

DESARROLLO DE LA SISMOLOGIA INSTRUMENTAL EN CUBA

Manuel SERRANO y Leonardo ALVAREZ

RESUMEN

Se hace un breve esbozo del desarrollo de la sismología en nuestro país, desde sus orígenes hasta la constitución de la actual Academia de Ciencias de Cuba, donde se destaca la instalación en 1907 de una estación sismológica en las afueras de La Habana. Se describen las estaciones con que cuenta la red sismológica nacional de Cuba y se muestra las características de amplitud-frecuencia de los diferentes tipos de equipos utilizados en las mismas: período corto (A), y período medio (C) y separadores por frecuencias. Se señalan además los lugares donde se han instalado estaciones temporales para diferentes trabajos. Finalmente se mencionan las líneas principales de desarrollo futuro de las observaciones sismológicas instrumentales en Cuba.

ABSTRACT

A brief review of the development of seismology in Cuba from its origin to the constitution of the Academy of Sciences of Cuba has been realized. The most relevant fact in this period was the installation of a seismological station near Havana City in 1907. In this paper the stations of the national seismological network are also described. The frequency-amplitude characteristics of the different types of equipments are included in this description. The places where temporal station has been installed to carry out different research works are shown. Finally the main lines for the future development of instrumental seismological observations in Cuba are mentioned.

LOS ORIGENES DE LA SISMOLOGIA EN CUBA

La historia sismológica de Cuba comienza probablemente en 1551, cuando un terremoto fuerte destruyó el primer templo y algunas viviendas de la Villa de Bayamo, que los colonizadores españoles habían fundado en 1513.

A partir de ese momento, y durante todo el período de ocupación colonial española, la región oriental del país se vio afectada por periódicos estremecimientos sísmicos, de los cuales los más fuertes causaron serios daños en Santiago de Cuba y Bayamo, las dos poblaciones más importantes de esa época.

Esta situación motivó que a mediados del Siglo XIX, un científico cubano Andrés Poey se decidiera a hacer un estudio de todos los terremotos que se habían sentido en Cuba, probablemente uno de los primeros trabajos de este tipo en el mundo [1,2], y que después amplió a todas las llamadas Indias Occidentales [3].

Durante todo este período la región oriental fue la única que sufrió los efectos de terremotos fuertes, ya que en el resto del país sólo se habían sentido estremecimientos ligeros, ya sea producto de un terremoto fuerte en dicha región o de un terremoto débil de carácter local. Sin embargo, el 22 de enero de 1850, en la región de San Cristóbal, Provincia de Pinar del Río se originó un terremoto fuerte que afectó a casi toda la mitad occidental del país, motivando que se realizara un reconocimiento de las áreas afectadas dando como resultado la publicación de un pequeño libro que constituye el primero de los estudios de este tipo realizado en Cuba [4].

Debido al impulso que comenzaban a tomar las observaciones sismológicas a comienzos de siglo, la orden religiosa de los

Jesuitas, que mantenían un observatorio meteorológico en el Colegio de Belón, en la ciudad de La Habana se interesó por este problema y decidió instalar una estación sismológica en Cuba, lo que se materializó el 3 de febrero de 1907, en una zona entonces no urbanizada de La Habana. Esta estación constaba de dos sismómetros Omori-Dosh con registro de papel ahumado orientado en las direcciones NS y EW. Las mismas se encuentran en la actualidad en el Museo de Ciencias Felipe Poey de Santiago de Cuba (fig. 1).

El auge de la sismología asociada a la instalación de esta estación duró algún tiempo. Se solicitó la adhesión a la entonces existente Asociación Internacional de Sismología con sede en Strassburg y un científico cubano, el sacerdote jesuita Mariano Gutierrez Lanza envió trabajos al Cuarto Congreso Científico de Chile, Primero Panamericano, de 1908 que fueron altamente estimados, pronunció conferencias en la Academia de Ciencias de La Habana y reunió finalmente todos esos trabajos, que habían sido publicados de forma dispersa, en un solo volumen [5], que constituye un libro de texto de sismología adecuado al nivel de conocimientos de la época.

Lamentablemente esta estación sólo funcionó hasta 1920, y no registró ningún terremoto ocurrido en Cuba, aunque sí diversos terremotos fuertes ocurridos en otros países [5].

