

LA FOSA TECTONICA DE TACAGUA Y SU RELACION CON LA SISMICIDAD DE LA REGION DE CARACAS

Por José Antonio Rial M.
Escuela de Geología y Minas
Universidad Central de Venezuela
Apartado 50926, Caracas 105

(Recibido en septiembre de 1973)

RESUMEN

El sistema de fallas de Tacagua, de rumbo N65W, cuya expresión superficial es la quebrada Tacagua al NW de la ciudad de Caracas, es una estructura tipo graben causante de al menos parte de la actividad sísmica de la región. Varios perfiles sísmicos de reflexión, realizados frente a la costa al NW de La Guaira, revelan que la estructura ha estado activa durante períodos recientes.

La localización de sismos premonitores (*foreshocks*) y réplicas (*aftershocks*) del terremoto de Caracas del 29-7-67, sugiere que el bloque norte de la fosa tectónica de Tacagua es el más activo sísmicamente. La continuidad del graben hacia el NW, y su terminación cerca del paralelo 10° 53' N descarta la posibilidad de que existan al sur de esa latitud, grandes fallas transcurrentes de rumbo E-W, sísmicamente activas en la actualidad. El terremoto de Caracas de 1967 pudo haberse originado por movimientos tectónicos gravitacionales de las fallas de Tacagua.

ABSTRACT

The Tacagua fault system, a graben — like structure striking N65W, whose topographic expression is the Tacagua river valley to the NW of Caracas, seems to be the cause of at least part of the recent seismic activity in the region. Several seismic reflexion profiles made offshore La Guaira, suggest that the structure has been active recently.

Located foreshocks and aftershocks of the Caracas 1967 earthquake suggests that the northern block of Tacagua fault system is the more seismically active. The graben continuity toward the NW up to latitude of 10°53'N is incongruous with the existence of great E-W strike-slip recently active faults to the south of this latitude. The Caracas 1967 earthquake may have produced by gravitational movement along the major faults of the Tacagua system.

INTRODUCCION

Uno de los problemas importantes que debe resolverse antes de iniciar cualquier estudio sobre régimen sísmico y predicción de terremotos en la región de Caracas, es identificar las fallas causantes de la actividad sísmica. Una de las vías de ataque más efectivas es la determinación precisa de los hipocentros de los pequeños sismos que ocurren casi diariamente. lo que permite delimitar las zonas de mayor actividad y su relación con la geología local. Desafortunadamente, solo una estación sismológica funciona actualmente en la región. Esta tiene un 10% de eficiencia en la determinación de hipocentros de sismos locales de poca magnitud; uno de cada diez sismos puede ser localizado con exactitud. La profundidad hipocentral raras veces puede ser determinada en más del 0.1% de los casos. Se hace entonces imperativo instalar por lo menos dos estaciones sismológicas auxiliares provistas de sismógrafos de período corto y alta magnificación, situadas en lugares cercanos a la capital; de otra manera, sólo especulaciones más o menos audaces podrán hacerse de la actividad sísmica futura que pueda afectar a la ciudad.

Una vía alternativa para la definición de posibles estructuras geológicas tectónicamente activas, es el estudio de la geología local, tanto de su superficie como de la plataforma submarina adyacente. En este trabajo se presentan resultados parciales de las investigaciones geofísicas llevadas a cabo por el suscrito a bordo del buque oceanográfico NOAA "Discoverer" en noviembre de 1972, que consistieron en el proyecto y realización de un perfil sísmico continuo de reflexión que cubre la prolongación submarina del sistema de fallas de Tacagua, de rumbo N65W cuya expresión superficial es la quebrada del mismo nombre al noroeste de la ciudad de Caracas (Fig. 1).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Cada día toma más fuerza la hipótesis de que la actividad tectónica Cenozoica en el norte de Venezuela ha estado restringida a movimientos en fallas gravitacionales de rumbo Noroeste-Sureste, (PETER, 1972) mientras que pocas evidencias se encuentran de desplazamientos de rumbo a lo largo de las grandes fallas de dirección este-oeste consideradas por algunos investigadores como contacto placa-a-placa entre la litósfera del Caribe y la de Sur América (LATTIMORE *et al.*, 1971; WEEKS *et al.*, 1971; BASSINGER *et al.*, 1971; EDGAR *et al.*, 1971). Por otra parte las zonas de Benioff definidas por la actividad sísmica durante el presente siglo en el Caribe sur Oriental son de rumbo NW-SE tanto en la región al este de Martinica y Grenada como en la región de la península de Paria, Delta Amacuro y SW de Grenada (MOLNAR y SYKES, 1969; SYKES y EWING, 1965). Por otra parte, la actividad sísmica en la región de Caracas, registrada en la estación CAR (OBSERVATORIO CAGIGAL, Instituto Sismológico,

