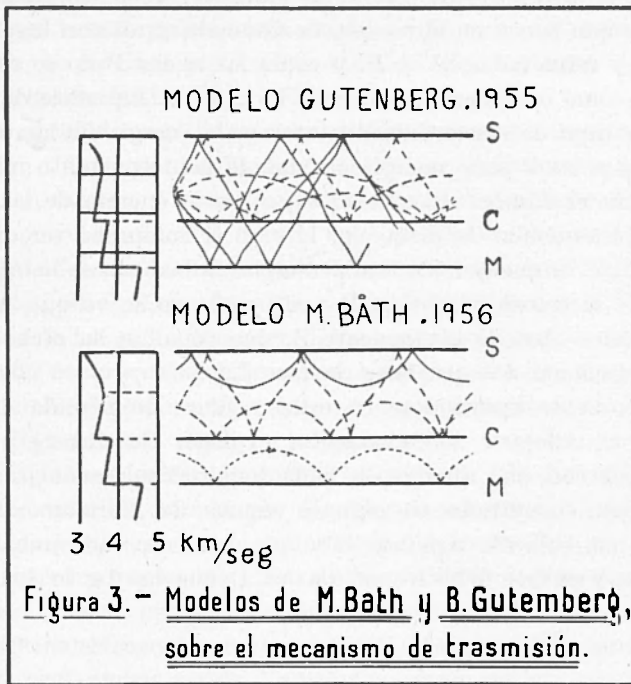
En sismología los más significados son los canales que existen entre dos capas de discontinuidad tales como la superficie terrestre y la capa de Mohorovicic.

Pero el problema de las ondas canales a través de la corteza es más complicado que estas de los océanos y la atmósfera, pues son varios los canales que pueden existir en la corteza y transmitirse en ellos a la vez ondas longitudinales y transversales.

No hay pues una teoría definida del modo de propagación de estas ondas, pero Gutenberg y Bath han ideado ciertos modelos que aunque algo diferentes explican bien un posible mecanismo para la transmisión de las ondas Lg y Li.

Ambos parten de la existencia de dos canales de baja velocidad, descubiertos principalmente por Gutenberg (1955) en un estudio sobre velocidad de las ondas en la corteza y situados uno en la capa granítica teniendo por frontera inferior la capa de discontinuidad de Conrad y otro en la zona intermedia con frontera inferior en la capa de Mohorovicic.

En la Figura 3 se ven los dos modelos propuestos por los citados autores donde los posibles tipos de ondas están señalados: por una línea llena la Lg1, por una línea de trazos la Lg2 y por una línea de puntos la Li. En el lado izquierdo se ha dibujado la correspondiente curva de velocidades en la corteza según los trabajos citados de Gutenberg y en ella se ven las zonas de baja velocidad citadas.



El modelo de Bath incluye la nueva fase Li, señalándose como una onda que se transmite sin utilizar la capa granítica. Parece raro, y ya lo observó él, que existiendo la capa intermedia, aunque de poco espesor en el fondo de los océanos solo se transmite esta fase por áreas continentales y apuntaba la conveniencia de ver si se encontraba esta fase también en caminos oceánicos.

Nosotros hemos comprobado que salvo algunos notables casos (Tabla I, núm. 121, 124, 126, 144, 145) la fase Li aparece solo en caminos de tipo continental y con preferencia montañoso, por lo que deducimos que la citada fase pierde rápidamente energía bajo los océanos, debido o bien al poco espesor en ellos de la capa intermedia o a que intervenga también en su mecanismo la capa granítica que como se ha dicho es

allí inexistente. Y además hemos de senalar que igual que para las L_1 , existen algunas excepciones de fases L_g (Nums. 28, 34, 73 y 79) que aparecen claras en trayectos con alguna parte aparentemente oceánica.