A partir de este momento comienza la decadencia de las investigaciones sismológicas en Cuba, con un paréntesis en los años 30, donde se destaca la publicación en la revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros, de varios artículos sobre el tema, de los ingenieros E. I. Montoulieu y R. Morales y Pedroso. Por otra parte, los gobernantes de turno nunca hicieron caso de los insistentes

reclamos de diversas personalidades en el país, y no se volvió a instalar ninguna estación sismológica.

La sismología quedó entonces como interés particular de personas aisladas que por falta de apoyo oficial no pudieron realizar trabajos de importancia. Las publicaciones posteriores que tocan aspectos sismológicos son, en general obra de investigadores históricos y no trabajos científicos de sismología propiamente dichos.

La fundación de la Academia de Ciencias de Cuba, el 20 de febrero de 1962, por un decreto ley del Gobierno Revolucionario, significó un vuelco en las investigaciones científicas en nuestro país, alcanzando por supuesto a la sismología.

En abril de 1964, se creó el Departamento de Geofísica, que entre sus primeras tareas se fijó la instalación inmediata de dos estaciones sismológicas, (una en la región occidental y la otra en la región oriental), que sirvieran de base al desarrollo futuro de las investigaciones sismológicas.

Dicho departamento a depende en el Instituto de Geofísica y Astronomía, donde estas investigaciones son llevadas a cabo por el Departamento de Sismología.

RED NACIONAL DE ESTACIONES SISMOLOGICAS

En la actualidad, el Instituto de Geofísica y Astronomía de la Academia de Ciencias de Cuba mantiene en operación seis estaciones sismológicas permanentes cuya ubicación se muestra en la fig. 2.

Las seis estaciones poseen instrumentos de corto período para registro de terremotos cercanos [6] y algunas de ellas están equipadas, además con instrumentos de períodos medios, para el registro de telesismos y/o instrumentos separadores de frecuencias. En

todas las estaciones el registro (tanto en los canales de corto período como en los de período medio), es proporcional al desplazamiento del suelo, excepto en los canales separadores de frecuencia donde el registro es proporcional a la velocidad de la vibración. Con el fin de unificar las observaciones instrumentales se han normalizado las curvas de respuesta (fig. 3), así como los equipos utilizados (tabla 1).

A continuación damos una breve descripción de cada una de las estaciones.

ESTACION SISMOLOGICA SOROA (SOR)

Fue fundada en julio de 1964, se encuentra en la provincia de Pinar del Río; sus coordenadas geográficas son: $\varphi = 22^{\circ} 47' N$, $\lambda = 83^{\circ} 00' W$, $h = 206$ m. Está situada sobre rocas del tipo calizas. Posee seis canales sismométricos compuestos por: sismómetros electromagnéticos con registro galvanométrico en papel fotográfico. Tres canales son del tipo A (NS, Z, EW) con sismómetros SKM-3 y tres del tipo C (NS, Z, EW) con sismómetros SK. La amplificación es de 25 000 para los canales del tipo A y de 1 000 para los canales del tipo C.

ESTACION SISMOLOGICA RIO CARPINTERO (RCC)

Fue fundada en julio de 1965. Se encuentra en la provincia de Santiago de Cuba. Sus coordenadas geográficas son: $\varphi = 20^{\circ} 00' N$; $\lambda = 75^{\circ} 42' W$; $h = 100$ m. Está situada sobre rocas del tipo granodioritas. Posee siete canales sismométricos compuestos por sismómetros electromagnéticos con registro galvanométrico en papel fotográfico.

Tres canales son del tipo A (NS, Z, EW) con sismómetros SKM-3, otros tres son del tipo C (NS, Z, EW) con sismómetros SJ-1 y un canal vertical de corto período que registra los eventos sísmicos en 8 diapasones diferentes de frecuencia en la banda de 0,25 a 30 Hz. La característica de amplitud-frecuencia de dicho canal separador de frecuencia se muestra en la fig. 4, el sismómetro utilizado es el S-5-S. La amplificación es de 30 000 para los canales del tipo A y de 1 000 para los canales del tipo C, siendo en el caso del canal separador de frecuencia diferente para cada uno de los diapasones.

ESTACION SISMOLOGICA MAISI

Fue fundada en marzo de 1979. Se encuentra en la provincia de Guantánamo. Sus coordenadas geográficas aproximadas son: $\varphi=20^{\circ} 10'$ N; $\lambda=74^{\circ} 14'$ W; $h=350$ m. Está situada sobre el tipo de roca caliza marmolizada.

Posee tres canales sismométricos compuestos por sismómetros electromagnéticos con registro galvanométrico en papel fotográfico. Los tres canales son del tipo A (NS, Z, EW) con sismómetro SKM-3. La amplificación es de 30 000.