(Caracas) durante los últimos 15 años acusa una distribución epicentral en forma de elipse con el eje mayor orientado en dirección NW-SE (G. FIEDLER, comunicación personal). El epicentro del sismo del 29-7-67 fue localizado por el USCGS en las coordenadas 67,26 W; 10,56 N (67,3 W; 10,6 N, según Edimburgo) entre 10 y 20 km al SW del cañón submarino que marca la prolongación del sistema de fallas de Tacagua en la plataforma continental (Fig. 1). De aquí que el objetivos primordial de la investigación geofísica llevada a cabo a bordo del NOAA (Discoverer" fuese el definir con precisión la morfología y estructura del sistema de fallas de Tacagua, establecer sus límites y de ser posible, determinar la naturaleza y edad relativa de los desplazamientos.

PERFILAJE SISMICO

Con el objeto de obtener un buen control de la estructura del cañón submarino de Tacagua, se proyectó un perfilaje sísmico de reflexión de seis segmentos en *zi-zag*, tres de los cuales corren perpendicularmente al rumbo de la estructura (perfiles AA', CC' y EE', Fig. 2) y los otros tres paralelamente al mismo. La localización de los perfiles se muestra en la figura 1.

El registro sísmico se efectúa automáticamente sobre papel electrosensible con un barrido horizontal cada 9 segundos, correspondiente a la frecuencia de disparos utilizada. La fuente de energía acústica en este sistema es un cañón neumático de aire comprimido (*Air-gun*) de 300 pulgadas cúbicas, remolcado por la nave. La energía reflejada es detectada por un tendido de hidrófonos también remolcado por la nave.

La escala horizontal de los perfiles es controlada por la velocidad del buque que se mantiene constante a 7 nudos durante el recorrido. Marcas fiduciales de tiempo cada 5 minutos corresponden aproximadamente a 1 km en distancia horizontal. La escala vertical representa tiempo de reflexión (*two way time*). Cada segundo corresponde a 732 m en agua. Para los sedimentos, un segundo corresponde aproximadamente a 1 km de penetración, aunque esta cifra varía considerablemente con las velocidades sísmicas en las rocas atravesadas. La exageración vertical en los registros es aproximadamente 7:1. La longitud total del perfilaje es de 132 km.

RESULTADOS

La interpretación de los registros de reflexión sísmica que aquí se presenta es preliminar (Fig. 2).

Perfil AA': Está situado a 45 km al NW de La Guaira con azimut 014° y una extensión de 29 km. Hacia el norte termina en un alto estructural de rumbo E-W. La estructura más resaltante en el perfil es el cañón submarino y las fallas normales cortejantes que claramente su-

gieren actividad tectónica reciente. Las fallas normales del lado norte del cañón buzan al sur dando a la estructura aspecto de fosa tectónica de 3 km de anchura. La interpretación preliminar del perfil muestra un adelgazamiento de la secuencia sedimentaria que aparece finalmente truncada por fallamiento contra el alto estructural, posiblemente constituido por rocas metamórficas plegadas y deformadas.