La fase L_{g1} la conciben de distinta forma como puede verse en sus modelos. Bath considera el modelo de Gutenberg como menos probable al suyo indicando que las L_{g1} son ondas con una gran componente SH pero tambien con parte de SV. Y las ondas SV al atravesar la capa de Conrad, lo que hacen en el modelo de Gutenberg, darían lugar a ondas reflejadas y refractadas SV y P, y como las ondas P no se reflejan totalmente (como ondas exclusivamente P) ni en la superficie de la Tierra ni en otra capa de discontinuidad interna, la energía de las ondas L_{g1} que pasará a las P sería energía en vías de perderse, tanto mas cuanto mayor fuera el número de reflexiones; o sea la energía de las L_{g1} disminuiría al aumentar la distancia, lo cual él comprobó ser distinto de la realidad. Y, lo que es más, tambien en las reflexiones se habría perdido energía SV al transformarse en P y sin embargo se ve que en algunos sismos lejanos clara la componente Z, que como se ha dicho proviene de la componente SV que tiene la fase L_g .

Precisamente apoyándose en estas razones de pérdida de energía de las P al reflejarse sucesivamente, explican Gutenberg y Press⁽⁹⁾ la debilidad con que aparece la onda longitudinal, análoga a las L_g que ellos han encontrado en algunos sismos de Norteamérica y que han dado en llamarla π_g ; fase ésta que sale esporádicamente, no es muy clara, y es mas débil respecto a las P que las L_g lo son respecto a las S.

Nosotros utilizando solo los sismos en que coexisten L_{g1} y L_{g2} hemos calculado los cocientes $\frac{A(L_{g1})}{A(L_{g2})}$ entre las amplitudes totales del movimiento horizontal del suelo para ambas fases y después los hemos separado en dos grupos según que los sismos estén a una distancia epicentral menor o mayor de 6.000 Kms. Así hemos encontrado que el valor promedio de la citada razón para las distancias mayores era menor que el dado para $\Delta < 6.000$ Kms, lo que podría indicar una pérdida de energía de la L_{g1} con la distancia, de acuerdo con el modelo de Gutenberg. A esto también se une la escasa componente vertical (SV) que de estas fases hemos encontrado.

Pero hemos de hacer constar que la muestra utilizada para obtener estos promedios ha sido pequeña, pues no son muchos los sismos en que coexisten ambas fases y de éstos solo se han tomado, los que el cálculo de la amplitud total ofrecía buenas garantías.

La semejanza de velocidades entre la Lg₂ y Li con las de las conocidas en los sismos próximos Sg y S* respectivamente hace suponer a Bath que estas últimas sean también ondas guiadas a través de los canales de baja velocidad de las capas granítica e intermedia respectivamente, pudiendo por ello transmitirse a mayores distancias, recibiendo entonces los nombres de Lg y Li que se les han asignado.

Muy recientemente los investigadores norteamericanos J. Oliver y M. Ewing, han formulado una nueva teoría sobre el mecanismo de transmisión de las Lg, que explica también con bastante eficacia casi todas las características observadas para esta onda.

Como es sabido para la existencia teórica de ondas de tipo Rayleigh se necesitan solamente dos medios elásticos en contacto separados por un plano, en tanto que para que se produzcan ondas Love (SH) es necesario suponer la existencia de una capa de espesor finito situada entre dos medios diferentes semlinfinitos (que en nuestro caso son el aire y el manto terrestre). En estas últimas condiciones encontró K. Sezawa que además de las ondas Rayleigh del primer tipo conocido se producían dos más con otras características pero semejantes a las Rayleigh. Una de ellas que él denominó M2 tenía como particularidad el describir la partícula del suelo una elipse no retrograda.

Si consideramos ahora la corteza compuesta por dos capas en vez de una, los estudios hechos por T. Nagamune (1956) demuestran la existencia de varios modos de ondas superficiales de tipo análogo a las Rayleigh entre las que se encuentra de nuevo la M2 de Sezawa, pudiendo en este caso tener la partícula terrestre al paso de la perturbación movimiento elíptico retrogrado o nó, según las constantes de rigidez que se consideren para ambas capas. Nagamune calculó las curvas teóricas de dispersión de esta fase M2.