ESTACION SISMOLOGICA LAS MERCEDES

Fue fundada en febrero de 1979. Se encuentra en la provincia Granma. Sus coordenadas geográficas aproximadas son: $\varphi=20^{\circ} 04'$ N; $\lambda=77^{\circ} 01'$ W; $h=200$ m. Está situada sobre rocas del tipo tobas.

Posee tres canales sismométricos compuestos por sismómetros electromagnéticos con registro galvanométrico en papel fotográfico. Los tres canales son del tipo A (NS, Z, EW) con sismómetros SKM-3.

La amplificación es de 30 000.

ESTACION SISMOLOGICA CASCORRO

Fue fundada en agosto de 1982. Se encuentra en la provincia de Camagüey. Sus coordenadas geográficas aproximadas son $\varphi = 21^{\circ} 12' N$; $\lambda = 77^{\circ} 26' W$; $h = 90$ m. Está situada sobre rocas del tipo granodiorita.

Posee dos canales sismométricos compuestos por sismómetros electromagnéticos con registro galvanométrico en papel fotográfico y registro visual con plumilla. El canal con registro visual registra simultáneamente en tres rangos diferentes de frecuencia con tres niveles distintos de amplificación. Los dos canales son del tipo A (Z) con sismómetros KS-M₁. La amplificación del canal con registro fotográfico es de 45 000 y la del canal con registro visual es de 100 000, 200 000 y 500 000 respectivamente.

ESTACION SISMOLOGICA PINARES DE MAYARI

Fue fundada en febrero de 1979. Se encuentra en la provincia de Holguín. Sus coordenadas geográficas son $\varphi = 20^{\circ} 29' N$; $\lambda = 75^{\circ} 48' W$; $h = 647$ m. Está situada sobre rocas del tipo serpentina.

Posee cuatro canales sismométricos compuestos por sismómetros electromagnéticos con registro galvanométrico en papel fotográfico. Tres canales son del tipo A (NS, Z, EW) con sismómetros SKM-3 y un canal vertical de corto período que registra los eventos sísmicos en 8 diapasones diferentes de frecuencia (fig.4) en la banda de 0,25 a 30 Hz. El sismómetro utilizado es el S-5-S. La amplificación de los canales del tipo A es de 30 000, la del canal separador de frecuencia es diferente para cada diapason de frecuencia.

ESTACIONES SISMOLOGICAS TEMPORALES

Como se observa en la fig. 2, la red de estaciones permanentes que tiene en operación el Instituto de Geofísica y Astronomía no es suficiente cuando se requiere un estudio muy detallado de la sismicidad de muchas zonas del territorio nacional. Es por ello, que en varias ocasiones en el transcurso de la última década, ha sido necesario instalar estaciones temporales en diferentes zonas del país. El motivo fundamental para la instalación de dichas estaciones ha sido principalmente el registro de las réplicas de terremotos o el estudio de sismicidad de zonas donde se construirán obras industriales de gran importancia. En estas estaciones han funcionado canales sismométricos del tipo A con sismómetros electromagnéticos y en la mayoría de los casos con registro galvanométrico en papel fotográfico.

En la fig. 5 se muestran las estaciones temporales más importantes que han sido instaladas en el país. Dentro de ellas se destacan la red tripartita (Jardín Botánico, Ariza, Juraguá) que estuvo trabajando aproximadamente un año en la provincia de Cienfuegos (región central de la isla), así como la estación que con caracter experimental posee el Instituto de Geofísica y Astronomía en su sede central en La Habana y que en los últimos años ha estado trabajando casi ininterrumpidamente.

DESARROLLO FUTURO

En los años venideros se tiene previsto un amplio plan para el desarrollo de las estaciones sismológicas instrumentales en Cuba.

Especial énfasis se hará en la densificación de la red de estaciones sismológicas permanentes. Con este fin se instalarán estaciones telemétricas de alta sensibilidad que posibilitarán la de-

tección automática de los eventos sísmicos, lo que permitirá brindar una información rápida y eficiente de los terremotos que se produzcan en Cuba y en la región del Caribe en general. Esta red se complementará con la instalación de sismógrafos para el registro de terremotos fuertes así como acelerógrafos en las zonas donde es posible que se produzcan intensidades $\geq$ VII grados en la escala MSK-78.