Perfil BB': Tiene un azimu de 281°, y en él se notan con mayor claridad las relaciones estratigráficas. Inmediatamente al W de B se revela un basamento de rocas probablemente metamórficas infrayaciendo a capas acústicamente transparentes (¿volcánicas?) truncadas hacia el este contra el alto estructural, e infrayacentes a su vez a sedimentos no deformados que se adelgazan y acuñan también hacia el este.

Perfil CC': A partir del punto C con 205°, a 19 km al W del perfil AA' subparalelo a éste, la sección muestra claramente la estructura submarina del sistema de fallas de Tacagua a 1100 m de profundidad bajo el nivel del mar. Fallas normales de buzamiento al S y al N forman una estructura tipo graben. La ausencia de sedimentos recientes en las zonas profundas de la fosa sugiere actividad tectónica muy reciente. El salto vertical de las fallas oscila entre 100 m (límite norte de la fosa) y 40 m (límite sur de la fosa). No se han registrado reflexiones claras del basamento en esta zona lo que permite estimar un espesor de sedimentos mayor de 1 seg. La anchura del graben de Tacagua en esta región, medida perpendicularmente a su rumbo, es de 2,8 km.

Perfil EE': Situado a 25 km al W del perfil CC' (y subparalelo a éste) es el más occidental de los perfiles. En esta sección la estructura se ha transformado en una suave flexión sinclinal fallada, lo que sugiere su terminación hacia el W del perfil. La penetración sistima de la sección sedimentaria en óptima y revela sedimentos hasta 0,7 seg. por debajo del fondo.

CONCLUSIONES

1) Los registros batimétricos de la región al noroeste de La Guaira, entre la costa venezolana y la fosa de Bonaire, han sido reinterpretados notándose que la continuidad del sistema de fallas de Tacagua en la plataforma continental es evidente (Fig. 1).

2) Los epicentros de sismos de poca magnitud ocurridos durante los 2 años anteriores al 29-7-67 en la región noroeste de Caracas, reportados por CAR, se concentran preferentemente a lo largo de la quebrada Tacagua y en su prolongación hacia el mar a distancias entre 7,5 y 60 km de la estación. Las réplicas (aftershocks) del sismo del 29-7-67 ocurren entre 14 y 33 km. de la estación CAR frente a la costa entre Naguayá y Catia La Mar alineándose en dirección WNW-ESE (Fig. 1). Los perfiles sísmicos reportados en este trabajo revelan que el lado norte del graben de Tacagua debe ser la zona de mayor actividad tectónica, pues se presenta como la más fuertemente fallada con saltos verticales

de hasta 100 m. La localización de las réplicas en el labio noreste del graben soporta esta conclusión, ya que es el bloque móvil de las fallas sísmicamente activas donde se concentra la actividad inmediata posterior a sismos de gran magnitud (MOGI, 1967, 1971). En la figura 1 los epicentros han sido localizados en base a medidas de azimut según la primera llegada de la onda P, y la distancia epicentral es la correspondiente a sismos superficiales; por tanto, los epicentros reales pueden estar más cercanos a la estación si los sismos no son superficiales. La profundidad focal de estos eventos no puede calcularse con los datos disponibles.

3) El hecho evidente de que las fallas que conforman el graben de Tacagua dislocan el fondo marino y los sedimentos más recientes, sugiere que esta estructura debe ser responsable de al menos parte de la actividad sísmica de la región de Caracas. Es grande la posibilidad de que movimientos tectónicos gravitacionales en las fallas de Tacagua hayan causado el terremoto de Caracas de 1967.

4) La continuidad del graben hacia el noroeste, y su terminación cerca del paralelo $10^{\circ} 53' N$, descarta la posibilidad de que existan grandes fallas transcurrentes de rumbo este-oeste, actualmente activas, al sur de esa latitud.

AGRADECIMIENTOS

El suscrito agradece la colaboración prestada por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), que durante la expedición NOAA — Carib, permitió la realización de los perfiles sísmicos presentados en este trabajo utilizando los equipos instalados a bordo del buque oceanográfico NOAA "Discoverer".

El reconocimiento se hace extensivo al doctor G. PETER, por su excelente cooperación en las labores técnicas de exploración, y en general, al grupo científico y tripulación del "Discoverer".