Para este caso de doble capa superficial también se produce un segundo tipo de ondas Love cuyas curvas de dispersión han sido recientemente calculadas teóricamente por H. J. Dorman utilizando las mismas características elásticas que consideró Nagamune. Encontrándose de estos estudios que además de tener las fases M2 y segundo tipo Love su campo de existencia en los periodos cortos (hasta 15 segundos) dan curvas de dispersión casi exactamente iguales; es decir que las ondas de ambos tipos de iguales periodos llegarían al mismo tiempo a la estación.

Estas son las ondas que según la teoría de Oliver y Ewing han sido consideradas por otros investigadores como Lg.

El hecho de tener aquellas ondas idéntica velocidad de grupo explicaría que la Lg aparezca a veces en las tres componentes pues unas

veces sería la M2 y otras el segundo tipo Love lo que habríamos tomado por Lg. Estos sismólogos han comprobado basándose en las curvas teóricas de Nagamune y Dorman la existencia efectiva de estas dos fases para algunos sismos de trayecto continental, que son los que teóricamente pueden dar lugar a ellas por existir completas las capas granítica e intermedia.

Además los valores medios de la velocidad de grupo dados por Bath para la Lg1 y Lg2 al ser colocados en las citadas curvas teóricas de dispersión coinciden con un máximo y un mínimo respectivamente de ellas; estando de acuerdo por tanto con el principio de Kelvin de que la parte más predominante (que correspondería a las fases observadas como Lg1 y Lg2) de un tren de ondas dispersivo sucede en los extremos de la curva de dispersión.

En realidad en este trabajo de Ewing y Oliver se justifican casi todas las particularidades de las fases Lg, consiguiendo así una teoría para la explicación de estas ondas superficiales fundada solamente en la propagación de las ondas de alta frecuencia de los tipos normales de propagación, en un sistema de corteza (con dos capas) — manto, en el cual aumenta de alguna forma la velocidad con la profundidad dentro de la corteza. Y se evita así la suposición de la existencia de canales de baja velocidad. Aun cuando quedan sin explicar en forma definitiva algunas otras cuestiones, como la clara separación de los tres grupos Li, Lg1, y Lg2 que Bath encontró y nosotros hemos comprobado. De todo lo que antecede se saca la impresión de la gran complejidad que debe tener la corteza terrestre y las dificultades que por este motivo han de encontrar los estudios sísmicos, tanto en cuanto se refiere a ondas superficiales de sismos cualesquiera como a las ondas P y S para sismos próximos.

Consecuencias de tipo geológico regional.

En el mapa adjunto de Eurasia y Africa (Fig. 4) hemos situado con un circulito los epicentros de los sismos en que han aparecido las fases buscadas y con una cruz aquellos sismos que a pesar de su buen sismograma no hemos visto fase alguna notable hacia la región de las ondas lentas.

Las líneas radiales que salen de Toledo corresponden a los azimutes en la proyección Mercator del mapa.

Se ve en seguida tres mas importantes grupos de epicentros con estas ondas. Grupo A: Región Grecia-Turquia. Grupo B: Asia Central. Grupo C: Japón-Formosa. Al grupo A podemos adscribir algunos cuan-