Otro aspecto no menos importante será la instalación de estaciones ingeniero sismométricas en edificios situados en zonas de alto riesgo sísmico con el fin de estudiar su comportamiento dinámico ante el paso de las ondas sísmicas. Para el registro de las réplicas de terremotos moderados y fuertes, así como para el estudio de la sismicidad de determinadas zonas se constará con una red sismotelemétrica de rápida instalación y fácil operación.

Tabla 1
PARAMETROS DE LOS CANALES SISMOMETRICOS

ESTACION	CANAL	SISMOMETRO	GALVANOMETRO	T _s	T _g	AMPLIF.
Soroa	NS(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,33	25 000
	Z(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,33	25 000
	EW(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,27	25 000
	NS(C)	SK	GK-7	20,0	1,4	1 000
	Z(C)	SK	GK-7	20,0	1,4	1 000
	EW(C)	SK	GK-7	20,0	1,4	1 000
Rio Carpintero	NS(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,36	30 000
	Z(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,34	30 000
	EW(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,34	30 000
	NS(C)	SJ-1	HA5.1	20,0	1,2	1 000
	Z(C)	SJ-1	HA5.1	20,0	1,3	1 000
	EW(C)	SJ-1	HA5.1	20,0	1,3	1 000
	Z	S-5-S	GB-4	5,0	0,1	Variable
Maif	NS(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,37	30 000
	Z(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,33	30 000
	EW(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,37	30 000
Las Mercedes	NS(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,34	30 000
	Z(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,35	30 000
	EW(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,35	30 000
P. de Mayarí	NS(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,34	30 000
	Z(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,35	30 000
	EW(A)	SKM-3	GK-7	1,3	0,36	30 000
	Z	S-5-S	GB-4	5,0	0,1	Variable
Cascerro	Z(A)	KS-M1	GK-7	1,3	0,4	45 000
	Z(A)	KS-M1	Registrador	1,3	-	100 000
			Visual			200 000
						500 000