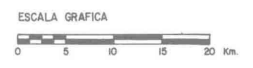
Este trabajo fué presentado en la XVII Asamblea General de La Asociación Internacional de Sismología y Física del Interior de la Tierra, Lima, Perú, 21 al 31 de agosto de 1973.

BIBLIOGRAFIA

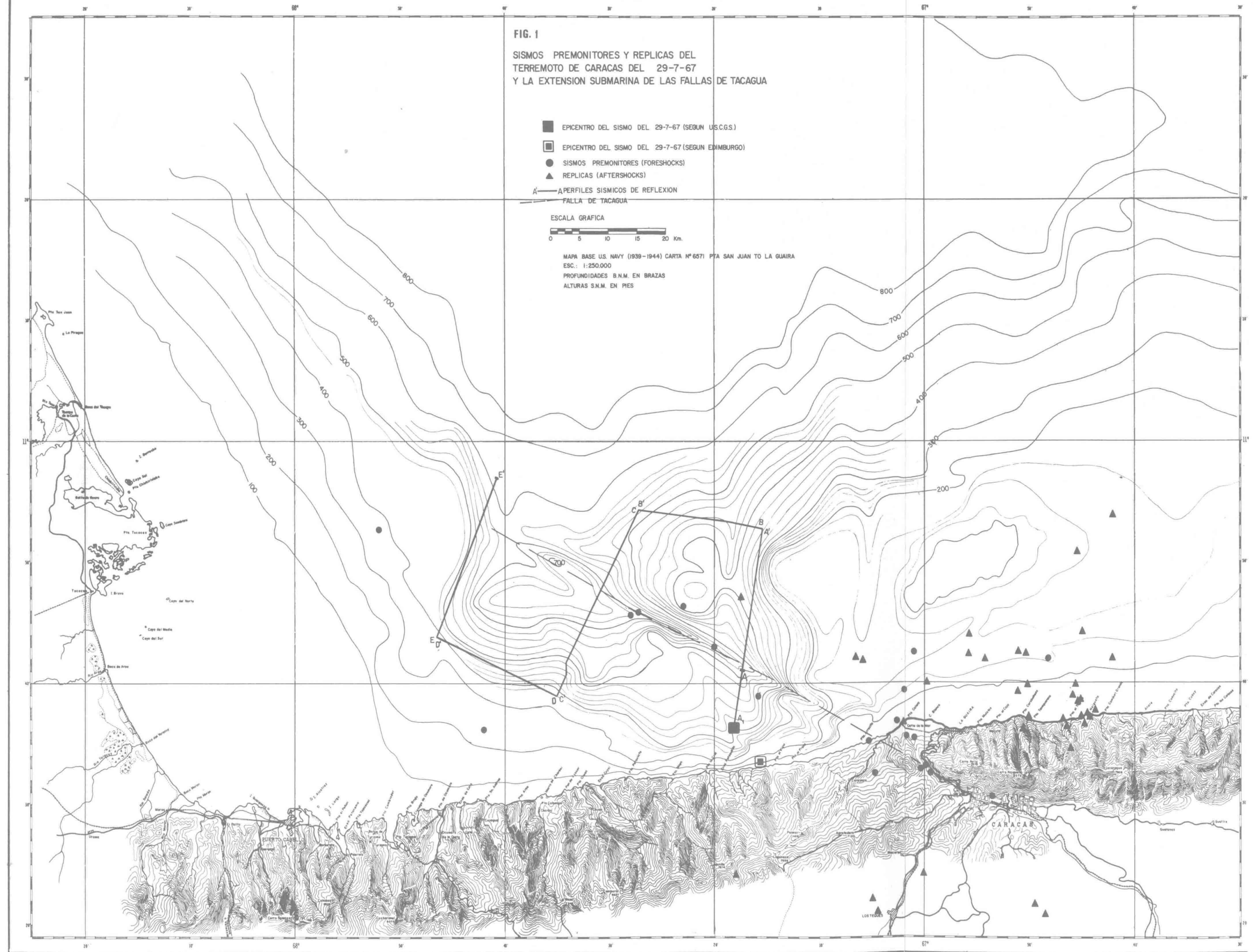
- BASSINGER, B. G.; R. N. HARBISON y L. A. WEEKS (1971) "Marine geophysical study northeast of Trinidad-Tobago". *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 55 (10): 1730-1740.
- EDGAR, N. T.; J. I. EWING y J. HENNION (1971) "Seismic refraction and reflection in the Caribbean Sea". *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 55 (6): 833-870.
- LATTIMORE, R. K.; L. A. WEEKS y L. W. MORDOCK (1971) "Marine geophysical reconnaissance of continental margin north of Paria Península, Venezuela". *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 55 (10): 1719-1729.
- MOGI, K. (1967) "Earthquakes and fractures". *Tectonophysics*, 5 (1): 35-55.
- (1971) *International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tokyo, Japón*. Notas de clase inéditas.
- MOLNAR, P. y L. SYKES (1969) "Tectonics of the Caribbean and Middle American Regions from focal mechanisms and seismicity". *Geol. Soc. Am., Bull.* 80 (9): 1639-1684.
- OBSERVATORIO CAGIGAL, INSTITUTO SISMOLOGICO (1965 a 1970). "*Boletín Sismico Mensual*". Caracas.
- PETER, G. (1972) "Geologic Structure offshore north-central Venezuela". *Mem. VI Conferencia Geológica del Caribe, Isla de Margarita, Venezuela*. p. 283-294.
- SYKES, L. y M. EWING (1965) "The seismicity of the Caribbean region". *Jour. Geophys. Research*, 70 (20): 5065-5074.
- WEEKS, L. A.; R. K. LATTIMRE; R. N. HARBISON; B. G. BASSINGER y G. F. MERRIL (1971) "Structural relations among Lesser Antilles, Venezuela and Trinidad Tobago". *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 55 (10): 1741-1752.