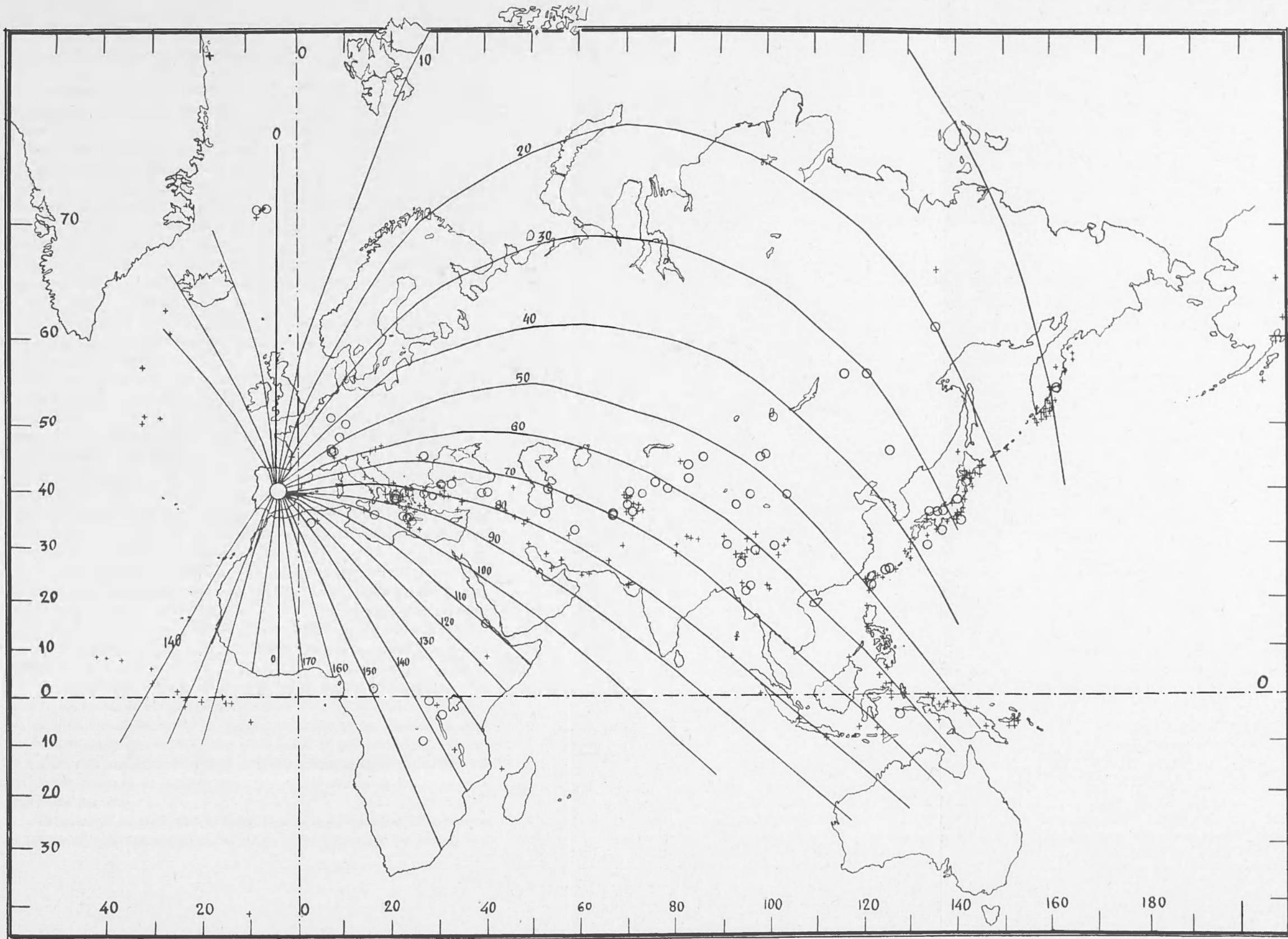


Figura 4.— Distribución geográfica de los epicentros.

tos sismos franceses, que han dado claras estas fases, debido sin duda a que todo el camino que recorren es continental. En cuanto a la región Greco-Turca no se ve mucha diferencia en la distribución de cruces y círculos, pero la clara existencia de éstos hace pensar que la parte N del Mediterráneo se comporta a veces como de estructura continental. Bastando probablemente pequeñas desviaciones de un camino a otro para que ya no aparezcan las fases, debido sin duda a que atraviesan una zona de mayor profundidad o a una pérdida de energía por la influencia de los bordes continentales que estos caminos encuentran a su paso. No obstante se ve mayor número de círculos en el azimut 80° que en el 90° lo que indica la mayor pérdida de estas fases al atravesar la región centro mediterránea.