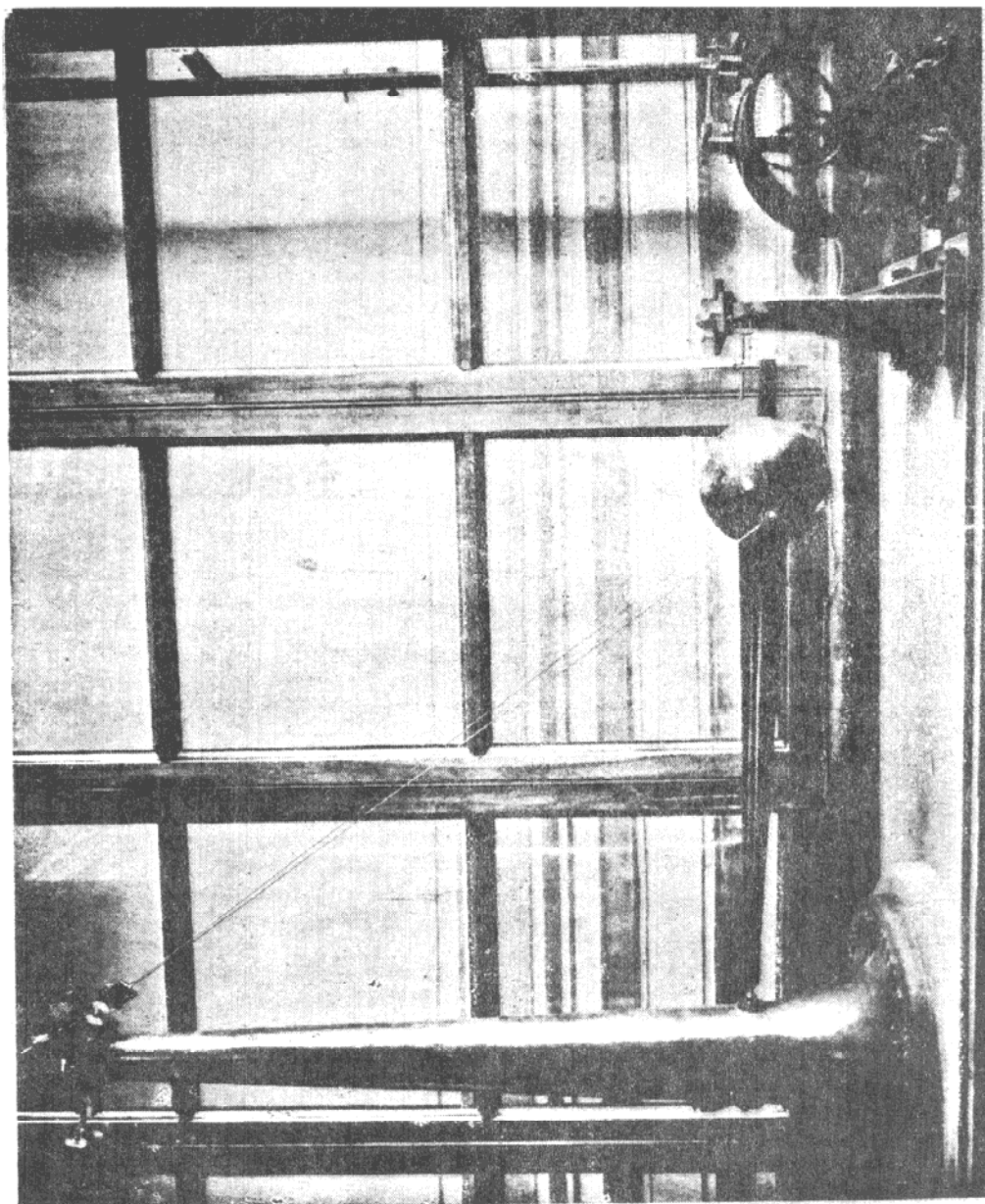


FIGURA 1 : Estación Sísmica del Observatorio del Colegio de Belén, Habana, Cuba.—Sismógrafo Omori-Bosch.
Vista de conjunto.

