

# Variaciones de las corrientes telúricas provocadas por terremotos

ARTURO D' COSTA y RAMÓN ÁLVAREZ

## RESUMEN

Se discute la influencia de las ondas acústico-gravitacionales producidas por terremotos en la capa E de la ionosfera, y la posible generación de variaciones de los campos eléctrico y magnético, de acuerdo a un modelo propuesto por Alperovich y colaboradores.

Se analizaron los registros sísmicos y magnéticos de la estación "Soroa" ( $\Phi = 34,5^\circ$ ;  $\Lambda = 345^\circ$ ) para un número de terremotos que tuvieron lugar no muy lejos de la estación.

Para casi todos los casos estudiados, se encontraron variaciones del campo eléctrico en forma de microbahías, como predice la teoría. Para los 29 casos más claros, se realizó un estudio más detallado de la amplitud máxima, duración y tiempo transcurrido entre la llegada de la primera onda sísmica y el comienzo de la microbahía.

Los valores encontrados para estos parámetros se hallan dentro del intervalo predicho por consideraciones teóricas, y se encontró una ligera dependencia entre las intensidades del campo magnético y las amplitudes de las microbahías, lo que apoya la hipótesis de que dichas variaciones del campo eléctrico pueden ser producidas debido a la influencia de los terremotos sobre la ionosfera.

## 1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de distintos fenómenos que puedan motivar la generación de variaciones de los campos eléctrico y magnético en las cercanías de la Tierra y el espacio cósmico circunterrestre, ha sido objeto de estudio por numerosos investigadores.

En particular, la investigación de posibles mecanismos de generación de pulsaciones geomagnéticas, o variaciones en las corrientes telúricas, originadas en la ionosfera, presenta especial interés, pues su reconocimiento permitiría un mejor diagnóstico de ambos medios magnetoiónicos: la ionosfera y la magnetosfera.

Se han presentado numerosas teorías acerca de posibles mecanismos de este tipo relacionados con movimientos convectivos, actividad

---

Manuscrito aprobado el 5 de junio de 1979.

A. D'Costa y R. Alvarez pertenecen al Instituto de Geofísica y Astronomía, de la Academia de Ciencias de Cuba.

química, y anomalías locales de la conductividad eléctrica (ABRAMOV *et al.*, 1970; ABRAMOV y ALPEROVICH, 1970, 1974, 1975).

Además, se cree que es posible la generación de variaciones del campo eléctrico provocadas por las ondas gravitacionales que generan los movimientos telúricos, ocurridos durante un terremoto, al actuar sobre las capas bajas de la ionosfera. El estudio teórico correspondiente a esta situación ha sido realizado para un punto ecuatorial (L. S. Alperovich, comunicación personal).

Los trabajos experimentales de búsqueda de las pulsaciones que se originan en estos casos, no han sido llevados a cabo anteriormente. En particular, ha sido posible establecer una variación en el efecto Doppler registrado en ondas reflejadas a alturas de 200-300 km, en la ionosfera, con posterioridad a la llegada al punto subionosférico de las ondas de Rayleigh que acompañan al terremoto (YUEN *et al.*, 1969).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando los registros de corrientes telúricas de los años 1968 y 1969, de la estación "Soroa" ( $\Phi = 34,5^\circ$ ,  $\Lambda = 345^\circ$ ), hemos estudiado los minutos inmediatamente posteriores a la ocurrencia de terremotos no muy lejanos.

Se han estudiado fundamentalmente los registros de meses de verano, en años de máxima actividad solar o cercanos a ella, y en horas del día, ya que en esas condiciones la teoría predice una máxima amplitud de la variación tipo microbahía, que debe observarse en el campo eléctrico y, por ende, en los registros de corrientes telúricas.

Los datos de los terremotos se han obtenido del catálogo del Departamento de Sismología del Instituto de Geofísica y Astronomía, y de catálogos internacionales.

En algunos casos se han escogido terremotos lejanos y fuera de los períodos para los cuales se predecía el máximo de amplitud, para probar la rigidez de estas limitaciones.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Localización de las pulsaciones y parámetros para caracterizarlas

En casi todos los casos analizados se han observado en los registros de corrientes telúricas variaciones con la forma de microbahía predicha, como las mostradas en la Fig. 1.