En el grupo B es claro el predominio de círculos sobre cruces y no hay duda alguna que ello es debido a que son trayectos casi exclusivamente continentales.

En cuanto a los sismos investigados en la cadena Kamtchatka Japón-Formosa, que hemos llamado grupo C, la mayor parte de las fases se han encontrado en sismos del Sur del Japón y Formosa, indicando así la estructura continental de los fondos de los mares Amarillo y del Japón, en su parte Sur.

Sin embargo para los de más al N del Japón y sobre todo Kamtchatka es clara la escasez de círculos, que se deberá a la profundidad de las aguas que rodean la península o a que casi todos estos caminos atraviesan la región polar en la que se sabe que solo parte de ella tiene estructura continental.

Una consecuencia notable se saca de la observación del predominio de cruces en la región S-W de la meseta del Irán a lo largo del azimut 85° y en la región N de Indochina al S-W del Himalaya. Esta escasez de círculos es debida seguramente a la influencia de los macizos montañosos que amortiguan las ondas impidiendo la buena transmisión de las mismas.

En un reciente trabajo de P. Caloi⁽¹²⁾ se analiza la discutida cuestión de las raíces de las montañas admitiendo fuera de dudas la existencia de un engrosamiento de la corteza por bajo de las cadenas montañosas. Estudia el citado sismólogo a expensas de qué capa de la corteza se realiza este aumento de grueso, concluyendo que es la capa intermedia la que aumenta de espesor. Al menos en los Apeninos que es la zona estudiada por él.

Estas ideas parecen comprobarse aquí por dos razones. Una porque el hecho de que aparezcan pocas veces estas ondas en los sismos con

importante trayecto montanoso indica alguna alteración es el espesor de la capa granítica responsable de la Lg que es el tipo de fase mas frecuente en este trabajo. Y segundo porque los que aparecen en los citados sismos del N de Indochina son del tipo Li, que como se ha dicho son guiadas por la capa intermedia, que segun la hipótesis de Caloi es la mas importante de la corteza en una región montanosa.

Respecto a la influencia que los trayectos montanosos puedan ejercer sobre las velocidades de estas ondas F. Press (8) lo ha estudiado para las Lg al atravesar las zonas montanosas del N de California y Nevada encontrando que es practicamente despreciable la diferencia entre las velocidades de las Lg que en su recorrido atraviesan dichas cordilleras y las que vienen por trayectos de planicie.

Nosotros análogamente hemos agrupado las velocidades de las Lg y las Li en dos grupos segun la naturaleza montanosa o nó de la mayor parte del recorrido. Encontrándose exactamente la misma velocidad en ambos grupos para la Lg. No así para la fase Li para la que, aunque pequena, se ha encontrado una diferencia en velocidad: 3.87 Km/seg. para las que llegan a través de un trayecto montanoso y 3.83 Km/seg. para las que vienen por caminos mas llanos. Este hecho manifiesta claramente de nuevo la importancia de la capa intermedia en la transmisión de la Li y ayuda a la generalización a otras cordilleras de la teoria de Caloi, sobre el mayor espesor de la capa intermedia en las « raices » de los Apeninos.

Además de los tres mencionados grupos de epicentros, hemos mirado los situados en algunas otras regiones como Alaska, para los que no se encontraron Lg ni Li; en las regiones de Nueva Guinea e islas adyacentes que a pesar de tener un trayecto en un 90% continental no se vieron, salvo en un sismo, las citadas fases, bien por las profundidades del mar de entre las islas o por la influencia del macizo del Himalaya al que atraviesan.

Los pocos sismos africanos registrados en el periodo de tiempo que se ha considerado en este trabajo, han dado casi todas buenas ondas Lg.