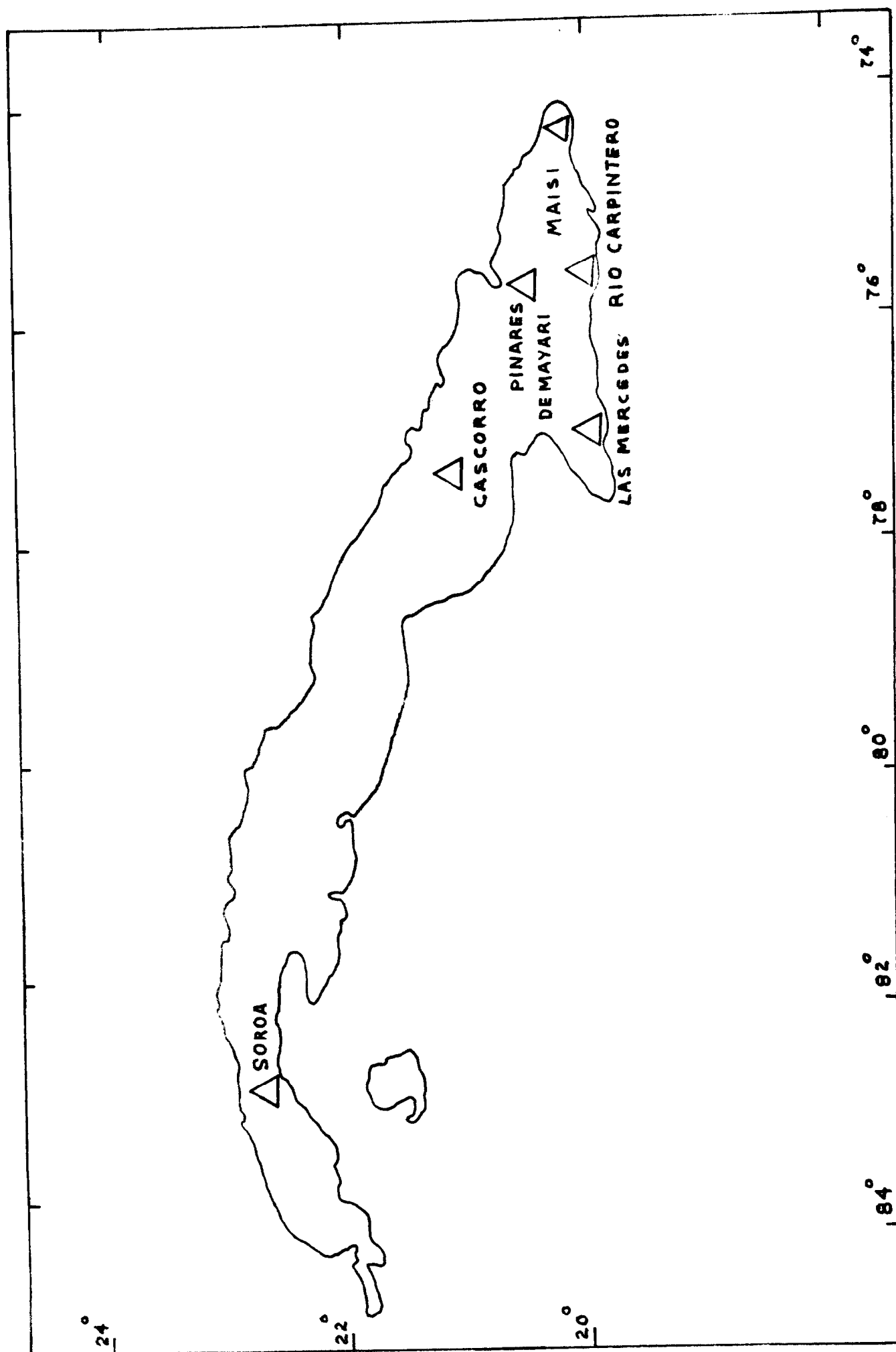
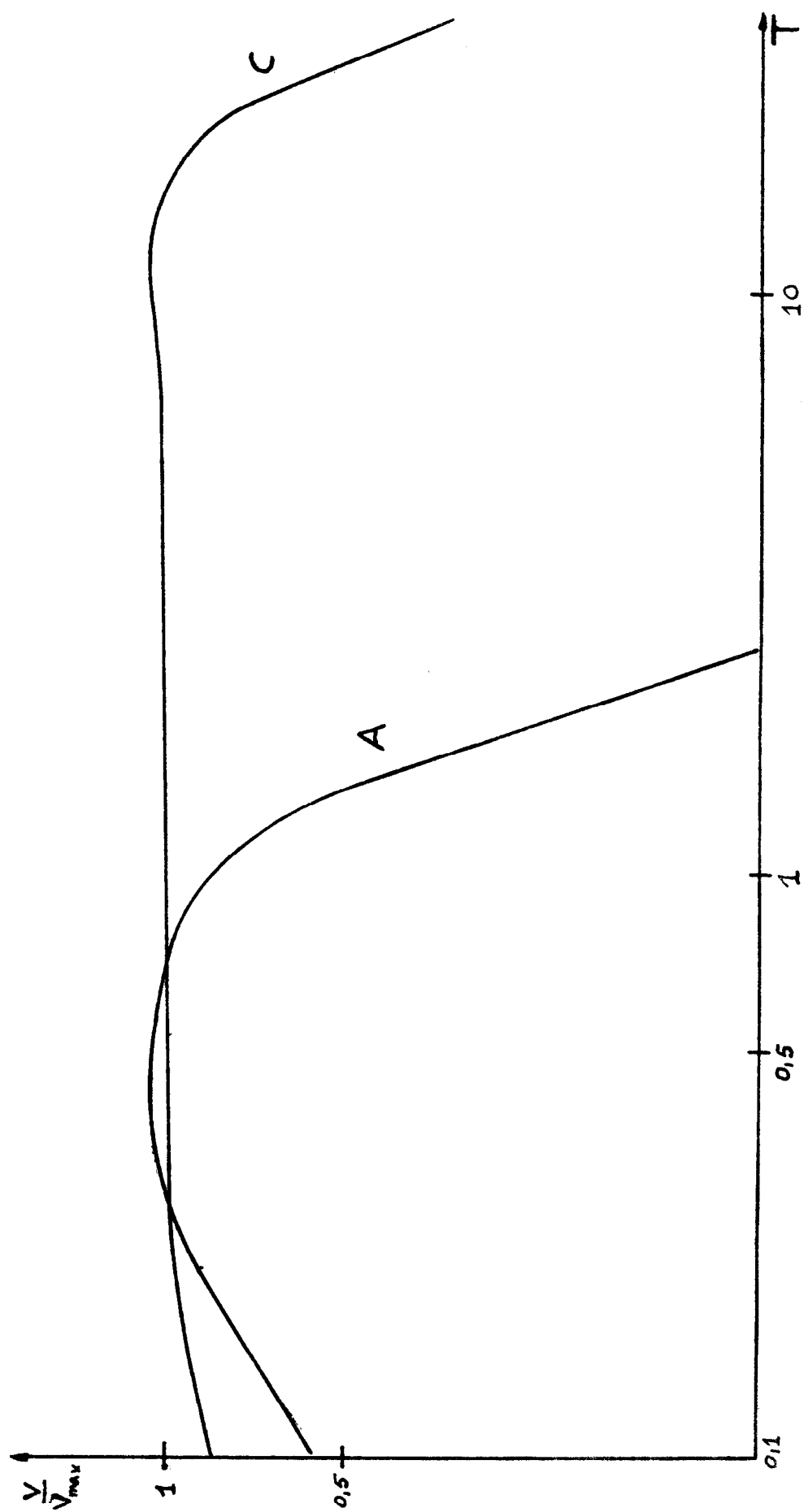