De estos casos se escogieron los 29 mejor definidos, para realizar un estudio estadístico de los parámetros de estas variaciones y de los parámetros de los terremotos precedentes. Los datos de estos casos se muestran en la Tabla 1.

De las pulsaciones se determinaron los siguientes parámetros: amplitud máxima de la microbahía (A) en mV/km, su duración (d) en min.,

**TABLA 1. Datos de los casos escogidos para el estudio estadístico.**

| No. y Fecha   | Llegada terremoto | Retardo | d   | Distancia epicentro | M   | A   | H <sub>n</sub> |
|---------------|-------------------|---------|-----|---------------------|-----|-----|----------------|
| 1 1-V-69      | 19 h 29 m         | 6       | 5   | 10 896              | 6   | 2,4 |                |
| 2 2-V-69      | 15 h 45 m         | 3,5     | 3,5 |                     |     |     |                |
| 3 10-V-69     | 14 h 14 m         | 2       | 5   |                     |     |     |                |
| 4 15-V-69     | 20 h 48 m         | 2       | 3,5 | 2 393               | 5,7 | 4,0 |                |
| 5 17-V-69     | 20 h 55 m         | 4       | 5   |                     |     | 2,0 |                |
| 6 18-V-69     | 09 h 10 m         | 5,5     | 5   |                     |     | 1,5 |                |
| 7 24-V-69     | 09 h 39 m         | 2       | 3   | 2 793               | 3,9 | 4,6 |                |
| 8 13-V-69     | 14 h 18 m         | 6       | 7   | 3 463               | 5,6 | 3,0 |                |
| 9 5-VI-68     | 05 h 17 m         | 8       | 4   | 5 294               | 4,4 | 1,0 | 27 427         |
| 10 5-VI-68    | 12 h 01 m         | 7       | 5   | 3 950               |     |     | 27 410         |
| 11 8-VI-68    | 06 h 39 m         | 5       | 5   |                     |     | 1,2 | 27 427         |
| 12 15-VI-68   | 07 h 12 m         | 4       | 2   | 2 059               | 6,0 | 0,9 | 27 408         |
| 13 19-VI-68   | 02 h 22 m         | 5,5     | 5   | 2 793               | 4,6 | 3,7 | 27 412         |
| 14 19-VI-68   | 12 h 42 m         | 5       | 7   | 2 823               | 4,6 | 2,0 | 27 404         |
| 15 19-VI-68   | 13 h 49 m         | 6       | 6   | 2 911               | 4,6 | 1,0 | 27 391         |
| 16 20-VI-68   | 08 h 24 m         | 8,5     | 4,5 |                     |     | 1,0 | 27 409         |
| 17 18-VI-68   | 12 h 33 m         | 5       | 5   | 3 491               | 4,7 | 2,5 | 27 411         |
| 18 21-VI-68   | 09 h 33 m         | 6       | 3   |                     |     | 1,0 | 27 420         |
| 19 26-VI-68   | 11 h 12 m         | 3       | 3,5 |                     |     | 3,5 | 27 434         |
| 20 29-VI-68   | 06 h 21 m         | 5       | 4   |                     |     | 1,6 | 27 427         |
| 21 6-V-68     | 14 h 37 m         | 5,5     | 3   |                     |     |     | s. r.          |
| 22 2-V-68     | 23 h 45 m         | 5,5     | 5,5 |                     |     | 3,0 | 27 420         |
| 23 2-V-68     | 05 h 53 m         | 5       | 4   |                     |     | 1,6 | 27 411         |
| 24 9-V-68     | 16 h 52 m         | 5       | 4   |                     |     | 1,4 | s. r.          |
| 25 12-V-68    | 07 h 25 m         | 4       | 6,5 |                     |     | x   | 27 403         |
| 26 16-V-68    | 10 h 09 m         | 3       | 4,5 |                     |     | 1,7 | 27 451         |
| 27 7-V-68     | 09 h 04 m         | 4       | 4   |                     |     | 1,8 | 27 365         |
| 28 29-VIII-68 | 12 h 22 m         | 3       | 4   |                     |     | 1,5 | 27 422         |
| 29 17-VIII-68 | 04 h 20 m         | 5,5     | 6   |                     |     |     | 27 437         |