Se miraron tambien algunos terremotos del Atlántico medio y W comprobando que efectivamente como se esperaba no aparecía ninguna de estas fases; ni aun la Li que por transmitirse por el canal de baja velocidad de la capa intermedia mas profunda y que existe bajo el mar con un espesor como se ha dicho de mas o menos cinco kms. cabia pensar que pudiera aparecer aun en áreas marítimas.

Como casos curiosos de epicentros con caminos en parte de estructura aparentemente oceánica y que han dado alguna de las ondas in-

vestigadas citaremos dos sismos de las tierras de Juan Mayen e uno de los cuales (nº 126) se ve la fase Li claramente y en otro (nº 79) la Lg1 mas dudosa. Otro al W de Nueva Guinea hacia el azimut 65º que da una bastante clara Li, a pesar de la gran distancia epicentral de 13.735 kms la mayor de las que intervienen en el trabajo y con un camino de muchas irregularidades; y por último un sismo de Kamtchatka central que da Li clara cuyo trayecto va casi totalmente por la región polar que como ya se ha indicado no siempre es apta para la transmisión de estas ondas superficiales.

RIASSUNTO

La posizione della Penisola Iberica e dell'Osservatorio di Toledo in particolare, presso il confine SW dell'Eurasia, è di grande interesse per lo studio delle onde Lg, Rg ed Li, a breve periodo, attraverso i lunghissimi tragitti Euroasiatici.

Sono stati studiati più di 350 terremoti degli anni 1941-1959, dei quali ne sono stati scelti 80 con 145 differenti fasi.

In questo studio chiara appare la separazione delle onde Lg in due onde distinte: Lg1 ($v: 3,62 \pm 0,09$) ed Lg2 ($v: 3,36 \pm 0,09$). Le Lg1 mostrano inoltre una probabile composizione di altre due onde.

È indubbia l'esistenza delle onde Li, scoperte recentemente (Bath 1957).

In ogni caso sono stati ottenuti le velocità di gruppo e i periodi di queste onde e confrontati con i valori ricavati da altre ricerche. Usando le ampiezze delle nostre registrazioni abbiamo fatto alcuni paragoni.

Quando le onde Li viaggiano attraverso sistemi montagnosi, hanno una piccola variazione di velocità; e inoltre (come per le onde Lg ed Rg) esse non compaiono affatto quando i loro tragitti interessano parzialmente la struttura oceanica.

Riguardo alla distribuzione dei terremoti, abbiamo fatto alcune considerazioni geologiche-geografiche e alla fine abbiamo riassunto le recenti teorie in relazione al meccanismo di trasmissione dei terremoti stessi.

ABSTRACT

The Iberian Peninsula situation and particularly the position of Toledo Observatory at the SW border of Euroasia exhibit special interest for the investigation, through very long Euroasiatic paths, of the short period Lg Rg and Li waves.

More of the 350 earthquakes of the years 1941-1959 have been examined and 80 of them have been selected with 145 different phases.

In that investigation it appear with clarity the separation of Lg wave into two distinct waves: Lg1 ($v: 3.61 \pm 0.09$) and Lg2 ($v: 3.36 \pm 0.09$). The Lg1 show a possible composition of two another waves.

It is indubitable the existence of the Li wave that recently have been discovered (Bath 1957).

Group velocities and periods of these waves were every case obtained and confronted with the values given by another investigations. Using the amplitudes of our records we were made some comparison.

When the Li wave travel across an mountain range there are an small variation of velocity; and in addition (same that Lg and Rg waves) this wave do not exist when the paths have partly of oceanic structure.

With regard to the earthquakes distribution we have made some considerations geologic-geographic and at last we have resumed the recent theories in relation with the mechanism for transmission.

RESUME

La situation de la Péninsule Ibérique et particulièrement de l'Observatoire de Toledo, au coté SW de l'Eurasie, presente un special interet pour l'étude des enrégistremets des ondes superficielles de court période: Lg, Rg et Li, qui sont transmis seulement par des chemins d'une structure continentale.