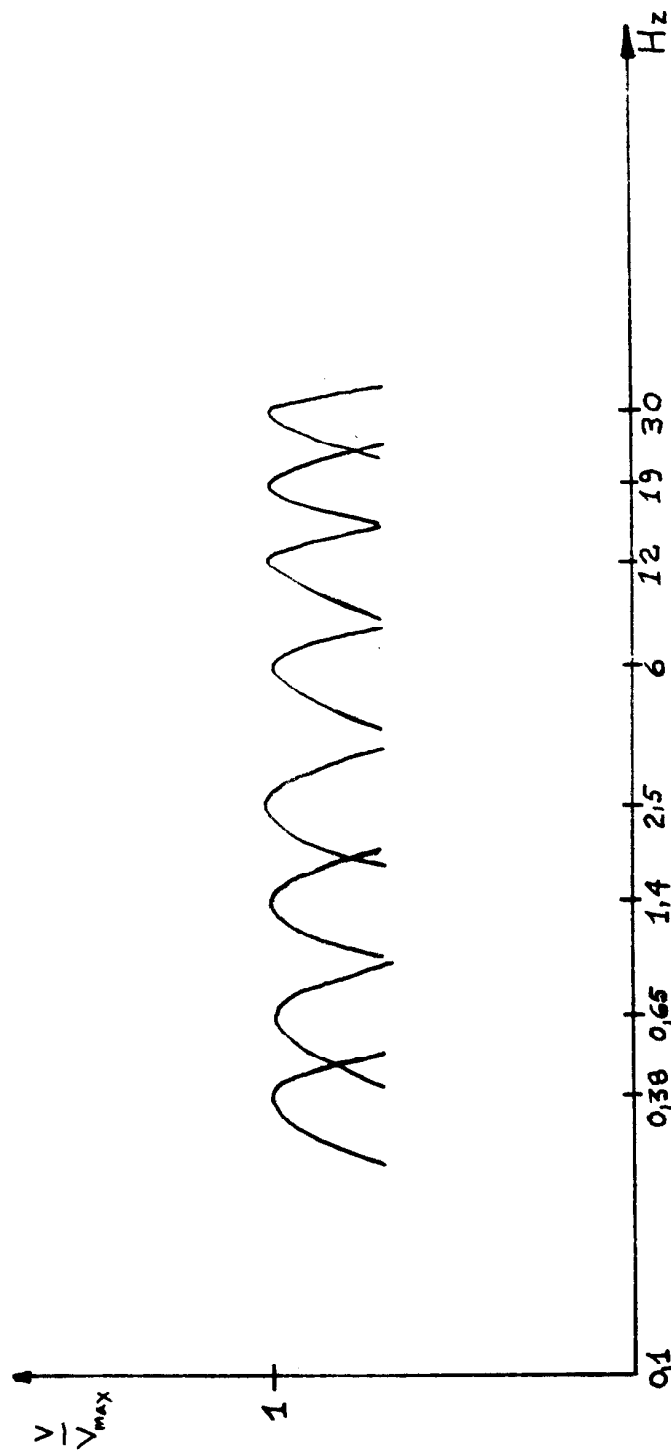