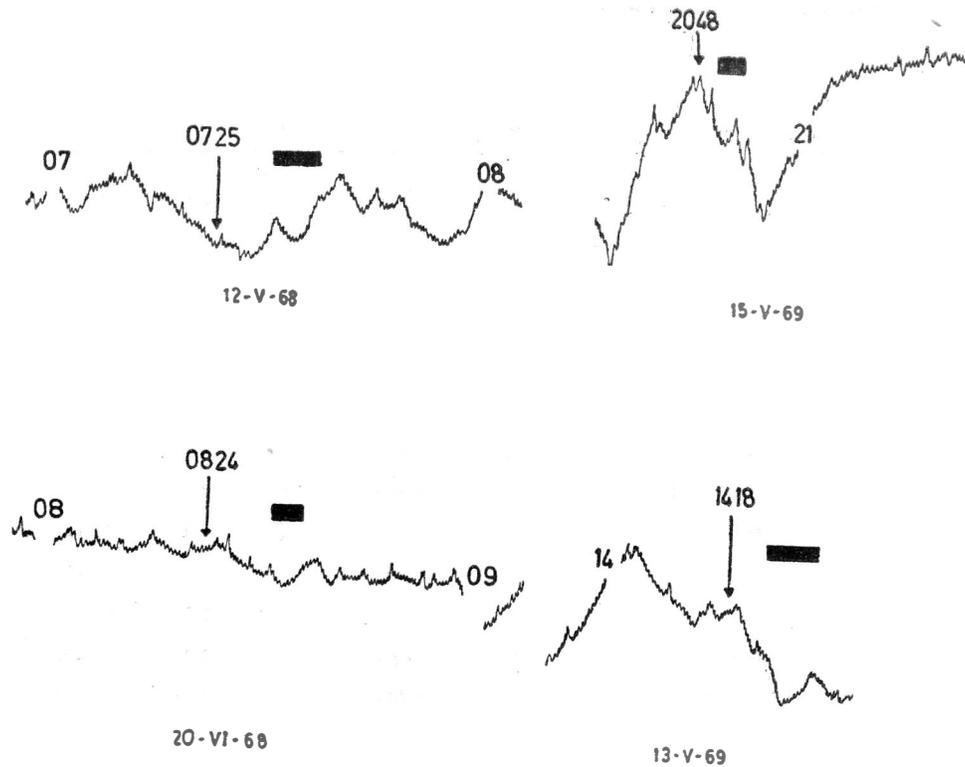


FIG. 1. Variaciones de forma de microbahía (señaladas por un rectángulo negro) en los registros de corrientes telúricas posteriores a la llegada de terremotos (señaladas con flechas).

el tiempo transcurrido entre la llegada del terremoto a la estación sísmica de Soroa y la ocurrencia de la microbahía ( $r$ ) en min.

Se tomaron en cuenta, en los casos posibles, la magnitud ( $M$ ) del terremoto y la distancia ( $D$ ) en km del epicentro a la estación.

### 3.2 Morfología de las microbahías

En la Fig. 2 se muestra el histograma construido con los valores de las amplitudes de las microbahías, medidos en mV/km, donde se ve que la distribución es normal asimétrica con valor más probable entre 1 y 2 mV/km, y sin que se presenten casos con amplitudes superiores a 5 mV/km.

La duración de las microbahías se presenta en forma de histograma en la Fig. 3, que recuerda una distribución normal. Se ve que la mayor parte de los casos tuvieron duraciones comprendidas entre 4 y 5 min., lo cual coincide con lo predicho por evaluaciones de los trabajos teóricos (L. S. Alperovich, comunicación personal).