Survisant plus de 350 séismes, pendant le période 1941-59 on a fait sélection de 80, dans lesquels nous avons observé ces ondes, et nous avons lu 145 valeurs différentes.

Dans cet étude on remarque avec toute clarté la division de Lg en deux types différentes: Lg1 ($v: 3.61 \pm 0.09$) et Lg2 ($v: 3.36 \pm 0.09$), en insinuant que la Lg1 peut étre encore une composition d'autres deux ondes.

C'est hors de doute l'existence de la phase Li, découverte récemment (Bath 1957); nous avons calculé pour la Li: $v: 3.84 \pm 0.05$.

Ses vitesses et periodes ont été comparés avec les déterminés par des autres investigateurs; et en faissant compte les amplitudes donnés par nos seismographes on a fait quelques comparations. Quand la Li traverse dans son trajet des grandes chaines de montagnes on trouve une petite variation de vitesse, et en plus (comme il passe avec les Lg et Rg), cette phase disparaît quand les chemins ont quelques partes d'une structure océanique.

Dans la distribution des séismes que nous avons étudié on mentionnent des considerations d'aspect géologique-géographique, et finalement on parle de quelques recentes théories par rapport au mécanisme de sa transmission.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) PRESS F., and EWING M., *Two slow surface waves across North America*. « Bulletin Seismological Society of America », 42, 3, 219-228, (1952).
- (²) LEHMANN I., *On the short period surface wave « Lg » and crustal structure*. « Bull. d'Information de l'U.G.G.I. », 2, 248-251, (1953).
- (³) BATH M., *The elastic waves Lg and Rg along Euroasiatic paths* « Arkiv för Geofysik », 2, 13, (1954).
- (⁴) GUTENBERG B., *Low-velocity layers in the earth's mantle*. « Bulletin of the Geological Society of America », 65, 337-348, (1954).
- (⁵) — *Effects of low-velocity layers*. « Geofisica pura e applicata », 28, 1-10, (1954).
- (⁶) — *Channel waves in the earth's crust*. « Geophysics », XX, 2, 283-294, (1955).
- (⁷) BATH M., *Some consequences of the existence of low-velocity layers*. « Estratto Annali di Geofisica », IX, 4, (1956).
- (⁸) PRESS F., *Velocity of Lg waves in California*. « Transaction, American Geophysical Union », 37, 5, (1956).
- (⁹) — and GUTENBERG B., *Channel P. waves g in the Earth's Crust*. « Transaction, American Geophysical Union », 37, 754-56, (1956).
- (¹⁰) BATH M., *A continental channel wave, guided by the intermediate Layer in the crust*. « Geofisica pura e applicata », 38, 19-31, (1957).
- (¹¹) LEHMANN I., *On Lg as read in North American records*. « Annali di Geofisica », X, 1, 2, (1957).
- (¹²) BATH M., and VOGEL A., *Continental dispersion of seismic surface waves*. « Geofisica pura e applicata », 38, 10-18, (1957).
- (¹³) CALOI P., *La struttura della crosta terrestre* « Annali di Geofisica », X, 3-4, (1957).
- (¹⁴) BATH M., *Seismic Exploration of the Earth's Crust Recent Developments*. « Geologiska Föreningens ». I Stockholm Förhandlingar. Band. 80, (1958).
- (¹⁵) NAGAMUNE T., *Mj Waves in a Medium with Double Surface Layers*. « Geophys. Mag. », 23, 3, (1956).
- (¹⁶) OLIVER J., and EWING M., *Higher Modes of Continental Rayleigh Waves*. « Bull. Seism. Soc. Am. », 47, 3, (1957).
- (¹⁷) — — *Normal Modes of Continental Surface Waves*. « Bull. Seism. Soc. Am. », 48, 33-49, (1958).
-