FIGURA 2 : ESTACIONES PERMANENTES.



**FIGURA 3. CARACTERISTICA DE AMPLITUD-PERIDO DE LOS
CANALES SISMOMETRICOS.**



**FIGURA 4 : CARACTERISTICA DE AMPLITUD-FRECUENCIA DE LOS CANALES
SEPARADORES DE FRECUENCIA.**

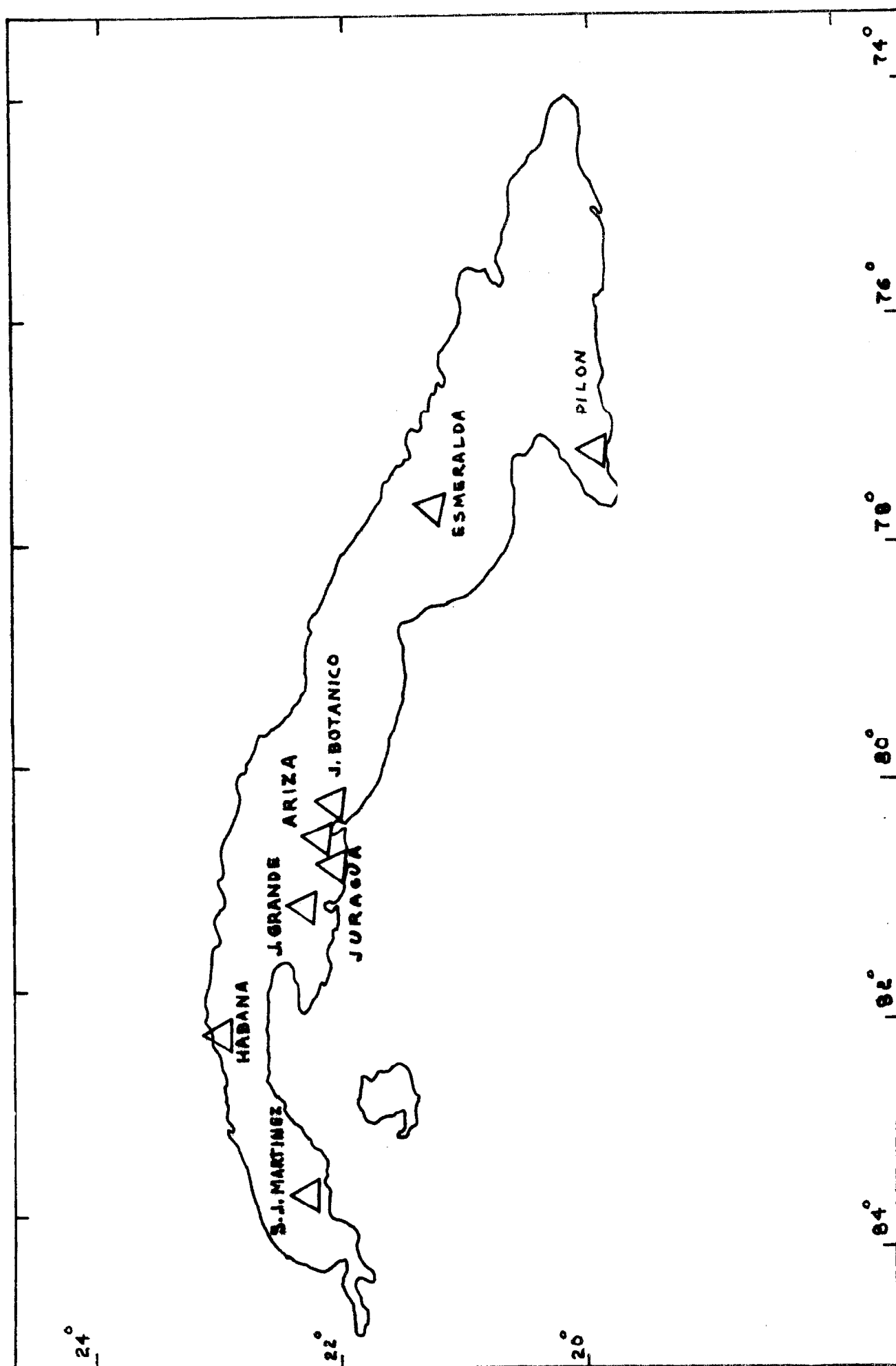


FIGURA 5 : ESTACIONES TEMPORALES.

REFERENCIAS

1.- Poey, A.

Tableau chronologique des tremblements de terre ressentis à l'île de Cuba de 1551 à 1855

Paris, A. Bertrand, 1855

2.- Poey, A.

Supplément au tableau chronologique des tremblements de terre ressentis à l'île de Cuba de 1851 à 1855

Paris, A. Bertrand, 1855

3.- Poey, A.

Catalogue chronologique des tremblements de terre ressentis dans les Indes Occidentales de 1530 à 1857, accompagné d'une revue bibliographique contenant tous les travaux relatifs aux tremblements de terre des Antilles

Paris, 1857

4.- Viñes, B; Salteracín, P

Excursión a Vuelta Abajo de Viñes y Pedro Salteracín con ocasión de los fuertes temblores de tierra ocurridos en la noche del 22 al 23 de enero de 1880

La Habana, 1880

5.- Gutierrez Lanza, M.

Conferencias de Sismología pronunciadas en la Academia de Ciencias de La Habana

Habana, Lloredo, 1914

6.- Serrano, M.; Escalona, S.

La red de estaciones sismológicas de las provincias orientales. Resúmenes 2da. Jornada Científica del Instituto de Geofísica y Astronomía, 1979