FIG. 1
SISMOS PREMONITORES Y REPLICAS DEL
TERREMOTO DE CARACAS DEL 29-7-67
Y LA EXTENSION SUBMARINA DE LAS FALLAS DE TACAGUA

- EPICENTRO DEL SISMO DEL 29-7-67 (SEGUN U.S.C.G.S.)
- EPICENTRO DEL SISMO DEL 29-7-67 (SEGUN EMIMBURGO)
- SISMOS PREMONITORES (FORESHOCKS)
- ▲ REPLICAS (AFTERSHOCKS)
- PERFILES SISMICOS DE REFLEXION
- FALLA DE TACAGUA



MAPA BASE U.S. NAVY (1939-1944) CARTA N° 6571 PFA SAN JUAN TO LA GUIRA
 ESC. 1:250,000
 PROFUNDIDADES S.N.M. EN BRAZAS
 ALTURAS S.N.M. EN PIES



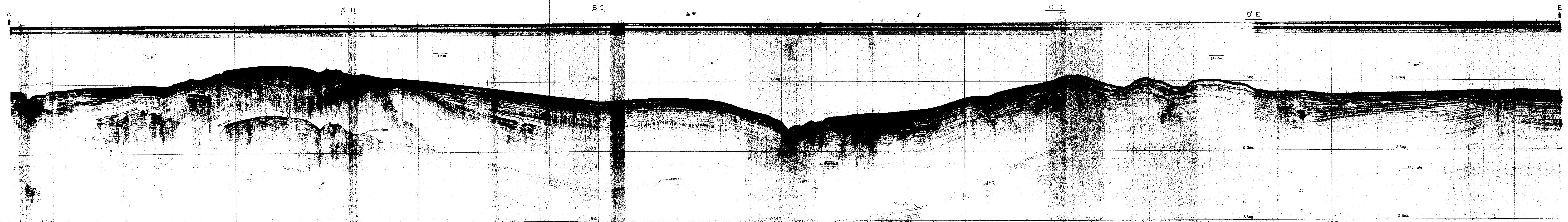


Figura 2