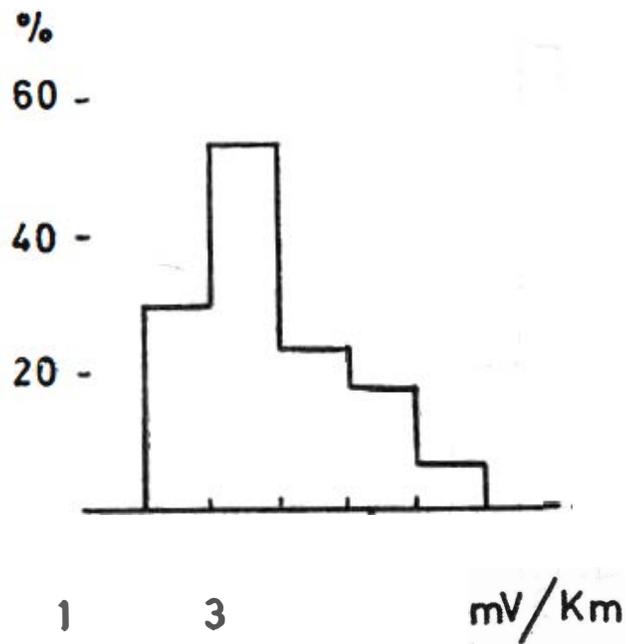


FIG. 2. Histograma de la amplitud de las microbahías registradas.

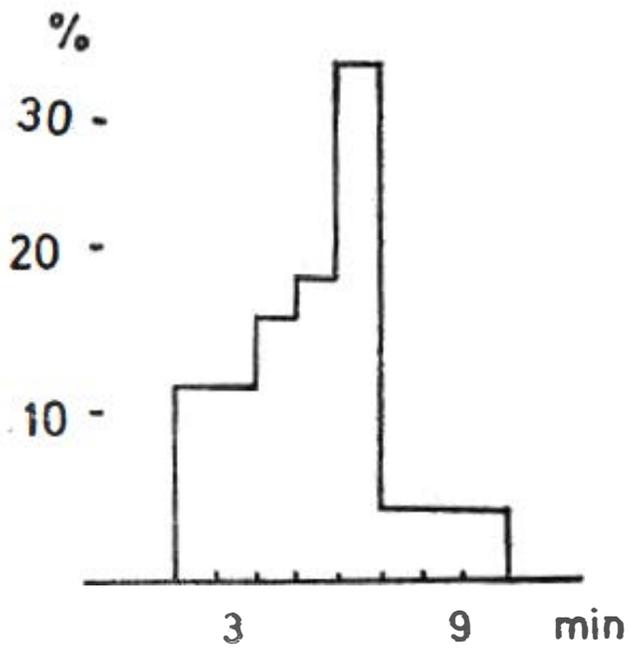


FIG. 3. Histograma de la duración de las microbahías.

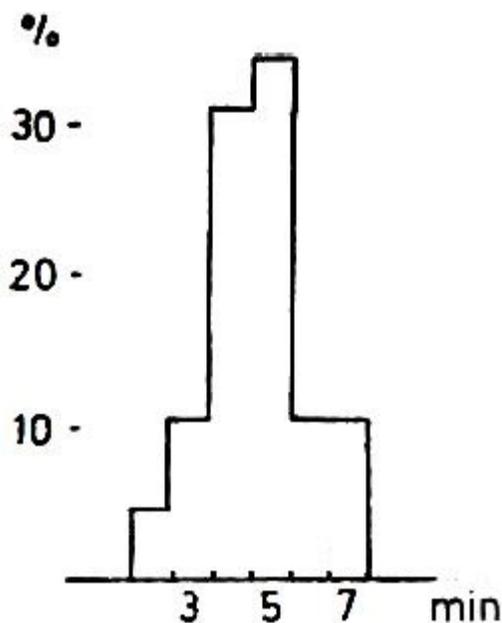


FIG. 4. Histogramas de los tiempos transcurridos entre la llegada del terremoto y el registro de la microbahía.

El tiempo transcurrido entre la llegada del terremoto a la estación sísmica "Soroa" y el registro de la microbahía en la estación de corrientes telúricas del mismo sitio, conforma un histograma con un máximo en 6 min. (Fig. 4), si bien no puede considerarse éste como el tiempo que transcurre en la producción de las variaciones, pues no se puede precisar a que distancia se encuentra la zona de la ionosfera generadora de las variaciones cuando éstas comienzan a recibirse en la estación de corrientes telúricas.

Se analizaron independientemente los casos en que el terremoto ocurrió en horas diurnas o nocturnas y no se encontró diferencia alguna en los histogramas obtenidos para ambos tipos.

Se estudió la relación entre la amplitud de la pulsación y los parámetros del terremoto: magnitud y distancia al epicentro, encontrándose que no se observa una relación clara entre la amplitud de la microbahía y los parámetros del terremoto, aunque esto no puede considerarse como definitivo, pues todos los terremotos escogidos tenían magnitudes alrededor de 5 y ocurrieron a distancias que fluctuaban entre 2 000 y 5 000 km.

La Tabla 1 presenta, además, los valores de la componente horizontal del campo magnético  $H_0$  en  $\gamma$ , según datos de la Estación "Centro Geofísico", sita en San José de las Lajas ( $\phi = 34,1^\circ$ ;  $\lambda = 345,3^\circ$ ).

Se observa una cierta dependencia lineal entre la amplitud de la microbahía ( $A$ ) y  $H_0$ , que coincide con los resultados teóricos (L. S. Alpevich, comunicación personal) si se tiene en cuenta que en éstos inter-

viene toda una serie de parámetros variables, entre ellos la conductividad y concentración de la ionosfera, la velocidad de rotación de la Tierra, etc.

#### 4. CONCLUSIONES

Las variaciones de las corrientes telúricas encontradas por nosotros inmediatamente después de la ocurrencia de un terremoto, presentan una morfología análoga a la predicha teóricamente en los trabajos de L. S. Alperovich. Los parámetros experimentales determinados en este primer trabajo coinciden con los esperados para estas variaciones en forma de microbahías, y la relación entre su amplitud y la intensidad del campo magnético es lo suficientemente satisfactoria como para permitirnos plantear que las variaciones encontradas son las debidas al efecto de los sismos sobre las capas bajas de la ionosfera. Una comprobación más exacta de la coincidencia de los parámetros tiene que ser objeto de trabajos posteriores.

Creemos que los resultados obtenidos permiten plantear la génesis de estas variaciones de las corrientes telúricas como debidas al efecto de los sismos, sin menoscabo de que se continúe un trabajo más detallado que permita incrementar la estadística y hacer evaluaciones más exactas de la amplitud predicha.

#### RECONOCIMIENTO

Los autores desean agradecer a L. S. Alperovich, del Instituto de Física de la Tierra, de Moscú, sus valiosas sugerencias.

#### REFERENCIAS

- ABRAMOV, L. A., y ALPEROVICH, L. S. (1970): Evaluación de la influencia de inhomogeneidades locales en el sistema de corrientes ionosféricas. *Kosmicheskie Issledovania*, 8 (1): 80-84.
- (1974): Convección en medios químicamente activos. *Prikladnaya Matematika Mekanika*, 38 (2): 284-289.
- (1975): Acerca del problema no estacionario de Rayleigh en un plasma magnetizado. *Astrofizika. Acad. Cien. A. S. S. R.*, 11 (2): 293-303.
- ABRAMOV, L. A., ALPEROVICH, L. S., y VANIAN, L. L. (1970): Evaluación de la influencia de las inestabilidades ionosféricas en un sistema de corrientes de tipo dipolar. *Geomag. Aeronom.*, 10 (6): 1009-1018.
- YUEN, P. C., WEAVER, P. F., SUZUKA, R. K., y FURUMOTO, A. S. (1969): Acoplamiento viajero continuó entre ondas sísmicas y la ionosfera evidente en los datos del terremoto de Japón de mayo de 1968. *J. Geophys. Res.*, 74 (9): 2256-2264.

#### ABSTRACT

The influence of acoustic-gravitational waves produced by earthquakes on the ionosphere E-layer and the possible generation of electric and magnetic fields variations are discussed according to a model suggested by Alperovich and collaborators.

Seismic and telluric-current data from station "Soroa" ( $\Phi = 34,5^\circ$ ;  $\Lambda = 345^\circ$ ) were analysed for a number of earthquakes occurring not very far from the station.

Electric field variations in the form of microbays, as predicted by theory, were found for almost all the cases studied. A more detailed examination was made, for the 29 neater cases, of the maximum amplitude, duration and time interval elapsed between the arrival of the first seismic wave and the microbay commencement.

The values found for these parameters fall well within the range expected from theoretical considerations and a slight dependence was found between the magnetic field intensities and the microbays amplitudes which supports the hypothesis that the above mentioned electric field variations may be produced by the influence of earthquakes on the ionosphere.

**CDU 550.37:550.348.436.001.32**